

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

Diseño del Sistema de Energización Autónomo de la Isla Bellavista,
localizada en el Golfo de Guayaquil.

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

Ingeniero Mecánico

Presentado por:

Geovanny Moisés Panchana Malavé

Rosa Elizabeth Valverde Rea

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mi madre Santa Malavé por ser uno de los seres más importantes en mi vida y siempre brindarme su amor, a mi padre Moisés Panchana por todo el cariño y apoyo brindado durante estos años de estudio.

Geovanny Moisés Panchana Malavé

El presente proyecto lo dedico a mis padres, Napoleón y Elvia, quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre. A mi hermano José por su cariño y apoyo incondicional durante todo este proceso. Finalmente quiero dedicar este proyecto a mis amigos Marlon, Carlos, César, Víctor y Yaritza por apoyarme cuando más los necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día.

Rosa Elizabeth Valverde Rea

AGRADECIMIENTOS

Quiero empezar agradeciendo a Dios por haberme dado la fortaleza de alcanzar mis metas y propósitos a lo largo de estos años, a mis padres y hermanos por su amor y paciencia que sirvieron de base para poder alcanzar este logro, a mi novia por su comprensión e incondicional apoyo, a mis profesores y compañeros que siempre estuvieron dispuestos a brindarme su ayuda a lo largo de mi carrera.

Geovanny Moisés Panchana Malavé

Agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida. A mi madre querida por nunca abandonarme, por haberme brindado su apoyo, confianza y protección. Te amo, mamita.

Agradezco a mis profesores evaluadores por compartir conmigo su experiencia y conocimiento a lo largo del desarrollo del proyecto.

Rosa Elizabeth Valverde Rea

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, nos corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; *Geovanny Moisés Panchana Malavé* y *Rosa Elizabeth Valverde Rea* damos nuestro consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"


Geovanny Moisés Panchana Malavé


Rosa Elizabeth Valverde Rea

EVALUADORES



PhD. Emerita Delgado

PROFESOR DE LA MATERIA



PhD. Juan Peralta Jaramillo

PROFESOR TUTOR

RESUMEN

En el presente proyecto se presenta el diseño de un sistema de energización autónomo para la isla Bellavista ubicada en el golfo de Guayaquil.

La isla Bellavista cuenta con 23 sistemas fotovoltaicos, instalados por el FERUM hace aproximadamente 8 años, sin embargo, solo 2 de ellos se encuentran operando en la actualidad gracias a gestión propia de los usuarios.

La principal fuente de energía con la que es abastecida la isla es un generador eléctrico de 45KVA trifásico alimentado con diésel que opera únicamente 5 horas al día, con costo de servicio de \$0,70 diarios por familia.

Se realizó un diagnóstico de los sistemas fotovoltaicos presentes en la isla Bellavista y el diseño de un sistema de energización para la comunidad, empleando los recursos energéticos disponible de la zona.

Con la finalidad de resolver el problema de diseño del sistema de energización de la Isla, se estableció una metodología de trabajo; la cual consistió en la definición del problema y planteamiento de objetivos para obtener el diagnóstico de la actual situación energética del lugar, identificar los factores de influencia y obtener la demanda energética de la zona; seleccionando de esta manera la mejor alternativa de solución. En el diseño de forma del sistema se consideraron los sistemas de generación, almacenamiento y distribución de energía para realizar la simulación del sistema y analizar los resultados obtenidos.

Finalmente se tiene un costo total de inversión de \$55.630, para implementar el sistema de energización autónomo en la comunidad, considerando materiales y mano de obra.

Palabras Clave: Energías renovables, Sistema fotovoltaico autónomo, PVsyst, Energía solar, Electrificación rural.

ABSTRACT

This project presents the design of an autonomous energizing system for the Bellavista Island located in the Gulf of Guayaquil.

The Bellavista Island has 23 photovoltaic systems, installed by the FERUM about 8 years ago, however, only 2 of them are currently operating thanks to the user's own management.

The main source of energy with which the island is supplied is a three-phase 45KVA electric generator powered by diesel that operates only 5 hours a day, with a service cost of \$0.70 daily per family.

A diagnosis was made of the photovoltaic systems present in Bellavista Island and the design of an energizing system for the community, using the available energy resources of the area.

In order to solve the design problem of the island's energizing system, a working methodology was established; Which consisted in the definition of the problem and approach of objectives to obtain the diagnosis of the current energy situation of the place, to identify the factors of influence and to obtain the energy demand of the zone; Thus selecting the best solution alternative. In the system design, the systems of generation, storage and distribution of energy were considered to perform the simulation of the system and analyze the results obtained.

Finally, it has a total investment cost of \$55,630, to implement the autonomous energizing system in the community, considering materials and labor.

Keywords: Renewable energies, Stand Alone PV system, PVsyst, Solar energy, Rural electrification.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS.....	VI
SIMBOLOGÍA.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema	2
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Objetivo General.....	2
1.3.2 Objetivos Específicos.....	2
1.4 Marco Teórico	3
1.4.1 Sistemas Fotovoltaicos	3
1.4.2 Consideraciones Técnicas para el diseño de Sistemas Fotovoltaico	
Aislado.....	5
1.4.3 Posicionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos	5
CAPÍTULO 2.....	7
2. Metodología	7
2.1 Proceso de Diseño	7
2.2 Diagnóstico de la situación energética de la isla Bellavista.....	8
2.2.1 Descripción de la Situación Actual.....	8
2.2.2 Diseño de la Encuesta	8

2.3	Determinación y selección de la mejor alternativa de solución	9
2.3.1	Factores de Influencia.....	9
2.3.2	Selección del sistema de energización.....	10
2.3.3	Alternativas de Diseño del Sistema Fotovoltaico	11
2.4	Diseño del sistema fotovoltaico residencial aislado.....	14
2.4.1	Cálculo de la Demanda Energética.....	15
2.4.2	Orientación e inclinación de los paneles solares	17
2.4.3	Selección de los Paneles Fotovoltaicos.....	18
2.4.4	Cálculo del número de baterías	18
2.4.5	Selección del regulador de carga.....	20
2.4.6	Selección del inversor	22
2.4.7	Efectos de pérdidas por sombras de un obstáculo	22
CAPÍTULO 3.....		25
3.	RESULTADOS Y ANÁLISIS.....	25
3.1	Resultados de la encuesta	25
3.2	Orientación e Inclinación del sistema fotovoltaico	26
3.3	Resultados de las simulaciones con PVsyst V6.77	27
3.3.1	Resultados de la simulación del sistema con mayor obstrucción	27
3.3.2	Resultado de la simulación para el sistema con obstrucción media	28
3.3.3	Resultados de la simulación del sistema sin obstrucción	28
3.4.1	Vida Útil de los Componente	30
3.4.2	Mantenimiento de los Sistemas Fotovoltaicos (DOSBE, 2008)	30
3.4.3	Costos de inversión y mantenimiento durante la vida útil.....	33
CAPÍTULO 4.....		36
4.	Conclusiones y Recomendaciones.....	36
4.1	Conclusiones.....	36

4.2	Recomendaciones.....	37
-----	----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

APÉNDICES

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral.
NEC	Norma Ecuatoriana de la Construcción
FERUM	Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal.
FV	Fotovoltaico.
SFV	Sistema Fotovoltaico.
SFVA	Sistema Fotovoltaico Aislado.
SFVAR	Sistema Fotovoltaico Aislado Residencial.
SFVAC	Sistema Fotovoltaico Aislado Comunitario.
SFVAE	Sistema Fotovoltaico Aislado Uso Especial.
SFVAM	Sistema Fotovoltaico Aislado Micro Red.

SIMBOLOGÍA

Wh	Watt Hora.
KVa	Kilo voltio amperio
kWh	Kilo Watt Hora.
m ²	Metro Cuadrado.
L	Latitud.
W _p	Watt Pico.
Ah	Amperio Hora.
Kg	Kilogramo.
MJ	Mega Joule.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Esquema de un SFV aislado (NEC- 11, 2011)	4
Figura 2.1 Metodología empleada para el Diseño	7
Figura 2.2 Formato de la encuesta realizada.	8
Figura 2.3 Realizando la encuesta en la Isla Bellavista.....	9
Figura 2.4 Esquema de un sistema fotovoltaico centralizado (NEC- 11, 2011).....	12
Figura 2.5 Esquema de un sistema fotovoltaico aislado residencial (NEC- 11, 2011).....	13
Figura 2.6 Software PVSyst V6.77 – Versión de Prueba	14
Figura 2.7 Datos de irradiación solar.....	15
Figura 2.8 Ingreso de valores de consumo al programa	16
Figura 2.9 Distribución de las horas de consumo diario	16
Figura 2.10 Optimización del ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos.....	17
Figura 2.11 Características técnicas del módulo Solar Shell C125	18
Figura 2.12 Características técnicas de la batería Sunbright Power – 100Ah.....	20
Figura 2.13 Características técnicas del regulador SunSaverSS20L– 12.....	21
Figura 2.14 Panel solar obstruido por obstáculos circundantes.	23
Figura 2.15 Perfil de obstáculos circundantes al panel solar.....	23
Figura 2.16 Panel solar obstruido por casas de los alrededores.	24
Figura 2.17 Perfil de obstáculos del panel con obstrucción media	24

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1 Componentes de un SFV	3
Tabla 2.1 Matriz de decisión del sistema de energización	11
Tabla 2.2 Matriz de decisión del sistema fotovoltaico aislado	13
Tabla 2.3 Tabla de consumo energético para el sistema fotovoltaico	15
Tabla 3.1 Número total de sistemas en funcionamiento	25
Tabla 3.2 Radiación total incidente sobre la superficie con inclinación de 10°	26
Tabla 3.3 Resultados de la simulación del sistema con mayor obstrucción	27
Tabla 3.4 Resultados de la simulación del sistema con obstrucción media	28
Tabla 3.5 Resultados de la simulación del sistema sin obstrucción	28
Tabla 3.6 Vida Útil de los componentes	30
Tabla 3.7 Acciones para el mantenimiento del Panel Solar	31
Tabla 3.8 Acciones para el mantenimiento de las baterías.	31
Tabla 3.9 Acciones para el mantenimiento del regulador.....	32
Tabla 3.10 Acciones para el mantenimiento del inversor	33
Tabla 3.11 Costo de cada módulo.....	34
Tabla 3.12 Costo total componentes	34
Tabla 3.13 Costo mano de obra.	35

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

La constitución de la república del Ecuador en el artículo 13 establece que el estado ecuatoriano debe ayudar a promover la eficiencia energética, su desarrollo, y el uso de tecnologías que sean ambientalmente limpias, así como la utilización de fuentes de energías renovables de bajo impacto ambiental, que no presenten riesgos sobre la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico y derecho al agua, además de garantizar el suministro energético con calidad desde una matriz energética diversificada, eficiente y sostenible como está establecido en las políticas del objetivo 5 del Plan Nacional de Desarrollo Toda una Vida. Es así que el gobierno ecuatoriano ha puesto en marcha varios proyectos relacionados con energías renovables entre ellos podemos resaltar: hidroeléctricas, energía solar fotovoltaica, energía eólica las cuales servirán de ayuda para incrementar de 68.8% al 90% la generación eléctrica obtenidas de energías sustentables a 2021. (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017, 2017)

Sin embargo, en el Ecuador aún existen comunidades rurales aisladas o remotas que presentan una evidente pobreza energética, debido a su ubicación, lo que dificulta el acceso al tendido eléctrico, obligando a los habitantes de esas comunidades buscar otras fuentes de abastecimiento de energía basados en combustibles fósiles que además les proveen energía por determinado límite de tiempo al día, conjuntamente representan un gasto extra a los usuarios. Es aquí donde los proyectos de energización rural basados en energías renovables surgen como ayuda para combatir la pobreza energética en estas zonas, aumentando los niveles de electrificación por medio de sistemas autónomos basados en energías renovables y sostenibles.

Entre las comunidades que presentan esta problemática se encuentran los habitantes de la Isla Bellavista, ubicada en el Golfo de Guayaquil, siendo por vía marina el único medio de acceso posible de las personas hacia la comunidad, ubicada cerca de la desembocadura del Golfo a 2° 28' 24.96" latitud sur y 79° 58' 25.66" latitud oeste. La

comunidad cuenta con sistemas autónomos de energía solar fotovoltaica instalados por el FERUM (Fondo de Electrificación Rural y Urbano Marginal) en el año 2010 que servirían como fuente de suministro de energía para las viviendas de la isla, sin embargo, en la actualidad se ha identificado que el 90% de los sistemas fotovoltaicos se encuentran fuera de servicio debido al manejo inadecuado por parte de los usuarios, teniendo como única fuente de energía eléctrica un generador de diésel que funciona únicamente 5 horas al día.

1.2 Justificación del problema

En la visita realizada a la isla Bellavista el día 13 de octubre de 2018, se evidenció que la isla cuenta con 23 sistemas fotovoltaicos, instalados por el FERUM hace aproximadamente 8 años, sin embargo, solo 2 de ellos se encuentran operando en la actualidad gracias a gestión propia de los usuarios. La principal fuente de energía con la que es abastecida la isla es un generador eléctrico de 45KVA trifásico alimentado con diésel que opera únicamente 5 horas al día, siendo el costo por el servicio de energía eléctrica por familia de \$0,70 diarios. Con este proyecto se busca realizar un diagnóstico de los sistemas fotovoltaicos presentes en la isla Bellavista, y proponer una alternativa de solución al problema energético de la zona, aumentando la calidad de vida de los habitantes de esta isla perteneciente al golfo de Guayaquil.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar un sistema de energización para la comunidad empleando los recursos energéticos disponible de la zona.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diagnosticar la situación energética actual de la zona para la determinación de los requerimientos de diseño.
- Evaluar los recursos disponibles de zona para fines de energización de la isla.
- Diseñar un sistema energético utilizando sistemas renovables para la comunidad de la isla Bellavista.

1.4 Marco Teórico

1.4.1 Sistemas Fotovoltaicos

La energía solar fotovoltaica consiste en convertir la radiación del sol en electricidad, por medio de la célula solar, que es la unidad básica en la que se desarrolla el efecto fotovoltaico. Los sistemas fotovoltaicos (SFV) son un conjunto de componentes que generan, controlan, transforman, almacenan y ponen a disposición la energía eléctrica que proviene de la radiación solar, para su respectivo consumo; esta energía puede ser usada por usuarios aislados o conectados a la red.

1.4.1.1 Clasificación Sistemas Fotovoltaicos (SFV)

En Sistemas Fotovoltaicos SFV aislados, la corriente generada es controlada por medio del regulador de carga, para luego ser almacenada en un banco de baterías; mientras que, en los sistemas conectados a la red, es opcional el uso de baterías, la energía producida es transmitida por medio de un inversor.

Generalmente los SFV están compuestos por: arreglo fotovoltaico, banco de baterías, controlador, inversor, tableros de protección y seccionamiento, monitoreo, estructuras de soporte, cargas eléctricas. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

Tabla 1.1 Componentes de un SFV

Módulos Fotovoltaicos	Son elaborados con materiales ópticos, ordenados de tal forma que captan la energía solar para convertirla en energía eléctrica. Un módulo está conformado células fotovoltaicas que son conectadas en serie o paralelo. El número de células determinan el valor de la potencia de un módulo FV; siendo 3W el valor que puede suministrar una sola célula y para un módulo de 36 células unidas en serie, el valor oscila entre los 50 y 100 W según el área de las células.
Sistema de baterías	La batería es un dispositivo que se encarga de acumular la energía generada durante el día, en las horas de sol, para ser usada en la noche o en instantes donde no exista la radiación solar requerida para obtener la energía necesaria para el consumo. Por la carga y descarga, el comportamiento de la batería se presenta de forma cíclica.

Regulador	Es un elemento que tiene como función proteger la batería de sobrecargas o sobre descargas en exceso que puedan afectar u ocasionar daños en la batería, provocando una reducción de su vida útil.
Inversor	El inversor se encarga de convertir la corriente continua que proviene de la batería en corriente alterna.
Estructuras de Soporte del SFV	Son los elementos que sujetan, unen, fijan y brindan protección mecánica a los componentes de un SFV. Se integra la estructura de los paneles fotovoltaicos, el soporte del banco de baterías, y las protecciones requeridas por los demás elementos.

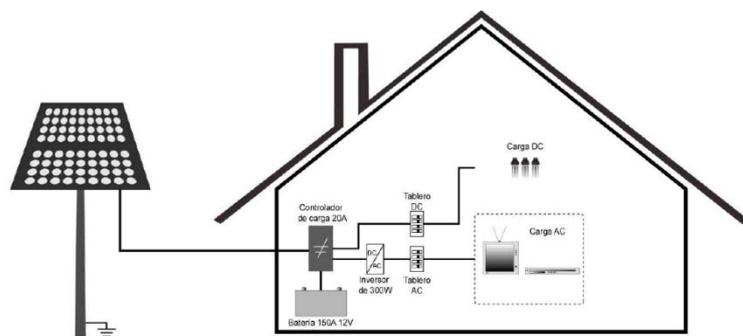


Figura 1.1 Esquema de un SFV aislado (NEC- 11, 2011)

La clasificación descrita a continuación para los SFV es aplicada por la **NORMATIVA ECUATORIANA DE CONSTRUCCIÓN NEC-11**.

1.4.1.2 Aislados (SFVA)

- SFVAR residenciales: para una vivienda con cargas en corriente continua, corriente alterna, o ambas.
- SFVAC para uso comunitario (CA): centros de salud, escuela, casa comunitaria, iglesia, etc.
- SFVAE para usos especiales (CA): telecomunicaciones, bombeo de agua, iluminación pública, sistemas de seguridad, otros.
- SFVAM en micro red. Incluye las redes de distribución.

1.4.1.3 Conectados a la red.

- SFVCS sin respaldo de baterías

- SFVCB con respaldo en baterías
- SFVCM con micro inversores

Estos sistemas requieren de corriente alterna para su funcionamiento, con voltajes en función de cargas monofásicas a 240/120 V, o trifásicas a 210/121 V, todas a 60 Hz en el Ecuador.

1.4.2 Consideraciones Técnicas para el diseño de Sistemas Fotovoltaico Aislado

Es necesario tomar las siguientes consideraciones técnicas en el diseño de un sistema fotovoltaico. (Norma Ecuatoriana de la Construcción, 2011)

- **Recurso solar en el Ecuador.** - Para el inicio del diseño de un SFV el primer paso a seguir es saber si hay suficiencia de recurso de energía solar en el sitio, valores de radiación solar que se pueden obtener de sitios web como la NASA. Asimismo, es necesaria la información de condiciones climáticas del sitio.
- **Ubicación.** - Un sistema fotovoltaico requiere estar ubicado en un sitio libre de objetos o sombras que afecten la generación de energía eléctrica, provocando reducción en la eficiencia y en la vida útil del panel. Para el montaje se necesita de un lugar apropiado con área suficiente, en donde se pueda aprovechar al máximo la radiación solar.
- **Orientación e inclinación.** - Para la orientación e inclinación óptima del panel, se deben conocer los valores de la radiación solar directa, valores de radiación difusa horizontal, albedo del suelo; además, el panel debe estar orientado hacia el norte por encontrarse en el hemisferio sur.
- **Ángulo de inclinación.** - Este ángulo es el que durante todo el año optimiza la menor radiación solar sobre la superficie inclinada.
- **Demanda energética.** - La demanda energética es el consumo diario de energía por cada electrodoméstico [Wh/día], se obtiene con el número de equipos, la potencia de cada uno y el número de horas de consumo.
- **Capacidad del banco de baterías.** - La capacidad de la batería está dada en amperios hora (Ah), depende de la demanda energética, el factor de seguridad para los días nublados en que el sistema no almacene la energía solar (días de autonomía) (1-3 días), y de valores de 12 V o sus múltiplos para el voltaje del sistema.

1.4.3 Posicionamiento de los Sistemas Fotovoltaicos

Para establecer la inclinación y orientación de los paneles, se debe determinar:

- **Irradiancia:** Densidad de potencia que incide en una superficie, se mide en W/m^2

Irradiación: Densidad de energía que es obtenida de la integración de la irradiancia sobre un periodo de tiempo, se mide en J/m^2 Wh/m^2 . (Barriga Rivera, y otros, 2014)

- **Latitud y longitud del lugar:** La latitud es el ángulo entre el plano ecuatorial y una línea del centro de la tierra, y un lugar en la superficie de la tierra. La latitud es positiva en el hemisferio norte y negativa en el hemisferio sur. La longitud se determina por el ángulo entre el meridiano cero y el meridiano que pasa por la ubicación.
- **Declinación:** Es el ángulo entre los rayos del sol y el plano del Ecuador en la tierra.
- **Ángulo de elevación:** Es el ángulo que une los centros del sol y el observador con su proyección en el plano horizontal desde -90° a $+90^\circ$.
- **Ángulo cenital:** Distancia hasta el cenit que es el complemento del ángulo de elevación.
- **Ángulo azimutal:** Distancia angular entre el sur y la proyección horizontal de los rayos del sol. (Axaopoulos P. and G. Pitsilis, 2007)

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Proceso de Diseño

Con la finalidad de resolver el problema de diseño del sistema de energización de la Isla Bellavista, se hace necesario plantear el diagrama de la metodología a seguir:

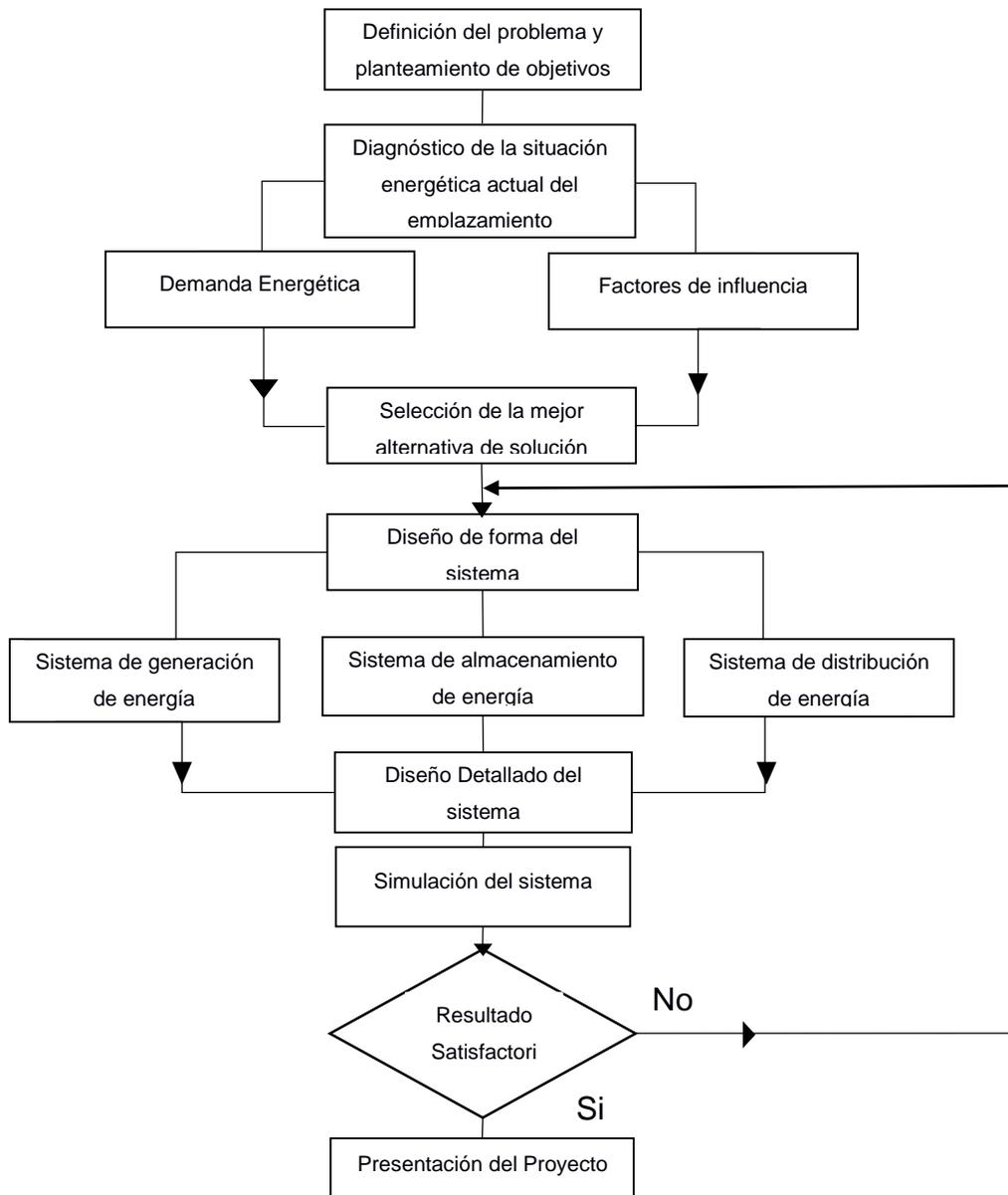


Figura 2.1 Metodología empleada para el Diseño
Fuente: Elaboración Propia

2.2 Diagnóstico de la situación energética de la isla Bellavista

2.2.1 Descripción de la Situación Actual

Con el fin de establecer las condiciones de la zona de estudio, el 10 de noviembre de 2018 como parte del levantamiento de información, se realiza una encuesta a los miembros de la comunidad “Bellavista”, en donde se realizó una encuesta en las viviendas ubicadas en la zona, con el objetivo de conocer el estado actual de los sistemas fotovoltaicos instalados en cada domicilio. La encuesta permitió establecer parámetros de ubicación, orientación, y componentes del sistema fotovoltaico que se encuentren en estado obsoleto o en funcionamiento.

2.2.2 Diseño de la Encuesta

Para el formato de la encuesta realizada, se tomaron en cuenta los parámetros mencionados anteriormente, puesto que, los mismos servirán para identificar si los sistemas fotovoltaicos se encuentran en buenas o malas condiciones, ya sea por falta de mantenimiento o instalación incorrecta, y así poder brindar las respectivas soluciones para que todos los sistemas se encuentren en funcionamiento.

DATOS GENERALES	
NOMBRE DEL ENCUESTADO:	
CASA NÚMERO:	
NÚMERO DE PERSONAS QUE LA HABITAN:	

Uso de Sistemas Fotovoltaicos

1. ¿Su hogar cuenta con paneles solares?
 - [Si](#) ()
 - [No](#) ()
2. ¿El sistema fotovoltaico funciona?
 - [Si](#) ()
 - [No](#) ()
3. ¿El sistema cuenta con inversor?
 - [Si](#) ()
 - [No](#) ()
4. Estado de los paneles solares

Número de Paneles Solares	Orientación	Ubicación	Sucio	Obstruido	Observaciones

Figura 3.2 Formato de la encuesta realizada.

La encuesta permitió establecer el número de habitantes en cada hogar, la cantidad de paneles instalados, inversores, reguladores y baterías que se encuentran sucios u obstruidos, incluyendo un bloque de preguntas asociadas al funcionamiento y operación. También fue necesario añadir una sección para plasmar cualquier tipo de información relevante. Para más detalles del formato de la encuesta revisar el apéndice A.



Figura 4.3 Realizando la encuesta en la Isla Bellavista

2.3 Determinación y selección de la mejor alternativa de solución

2.3.1 Factores de Influencia

Para realizar el diseño de un sistema de energización rural es necesario tener en cuenta varios factores que influyen en la elección de la tecnología apropiada, tales como:

- Demanda Energética: La tecnología que se seleccione para diseñar el sistema de energización debe satisfacer los requerimientos energéticos de las familias que habitan en el sector, esto afecta directamente a las dimensiones finales del sistema.
- Disponibilidad de fuentes de energía primaria: Se debe considerar la disponibilidad de los recursos energéticos sostenibles presentes en la isla, tales como radiación solar, hidráulica, biomasa y viento.

- Mantenimiento: El sistema que se seleccione debe ser de fácil mantenimiento que pueda ser realizado por los mismos usuarios, y de esta manera no implique un gasto extra en mantenimiento.
- Costo: El factor económico es un punto clave a tener en cuenta para la selección de la tecnología de energización, dado que se deberá tener en cuenta los costos de instalación, operación y mantenimiento del sistema, eligiendo así la alternativa más económica.
- Impacto ambiental: El aspecto ambiental debe ser también considerado para elegir el sistema adecuado, dado que en el lugar donde se realizará el proyecto está rodeado de manglar, por lo tanto, el impacto ambiental debe ser el mínimo posible y no afecte a las especies animales que habitan la zona.
- Ruido: La contaminación auditiva es otro factor que puede causar molestias tanto a los habitantes de la isla, como a las especies animales que habitan en la isla. Por lo tanto, la alternativa que se seleccione debe causar el mínimo impacto auditivo en la localidad.
- Vida útil: La alternativa de solución que se seleccione debe ofrecer una vida útil, tal que, pueda cubrir las necesidades energéticas y de mantenimiento de los usuarios por un amplio rango de tiempo.

2.3.2 Selección del sistema de energización.

La energía convencional y no convencional son fuentes de energía indispensables para el ser humano. Siendo la energía convencional el tipo de energía más común o la fuente más usada para la producción de energía eléctrica; el generador eléctrico será considerado como una alternativa de solución, perteneciente a los sistemas convencionales de energía.

La energía no convencional es una forma no común de generación y transformación de energía, con uso limitado en ciertas áreas, debido a la forma de captación de energía. La energía solar y eólica son fuentes de energía no convencionales, y serán consideradas como alternativas de solución. (El Shenawy, Hegazy, & Abdellatef, 2017)

A continuación, se presenta la matriz de decisión para la evaluación de las alternativas de solución, considerando los factores de influencia los cuales son calificados con valores entre 1 y 10. Siendo 1 el valor más bajo y 10 el valor más alto asignado al factor correspondiente, posteriormente los valores son ponderados de acuerdo a su importancia considerada por el diseñador y los requerimientos de los usuarios, para poder obtener la mejor alternativa de solución.

Tabla 2.1 Matriz de decisión del sistema de energización

Factores de influencia	Ponderación	Sistema Convencional de Energía		Sistema fotovoltaico		Sistema Eólico	
Demanda energética	0.2	10	2	8	1.6	8	1.6
Disponibilidad de fuentes de energía primaria	0.1	1	1	10	1	6	0.6
Mantenimiento	0.1	10	1	7	0.7	7	0.7
Costo	0.2	7	1.4	10	2	8	1.6
Impacto ambiental	0.2	3	0.6	10	2	10	2
Ruido	0.1	5	0.5	10	1	9	0.9
Vida útil	0.1	7	0.7	10	1	9	0.9
Total	1	7.2		9.3		8.3	

En base a las ponderaciones realizadas, y el valor final obtenido, la mejor alternativa de solución para la Isla Bellavista será continuar con el uso de sistemas fotovoltaicos, que ofrecen varias ventajas frente a los otros sistemas considerados.

2.3.3 Alternativas de Diseño del Sistema Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos pueden ser clasificados de acuerdo a la aplicación a la que están destinadas, teniendo 2 tipos de sistemas: Los sistemas fotovoltaicos aislados y los sistemas con conexión a la red.

Considerando que se desea realizar la electrificación rural de la isla Bellavista, y dado que la isla no tiene conexión a la red nacional de distribución de electricidad debido a su

ubicación, el sistema fotovoltaico aislado es la mejor alternativa para realizar la electrificación rural de esta zona. Se hace necesario indicar que actualmente la isla cuenta con un generador de 45KVA que funciona con diésel durante 5 horas al día, desde las 18:00 hasta las 23:00. Los habitantes que se encuentran conectados al generador deben pagar diariamente \$0.75 por este servicio.

Continuando con el análisis, los sistemas autónomos aislados se clasifican en:

- a) **Sistema Fotovoltaico Centralizado.** - Consiste en un gran conjunto de sistemas de paneles solares conectados entre sí, que cubre las necesidades de un grupo de usuarios. (Barriga Rivera, y otros, 2014)

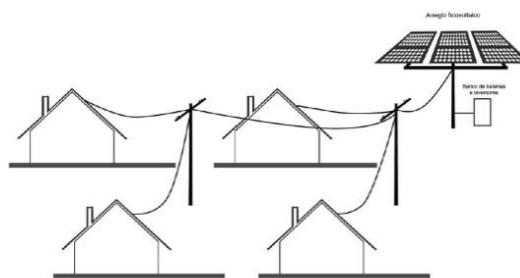


Figura 5.4 Esquema de un sistema fotovoltaico centralizado (NEC- 11, 2011)

Sin embargo, hay que tener varios factores a considerar para elegir este tipo de sistema entre los que tenemos:

- **Agrupación de paneles.** - Un sistema centralizado constará de un conjunto de paneles. Los mismos requieren de una gran área para instalación dependiendo de la cantidad de paneles que se use de acuerdo a los requerimientos energéticos de los usuarios.
- **Punto Geográfico.** - La ubicación de los paneles debe ser tal que asegure el mejor rendimiento y de esta forma poder cubrir los requerimientos energéticos.
- **Sombras.** - La presencia de sombras sobre los paneles disminuyen el rendimiento.
- **Distribución.** - El sistema de distribución debe de garantizar que a cada hogar llegue la energía eléctrica requerida y no presentar fallas al momento de la distribución energética.

- b) **Sistema Fotovoltaico Aislado Residencial.** - Consiste en la instalación de un sistema individual por cada vivienda para cubrir con las necesidades energética.

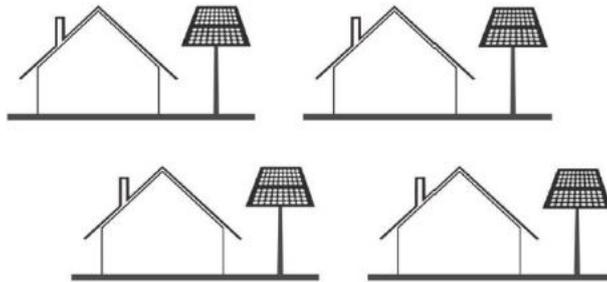


Figura 6.5 Esquema de un sistema fotovoltaico aislado residencial (NEC- 11, 2011)

De la sección 2.3.1 se consideran varios factores de influencias para realizar la matriz de decisión para el sistema fotovoltaico aislado, utilizando el mismo método de ponderación descrito anteriormente en la sección 2.3.2. Ver tabla 2.2.

Tabla 2.2 Matriz de decisión del sistema fotovoltaico aislado

Factores de influencia	Ponderación	Sistema Fotovoltaico Centralizado		Sistema Fotovoltaico Residencial	
Demanda energética	0.3	9	2.7	10	3
Mantenimiento	0.3	8	2.4	9	2.7
Distribución	0.2	7	1.4	9	1.8
Almacenamiento de energía	0.2	7	1.4	8	1.6
Total	1	7.9		9.1	

Para el sistema de energización autónomo se selecciona el sistema fotovoltaico residencial aislado, dado que obtuvo la ponderación más alta en la matriz de decisión.

2.4 Diseño del sistema fotovoltaico residencial aislado

En esta sección se procederá a realizar el diseño del sistema fotovoltaico aislado para la comunidad de Bellavista, luego de haber realizado el diagnóstico de la situación energética actual del lugar.

Como herramienta de diseño se utilizará el software especializado PVsyst V6.77, que permite realizar el estudio, dimensionamiento, simulación y un completo análisis de datos de instalaciones fotovoltaicas, desarrollado por estudiantes de la Universidad de Ginebra de Suiza, este software tiene un valor comercial, sin embargo, ofrece una versión de prueba de 30 días, que será utilizada en este proyecto para realizar el diseño respectivo.



Figura 7.6 Software PVsyst V6.77 – Versión de Prueba

Previo al diseño se debe ingresar los valores meteorológicos del lugar donde se realiza el proyecto en la base de datos del programa, conociendo las coordenadas de la isla siendo las siguientes, latitud: -2.47, longitud: -79.97 y altura: 3 m. Posteriormente se procede a realizar la extracción de la base de datos de irradiación desde la plataforma Surface Meteorology and Solar Energy de la NASA. (Suresh & Thomas, 2014)

Los datos mensuales de irradiación solar difusa, irradiación horizontal y global son obtenidos del portal de la NASA descrito anteriormente y se pueden apreciar en la figura 2.7.

Principio intervalo	GlobHor kWh/m ² .mes	DiffHor kWh/m ² .mes	GlobInc (Perez model) kWh/m ² .mes
Enero	139.2	68.20	130.5
Febrero	128.5	64.70	123.7
Marzo	156.2	72.20	155.6
Abril	147.3	64.20	152.2
Mayo	139.8	60.80	148.9
Junio	125.4	56.10	134.9
Julio	124.3	59.80	132.4
Agosto	139.5	64.20	145.3
Septiembre	142.2	67.50	143.0
Octubre	139.8	71.30	136.4
Noviembre	141.6	66.00	133.5
Diciembre	146.0	66.70	135.4
Año	1669.8	781.70	1671.8

Figura 8.7 Datos de irradiación solar

2.4.1 Cálculo de la Demanda Energética

Los datos de consumo energéticos por cada vivienda son obtenidos de los resultados de las encuestas realizadas a los habitantes de la isla Bellavista, como parámetro de diseño se establece que el sistema fotovoltaico a diseñar servirá para abastecer la iluminación de las viviendas, y una carga adicional para electrodomésticos pequeños de corriente alterna. Los detalles de consumo se muestran la tabla 2.3.

Tabla 2.3 Tabla de consumo energético para el sistema fotovoltaico

Equipo	Nº	Tipo de Corriente	Potencia [W]	Tiempo Estimado de Uso [h/día]	Consumo [Wh/día]
Focos Ahorradores	3	DC	15	5	225
Otros Elementos	1	AC	70	7	490
				Consumo Total	715

Una vez determinado el consumo energético, los valores deben ser ingresados al programa, donde además se debe establecer las horas específicas de uso de los elementos considerados anteriormente en la tabla 2.3. Ver figura 2.8 y 2.9.

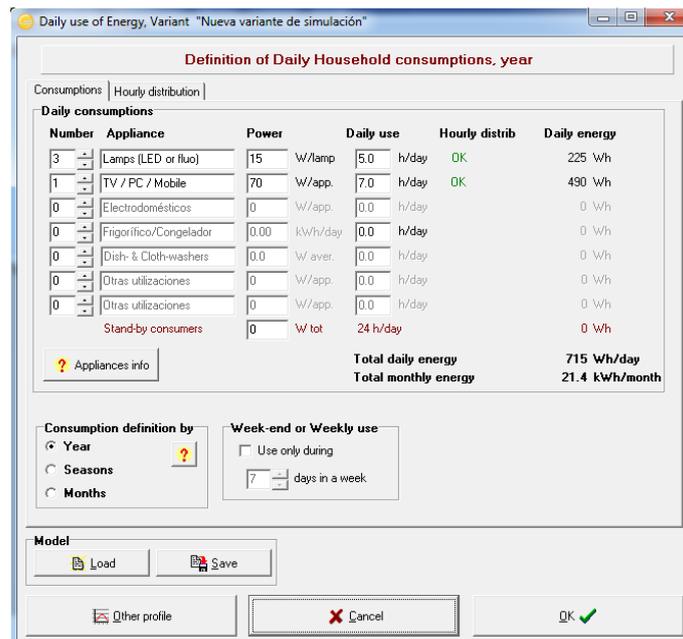


Figura 9.8 Ingreso de valores de consumo al programa

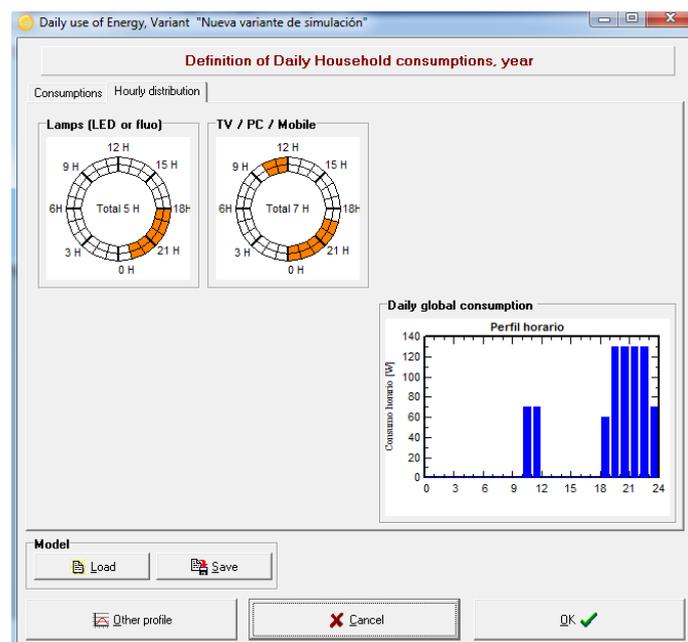


Figura 10.9 Distribución de las horas de consumo diario

2.4.2 Orientación e inclinación de los paneles solares

Uno de los problemas que presentan los sistemas fotovoltaicos instalados previamente en la isla Bellavista es la mala orientación, se identificó en una de las visitas realizadas al lugar, que gran parte de los paneles están inclinados incorrectamente, lo que afecta en el rendimiento.

El sistema debe estar orientado e inclinado de tal manera que se asegure que sobre él incida la mayor irradiación posible, para optimizar el rendimiento, los sistemas deben ser orientados en el sentido opuesto al hemisferio donde se encuentran, en este caso por encontrarse en el hemisferio sur, la orientación correcta debe ser hacia el norte. (Barriga Rivera, y otros, 2014)

Además, PVsyst permite realizar la estimación el ángulo de inclinación del panel, mediante el uso de la base de datos meteorológica ingresada previamente como se indica en la figura 2.10

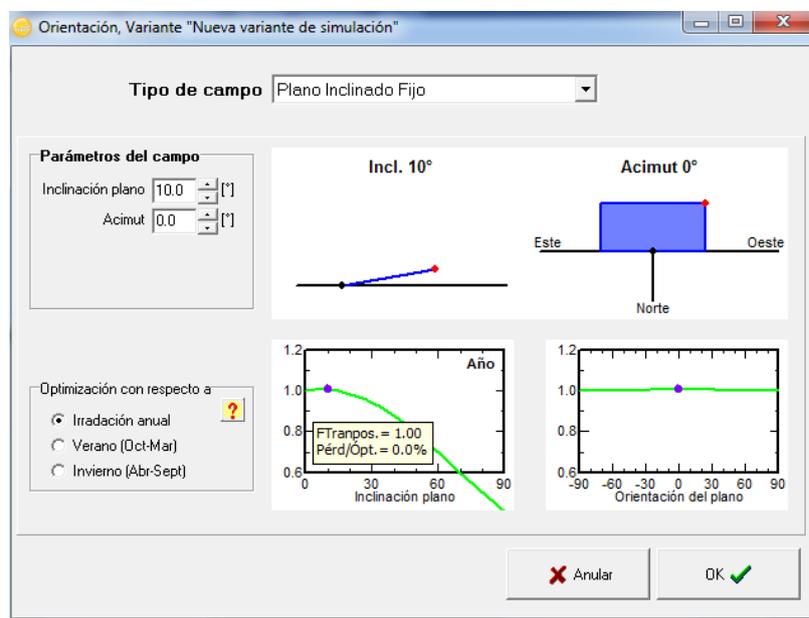


Figura 11.10 Optimización del ángulo de inclinación de los paneles fotovoltaicos

Como puede apreciar en la figura 2.10 usando el apartado de optimización del programa, el ángulo óptimo para asegurar un buen rendimiento considerando la irradiación anual incidente es de 10° y acimut de 0° y este es el ángulo ingresado al sistema. (Tapia Olmedo, 2015)

2.4.3 Selección de los Paneles Fotovoltaicos

La isla Bellavista cuenta con 23 sistemas fotovoltaicos, cada sistema está compuesto por 2 paneles monocristalinos fabricados por la empresa Shell de 125Wp cada uno.

Uno de los puntos clave del diseño es la reutilización de estos paneles porque aún no cumplen con su vida útil, y solo necesitan realizarse el mantenimiento respectivo. Los datos técnicos del panel deben ser ingresados a la base de datos del programa para poder seleccionarlos y realizar la simulación del sistema fotovoltaico a diseñar.

En la figura 2.11 se observan las características técnicas ingresadas a la base de datos de PVsyst.

Especificaciones del fabricante o otras medidas	
Cond. de referencia:	GRef 1000 W/m ²
Corriente de cortocircuito	Isc 8.140 A
Punto Potencia Máximo:	Imp 7.260 A
Coeficiente de temperatura	milsc 5.0 mA/°C
	o milsc 0.061 %/°C
	Núm. células 36 en serie

Resultado del modelo interno	
Cond. de funcionamiento	GOper 1000 W/m ²
Punto Potencia Máximo:	Pmpp 126.3 W
Corriente Imp	7.26 A
Corriente de cortocircuito	Isc 8.14 A
Eficiencia	/ Sup. células N/A %

Resumen del modelo	
Parámetros principales	
R paral.	100 ohm
Rparal(G=0)	400 ohm
R serie modelo	0.01 ohm
R serie máx.	0.33 ohm
R serie aparente	0.23 ohm
Parámetros modelo	
Gamma	1.891
IoRef	32.3 uA
muVoc	-79 mV/°C

Figura 12.11 Características técnicas del módulo Solar Shell C125

2.4.4 Cálculo del número de baterías

Las baterías que fueron instaladas inicialmente con el sistema fotovoltaico original han cumplido su vida útil. Por lo tanto, es necesario realizar la selección de nuevas baterías para el sistema.

Se inicia calculando la capacidad mínima de acumulación de energía, asumiendo 2 días de autonomía. Para dicho análisis se utiliza la capacidad del acumulador C_{20} . (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2010):

$$C_{20} = \frac{A \times L_D}{P_{Dmax} \times \eta_{inv} \times \eta_{rb}} \quad (\text{Ec. 2.1})$$

Donde:

C_{20} = Capacidad del acumulador en Ah.

A = Días de autonomía del sistema.

L_D = Consumo diario medio de la carga en Ah.

P_{Dmax} = Profundidad de descarga máxima – 70%

η_{inv} = Rendimiento del inversor – 85%

η_{rb} = Rendimiento del regulador + batería – 80%

El consumo diario medio de la carga debe ser expresado en unidades **Ah/día**, y es obtenido con el consumo de potencia de los equipos en **Wh/día** dividido para el voltaje del sistema.

El voltaje recomendado para instalaciones con potencia menores de 800 Wp es de 12 V.

El consumo diario medio es calculado mediante la siguiente ecuación:

$$L_D [Ah/día] = \frac{E_D [Wh/día]}{V_{nom} [V]} \quad (\text{Ec. 2.2})$$

Dónde:

E_D = Energía diaria total [Wh/día]

$$L_D [Ah/día] = \frac{715 [Wh/día]}{12 V}$$

$$L_D = 59.58 [Ah/día]$$

Finalmente se determina la capacidad del acumulador.

$$C_{20} = \frac{A \times L_D}{P_{Dmax} \times \eta_{inv} \times \eta_{rb}}$$

$$C_{20} = \frac{2 \text{ días} \times 59.58 [Ah/día]}{0.7 \times 0.85 \times 0.80}$$

$$C_{20} = 250,33 \text{ Ah}$$

Al utilizar C_{20} en lugar de C_{10} el sistema está sobredimensionado un 17%, por lo tanto se calcula el valor de la capacidad de carga C_{10} para poder seleccionar la batería.

$$\frac{C_{20}}{C_{10}} = 1.17$$

$$C_{10} = \frac{C_{20}}{1.17} = \frac{250,33}{1.17} = 213.9 \text{ Ah}$$

Con el resultado obtenido de la capacidad del acumulador se debe seleccionar 2 baterías con capacidad de $C_{10} = 100 \text{ Ah}$ y 12 V, la batería marca Sunbright Power modelo 6 - GFM (G) - 100 Ah existente en el mercado local cumple con dichas especificaciones, este es el modelo elegido para ser ingresado a la base de datos del programa y realizar la simulación. Ver figura 2.12.

The screenshot shows a software window titled "Definiciones de una batería" with several tabs: "Datos básicos", "Parámetros detallados del modelo", "Gráficos", "Dimensiones y Tecnología", and "Datos comerciales". The "Datos básicos" tab is active, displaying the following information:

- Modelo:** 6 - GFM (G) - 100 Ah
- Fabricante:** Sunbright Power Co.,LTD.
- Nombre archi:** Sunbright_6-GFM_G_-100Ah.BTR
- Origen datos:** Manufacturer
- Tecnología:** Pb-ácido, sellada, Gel
- Radio buttons:** Batería llena, Por elemento

Parámetros de base:

- Núm. de elementos en serie: 6
- Voltaje Nominal: 12.0 V
- Capacidad a C10: 100.00 Ah
- Resistencia interna @ temp. ref.: 6.00 mOhm
- Temperatura de referencia: 25.0 °C
- Eficiencia de Coulomb: 97.0 %

info : Renormalización a C10

- Capacidad nominal específica: 0.0 Ah
- Definido para un índice de descarga: 1.00 Horas
- => C10 correspondiente, según perfil especif. **100 Ah**

Indicadores de la batería llena

- Energía almacenada a DC 80 %: **1.10 kWh**
- Energía almacenada total (800 ciclos): **878 kWh**
- Energía específica: **36 Wh/kg**
- Peso específico: **28 kg/kWh**

At the bottom of the window, there are buttons for "Export hacia tabla", "Imprimir", "Anular", and "OK".

Figura 13.12 Características técnicas de la batería Sunbright Power – 100Ah

2.4.5 Selección del regulador de carga

Para realizar la selección correcta del regulador debemos considerar la corriente de entrada y de salida del regulador.

$$I_{ent} = 1.25 I_{cct} \quad (\text{Ec. 2.3})$$

$$I_{sal} = 1.25 I_{carga} \quad (\text{Ec. 2.4})$$

Donde:

Corriente de cortocircuito total, $I_{cct} = 14.5A$

Corriente de carga del sistema, $I_{carga} = 9.58 A$

$$I_{ent} = 1.25 \times 14.5A$$

$$I_{ent} = \mathbf{18.125 A}$$

$$I_{sal} = 1.25 \times 9.58 A$$

$$I_{sal} = \mathbf{11.98 A}$$

Por lo tanto se debe seleccionar un controlador que trabaje con corriente de entrada $I_{ent} > 18.125 A$, $I_{sal} > 11.98 A$ y 12 V. El modelo SunSaver SS20L-12 de la marca Morningstar cumple con estas condiciones y es el modelo elegido para ingresar a la base de datos y realizar la simulación. Ver figura 2.13.

Figura 14.13 Características técnicas del regulador SunSaverSS20L– 12

2.4.6 Selección del inversor

Para realizar la selección del inversor adecuado se debe tener en cuenta la potencia requerida de corriente alterna que necesite el usuario, para que no presente problemas se elige un inversor que trabaje por encima de esta potencia.

El inversor seleccionado es de la marca Samlex America, modelo SAM – 450 – 12, este inversor trabaja a 12 V y ofrece una potencia de salida de 450 Watts además de estar disponible en el mercado local.

2.4.7 Efectos de pérdidas por sombras de un obstáculo

Para realizar una simulación que se ajuste a las condiciones reales de operación del sistema se debe tener en cuenta el efecto de pérdida de radiación debido a las sombras circundantes. Es necesario realizar un perfil de obstáculos, que debe ser representado sobre el diagrama de trayectoria del sol del lugar donde se está realizando el estudio. En la visita realizada previamente a la isla Bellavista se logró identificar los lugares donde se encuentran los paneles solares.

La simulación respectiva abarca 3 escenarios:

- Sistema con mayor obstrucción
- Sistema con obstrucción media
- Sistema sin obstrucción

En el capítulo 3 se discute sobre los resultados obtenidos para cada escenario planteado.

2.4.7.1 Sistema con mayor obstrucción

Para las simulaciones con mayor obstrucción se consideran aquellos paneles que presenten sombra en más del 50% de su superficie. En la figura 2.14 y 2.15 se puede visualizar el perfil de obstáculos obtenido con el acimut y la altura de los objetos que rodean la base del panel solar, para considerar las pérdidas por sombra en la simulación.



Figura 15.14 Panel solar obstruido por obstáculos circundantes.

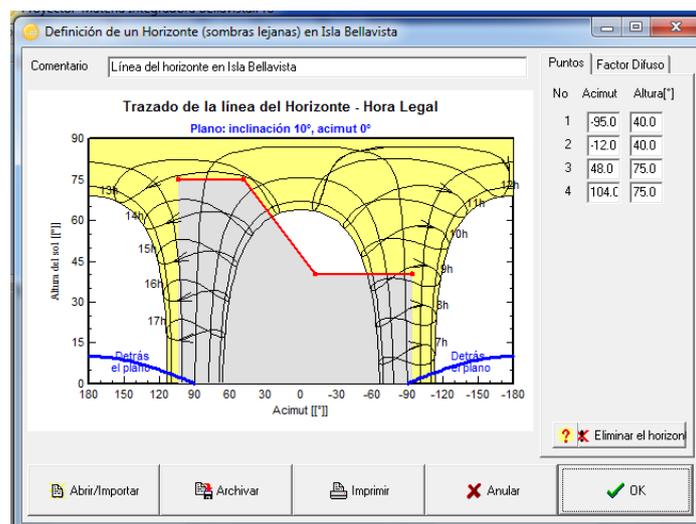


Figura 16.15 Perfil de obstáculos circundantes al panel solar

2.4.7.2 Sistema con obstrucción media

Se considerarán a los sistemas con obstrucción media a aquellos que tengan aproximadamente el 50% de su superficie afectada por sombras. En la figura 2.16 se aprecia el sistema fotovoltaico que no posee tanta obstrucción por sombras circundantes como el caso anterior, sin embargo, los objetos que rodean este panel inciden en la eficiencia de captación de energía.



Figura 17.16 Panel solar obstruido por casas de los alrededores.

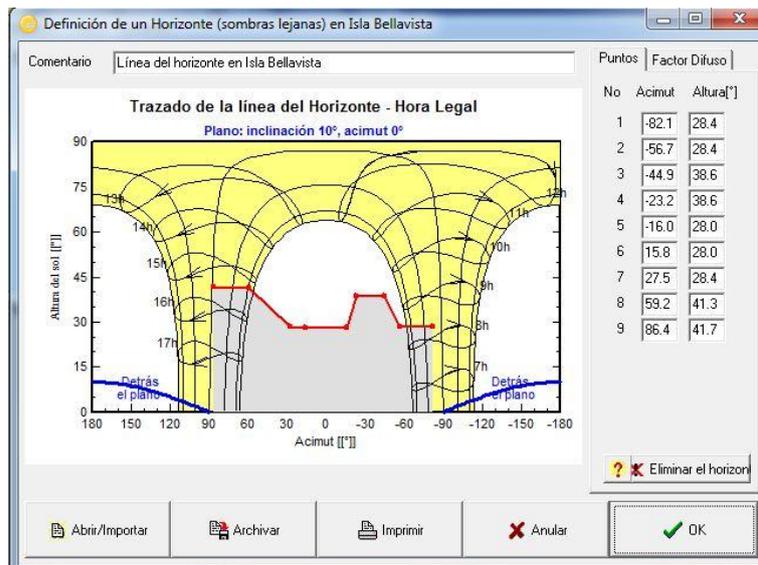


Figura 18.17 Perfil de obstáculos del panel con obstrucción media

2.4.7.3 Sistema sin obstrucción

La simulación es realizada también a un sistema que no esté obstruido, ni tenga objetos circundantes que generen sombra sobre el panel fotovoltaico. Los resultados obtenidos servirán para poder realizar una estimación del caso ideal y poder comparar entre los 3 casos considerados los efectos de la sombra en la captación de energía y la eficiencia del sistema.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En esta sección se detallan los resultados obtenidos de la encuesta socio energética realizada a los habitantes de la isla Bellavista y las posteriores simulaciones realizadas con el programa PVsyst V6.77 para los distintos escenarios considerados, los resultados se han dividido de la siguiente forma:

- Análisis de datos
- Orientación e inclinación del sistema fotovoltaico
- Simulaciones
- Análisis de Factibilidad

3.1 Resultados de la encuesta

Se realizó el levantamiento de información en 24 viviendas, de las cuales 5 no cuentan con sistemas fotovoltaicos. Por otra parte, los dueños de otras 4 viviendas no se encontraban en ese instante, sin embargo, se evidenció que estas contaban con sistemas fotovoltaicos. Del número total de sistemas fotovoltaicos instalados, se determinó que 23 son sistemas básicos y sólo dos de ellos se encuentran en funcionamiento como se muestra en la tabla 3.1.

Tabla 3.1 Número total de sistemas en funcionamiento

SISTEMA	SISTEMA FUNCIONA	
	NO	SI
Básico	21	2

Esto significa que el 8.7% de las familias encuestadas cuentan con sistemas fotovoltaicos, se encuentran operando; mientras que el 91.30% restantes, no están en funcionamiento, debido a la falta de mantenimiento o uso inadecuado de los mismos. Los resultados detallados de la encuesta se encuentran en el apéndice B.

3.2 Orientación e Inclinación del sistema fotovoltaico

Otro de los aspectos a tener a considerar para el correcto funcionamiento de las instalaciones fotovoltaicas es la orientación y la inclinación. En los resultados de la encuesta se evidenció que el 91% de las instalaciones fotovoltaicas existentes no están en la orientación correcta, en el apéndice C se muestra un mapa detallado de la ubicación de los sistemas fotovoltaicos. Como se mencionó previamente en el capítulo 2, los paneles son orientados en la dirección opuesta al hemisferio donde se encuentren, al estar ubicados en el hemisferio sur deben ser orientados al norte.

Para el presente estudio, hemos considerado utilizar los mismos paneles dentro de la solución energética a diseñar, tomando en cuenta la orientación óptima en función al lugar.

Para obtener la mayor incidencia de radiación posible, el software PVsyst permitió aproximar el ángulo de inclinación óptimo dando como resultado un ángulo de 10°, lo que está dentro del rango ya que para instalaciones fotovoltaicas ubicadas en Guayaquil el ángulo varía entre 10 y 15°. (Díaz Corcobado & Carmona Rubio, 2010)

En la tabla 3.2 se encuentra la radiación total incidente calculada por el programa para un ángulo de 10° y albedo 0.2.

Tabla 3.2 Radiación total incidente sobre la superficie con inclinación de 10°

Inclinación	En	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Prom
10 °	4.21	4.42	5.02	5.07	4.80	4.50	4.27	4.69	4.77	4.40	4.45	4.37	4.58

3.3 Resultados de las simulaciones con PVsyst V6.77

Como se mencionó anteriormente se consideraron 3 escenarios para realizar la simulación con PVsyst con la finalidad de mostrar los efectos de las obstrucciones circundantes a los paneles y los efectos de sombras. Estos escenarios fueron identificados de manera cualitativa en los sistemas fotovoltaicos existentes en la isla. Los escenarios considerados fueron los siguientes:

- Sistema sin obstrucción
- Sistema con obstrucción media
- Sistema con mayor obstrucción

Al realizar las simulaciones respectivas el programa considera automáticamente las pérdidas por distintos factores como:

- Pérdida debido al nivel de irradiancia
- Pérdida debido a la temperatura del conjunto
- Pérdida en el cableado
- Pérdida por eficiencia de la batería
- Pérdidas en el inversor
- Pérdidas por suciedad

3.3.1 Resultados de la simulación del sistema con mayor obstrucción

La simulación realizada para los sistemas que presentan mayor obstrucción evidencia el efecto perjudicial de este escenario, la eficiencia del sistema es reducida de tal forma que es posible que la producción de energía cubra totalmente la demanda energética de cada vivienda. El resultado de la simulación de este escenario se presenta detallado en la tabla 3.3. Se observa una significativa reducción en la energía disponible, muy por debajo de la energía requerida por cada usuario, afectando esto a la vida útil del sistema y su desempeño.

Tabla 3.3 Resultados de la simulación del sistema con mayor obstrucción

Consumo energético diario	725 $\frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$
Energía Disponible	519.4 $\frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$

3.3.2 Resultado de la simulación para el sistema con obstrucción media

Considerando la presencia de objetos circundantes que inciden sobre el rendimiento del sistema se identificó que hay 6 sistemas que presentan obstrucción media. Introduciendo el diagrama de sombras en el programa se realizó la respectiva simulación, obteniendo los resultados presentados en la tabla 3.4.

Tabla 3.4 Resultados de la simulación del sistema con obstrucción media

Consumo energético diario	$725 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$
Energía Disponible	$745.5 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$

Como era de esperarse, al existir objetos circundantes que afectan en la radiación incidente o generan sombras sobre el panel fotovoltaico la energía disponible disminuye, al ser un escenario no tan extremo aún se cumplen con los requerimientos de diseño.

3.3.3 Resultados de la simulación del sistema sin obstrucción

Este es el mejor escenario que ofrece menos pérdidas en el sistema, y en lo posible se trata de lograr al momento de realizar las instalaciones fotovoltaicas, por lo tanto, se debe seleccionar un correcto lugar para ubicar la base del panel fotovoltaico, este debe estar libre de objetos circundantes que generen sombras o puedan afectar en la radiación incidente. En la tabla 3.5 se muestra el resultado principal de la simulación para este sistema.

Tabla 3.5 Resultados de la simulación del sistema sin obstrucción

Consumo energético diario	$725 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$
Energía Disponible	$846.6 \frac{\text{Wh}}{\text{dia}}$

El sistema diseñado cumple con los requerimientos energéticos de los hogares, con las cargas consideradas, si se desea aumentar la capacidad del sistema se debe aumentar el número de paneles y baterías, dado que el sistema está calculado con los parámetros de diseños establecidos en el capítulo 2.

La información detallada de todas las simulaciones realizadas se encuentra en el apéndice D.

3.4 Plan de Mejora

De acuerdo con las visitas realizadas en la Isla, se identificaron diversos factores que influyeron en el deterioro y la falta de componentes de los sistemas fotovoltaicos; tales como el desecho o venta por parte de los habitantes, al notar que estos habían dejado de funcionar. Al no contar con la información suficiente sobre el manejo de los sistemas, ya sea sobre la adquisición de repuestos o mantenimiento preventivo, los usuarios dejan de aprovechar este recurso. De igual manera hubo irresponsabilidad por parte los técnicos encargados de la instalación, puesto que, de ciertas viviendas sustrajeron inversores en mal estado para reemplazarlos por unos nuevos, pero estos nunca llegaron.

Para el correcto desempeño de los sistemas fotovoltaicos, es necesario un plan de mejora, el cual garantice que los sistemas se mantengan en funcionamiento durante su vida útil.

Los criterios por considerar son los siguientes (NEC- 11, 2011):

- Organización en la comunidad
- Participación constante por parte de los habitantes, en el proceso de instalación, operación y gestión de los sistemas.
- Monitoreo a nivel técnico y administrativo por parte de la empresa eléctrica
- Implantación de instancias de fiscalización y control para la gestión del sistema.
- Capacitación sobre el consumo razonable de energía.
- Seguimiento continuo de las instalaciones.

A través de un estudio socioeconómico en la comunidad, se sugiere analizar la posibilidad de aplicar una contribución mensual de acuerdo con el costo de los equipos

y la capacidad de pago de los habitantes. Con este pago se pueden asegurar recursos para el mantenimiento o reemplazo de los equipos, una vez que estos hayan cumplido su vida útil.

Al aplicar el plan de mejora, los usuarios logran como beneficio un servicio de energía más limpia, con más permanencia y con costos reducidos en comparación con pilas, velas y diésel.

3.4.1 Vida Útil de los Componente

Los tiempos comunes de vida útil de los componentes se muestran a continuación:

Tabla 3.6 Vida Útil de los componentes

Componente	Tiempo de vida Útil (años)
Generador fotovoltaico	25
Regulador	10
Inversor	10
Batería	4

Siendo el generador fotovoltaico el componente con mayor tiempo de vida útil y la batería con el menor tiempo.

3.4.2 Mantenimiento de los Sistemas Fotovoltaicos (DOSBE, 2008)

Para el mantenimiento de los sistemas se describen los puntos específicos, los cuales son revisados por el técnico encargado y las correcciones que se deben aplicar para cada caso. Los registros de mantenimiento son llevados por el equipo técnico, los mismos que resultan de gran utilidad cuando se desea conocer el comportamiento del sistema a largo plazo.

Panel solar. - Generalmente no necesita acciones de mantenimiento frecuentes, pero sí de mantenimiento básico para que la producción de energía logre ser optimizada. Este mantenimiento se determina mediante datos propios de ubicación.

Tabla 3.7 Acciones para el mantenimiento del Panel Solar

Aspecto general	Aspecto específico	Acción en caso de falla	Responsable de la acción
Ubicación	Variación de posición, sombras	Reubicación, impedir las sombras en su totalidad	Habitantes de la zona
Limpieza	Suciedad visible a simple inspección	Limpieza del generador de manera periódica de acuerdo con sus condiciones externas	Habitantes de la zona
Conexiones	Ajuste, cubrimiento de las cajas de conexión y señales de corrosión	Reconexión del cableado. Usar nuevos terminales de conexión	Personal técnico especializado

Batería. - Uno de los aspectos relevantes que intervienen en el funcionamiento del sistema fotovoltaico y en el abastecimiento de energía es el deterioro de las baterías. Entonces, en la operación a largo plazo el mantenimiento de las baterías es tarea fundamental. Sin embargo, el mal estado de las baterías puede ser ocasionado por diversos motivos, por lo que no resulta sencillo establecer criterios de decisión. Por lo tanto, la experiencia del equipo técnico es clave para realizar un buen mantenimiento.

Tabla 3.8 Acciones para el mantenimiento de las baterías.

Aspecto general	Aspecto específico	Acción en caso de falla	Responsable de la acción
Ubicación	Seguridad ventilación y temperatura Temperatura de descarga y almacenamiento [20-60] °C Temperatura de carga [0-50] °C	Reubicación de la batería o reconstrucción del recinto de protección.	Habitantes de la zona
Etiquetado	Tipo de batería y capacidad	Solicitar características y etiquetado de la batería.	Personal técnico especializado
Conexiones	Ajuste, señales de corrosión	Reconexión, limpieza. Solicitar las características de suministro energético.	Personal técnico especializado
Condiciones generales	Vertido de líquido, roturas	Reemplazo de batería en caso de que el suministro energético no sea el requerido.	Personal técnico especializado
Nivel de electrolito	Sobre las placas, en el nivel mínimo	Rellenar con agua destilada. En caso de	Habitantes de la zona

		que se tenga que rellenar con mucha frecuencia, el motivo puede ser una batería mala o voltajes de regulación altos.	
	Por debajo de las placas	La batería puede estar deteriorada en su totalidad	
Voltaje	Voltaje de circuito abierto (nunca inferior a 11,4V)	Revisar las condiciones actuales de irradiación y la evolución del suministro. Envejecimiento de las baterías, fallo de regulación.	Personal técnico especializado
Densidad de electrolito	Valor medio, depende del estado de carga (nunca inferior a 1,10g/cc)	Recargar la batería.	Personal técnico especializado
	Diferencias entre los vasos (nunca superiores a 0,03g/cc)	Carga de ecualización Los técnicos realizan la corrección de la densidad. Cambio de la batería	Personal técnico especializado
Capacidad	Gran número de desconexiones de carga (quejas de los usuarios si no se han instalado equipos de monitorización).	Observar el estado, consumo, estado de componentes . Cambio de baterías. Verificar la capacidad de las baterías reemplazadas	Personal técnico especializado

Regulador e Inversor. - Por la alta influencia en el funcionamiento del sistema los reguladores de carga se deben revisar constantemente. A continuación, se muestran los aspectos específicos que deben ser verificados de forma continua.

Tabla 3.9 Acciones para el mantenimiento del regulador

Aspecto general	Aspecto específico	Acción en caso de falla	Responsable de la acción
Señales de aviso	Activas en el instante del mantenimiento	Sustitución	Personal técnico especializado
Condiciones generales	Señales de altas temperaturas, rotura	Sustitución	Personal técnico especializado
Acondicionamiento de potencia: autoconsumo	Valores diferentes a los especificados	Sustitución	Personal técnico especializado
Acondicionamiento de potencia: Medidas del voltaje	Valores diferentes a los especificados	Sustitución por fallo interno del componente.	Personal técnico especializado

Fusibles	Quemados, cortocircuitados.	Colocar nuevos fusibles	Personal técnico especializado
Conexiones	Ajuste, terminales	Reconexión	Personal técnico especializado
Umbral de regulación	Diferentes a los especificados	Reajustar si es posible. Sustitución. Causa de deterioro de baterías.	Personal técnico especializado

Los umbrales de regulación deben ser sometidos a prueba por parte de los técnicos, esta medida se realiza con un potenciómetro, un voltímetro, y la batería del sistema.

Las acciones de mantenimiento de los inversores son parecidas a las de los reguladores de carga.

Tabla 3.10 Acciones para el mantenimiento del inversor

Aspecto general	Aspecto específico	Acción en caso de falla	Responsable de la acción
Señales de aviso	Activas en el instante del mantenimiento	Sustitución	Personal técnico especializado
Condiciones generales	Señales de altas temperaturas, rotura	Sustitución	Personal técnico especializado
Regulación de voltaje (Voltaje CA a la entrada CC real)	No cumple especificaciones	Sustitución, deterioro de cargas	Personal técnico especializado
Autoconsumo	Valores diferentes a los especificados	Sustitución	Personal técnico especializado
Fusibles	Quemados, cortocircuitados, fundidos.	Colocar nuevos fusibles	Personal técnico especializado
Conexiones	Ajuste, terminales	Reconexión	Personal técnico especializado

3.4.3 Costos de inversión y mantenimiento durante la vida útil.

En la tabla 3.11 se detalla el costo de cada módulo y la cantidad de cambios a realizarse durante la vida útil, de esta forma se realiza la estimación de los costos de los sistemas.

Tabla 3.11 Costo de cada módulo.

Modulo	Modelo	Precio unitario (\$)	Cantidad durante la vida útil	Valor durante toda la vida útil
Panel	Solar Module Shell C125	350	2	700
Batería	Sunbright Power 6-GFM (G)-100Ah	280	2	560
Inversor	SAM-450-12	120	1	120
Regulador	SunSaver SS20L-12	140	1	140
Soporte	Soporte de aluminio	90	1	90
Cableado	Cableado de 4 metros	40	1	40

El costo total del sistema resulta de \$1650 para los 25 años de vida útil del panel.

La inversión necesaria para la instalación y funcionamiento de los sistemas autónomos de energía se detalla en la tabla 3.12

Tabla 3.12 Costo total componentes

Componente	Cantidad (unidades)	Costo unitario	Costo total
Baterías	46	350	\$ 32,550
Cableado	920	\$60/ 40 m	\$ 1260
Soporte	23	\$90	\$ 2070
Inversores	23	\$ 120	\$ 2760
Reguladores	23	\$ 140	\$ 3220
		Total	\$41860

El valor total de componentes es de \$41860, calculado para los 23 sistemas fotovoltaicos. Existen 5 viviendas, las cuales son nuevas y sus habitantes no cuentan con sistemas fotovoltaicos, para este caso se necesitarían 10 paneles solares, 5 baterías, 5

reguladores, 5 inversores, 5 soportes y el respectivo cableado; en caso de que se desee implementar los sistemas, el costo adicional por los 5 sistemas es de \$8250.

En el costo de mano de obra se detalla en la tabla 3.12, en donde se considera el trabajo de 2 personas que se toman 4 horas por vivienda dando como resultado 8 horas/hombre por vivienda.

Tabla 3.13 Costo mano de obra.

Horas/Hombre	Costo Horas / Hombre	Total
368	15	\$ 5520

El costo total de la inversión para implementar el sistema de energización autónomo en la isla Bellavista es de \$55.630, considerando materiales y mano de obra.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- Se ha determinado que los habitantes de la isla Bellavista ubicada en el golfo de Guayaquil, tienen un consumo promedio de cada vivienda es de 715 Wh/día.
- En relación, la posición, orientación y estado de funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos instalados en años posteriores por el FERUM, se determinó que el 91% de los sistemas existentes no se encuentran en funcionando y están orientados en la posición incorrecta.
- La matriz de decisión desarrollada considera factores de influencia como la demanda energética, disponibilidad de fuentes primarias, mantenimiento, impacto ambiental y vida útil. Durante la evaluación se evidenció que el factor de demanda energética tuvo mayor incidencia en la selección del sistema de energización dado que estará directamente relacionado con la capacidad de energía que deberá producir el sistema para cumplir con el requerimiento energético de cada vivienda.
- A partir de los resultados de la matriz de decisión se optó por utilizar la energía solar como fuente principal para diseñar el sistema de energización autónomo, teniendo un promedio de irradiación total incidente sobre una superficie horizontal de 4.57 kWh/m² día.
- Para el diseño del sistema de energización se consideró reutilizar los paneles de 250 Wp instalados por el FERUM, con la finalidad de disminuir los costos del sistema en base al criterio de vida útil de los módulos.
- Considerando el sistema dimensionado se realizó 3 simulaciones considerando escenarios diferentes, evidenciando de esta manera el efecto negativo en la generación de energía cuando hay presencia de sombras y obstáculos. Además,

se identificó que el 56% de los sistemas existentes en la isla presentan baja obstrucción, 26 % presentan obstrucción media y el 18 % presentan alta obstrucción, los sistemas con alta obstrucción deben ser reubicados previa la instalación de los nuevos sistemas de energización.

- El costo de implementación de los sistemas fotovoltaicos incluyendo mantenimiento para que los sistemas puedan alcanzar el tiempo de vida útil de 10 años es \$55.630. En comparación al uso de un generador eléctrico con una vida útil media de 15 años, se estima un costo de consumo de combustible de \$ 78750, Lo que significa que el sistema de generación fotovoltaico sería pagado en 10 años en relación con el consumo de combustible.

4.2 Recomendaciones

- La instalación de los sistemas fotovoltaicos debe ser realizada sólo por el personal técnico especializado, para evitar daños de componentes y pérdidas innecesarias.
- Para el mantenimiento de los sistemas se recomienda seguir las acciones descritas en la sección 3.4.2, teniendo en cuenta que se designa a un responsable para la ejecución de cada acción.
- Colocar los paneles solares en espacios libres de obstrucciones para evitar pérdidas por efectos de sombras, considerando los criterios de producción de energía descritos en este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

- Norma Ecuatoriana de la Construcción. (2011). *NEC 11 - Energías Renovables*. Ecuador.
- Ali Najah, A.-S., Muhd Yosuf, H. O., Sohif, M., Ruslan, R. H., Abed, A. M., & Sopian, K. (2015). Design & Sizing of Stand-alone Solar Power Systems A house Iraq. *Recent Advances in Renewable Energy Sources*, 145-150.
- Barriga Rivera, A., Delgado Plaza, E., Guevara Sáenz, J., Peralta Jaramillo, J., Naranjo Valencia, M., & Villalta Delgado, K. (2014). *Introducción al Estudio de Fuentes Renovables de Energía*. Proyecto LATIn.
- Díaz Corcobado, T., & Carmona Rubio, G. (2010). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas* (Primera ed.). España: McGraw-Hill.
- El Shenawy, E. T., Hegazy, A. H., & Abdellatef, M. (2017). Design and Optimization of Stand-alone PV System for Egyptian Rural Communities. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10433-10446.
- Ezenugu, I. A., Unmoren Mfonobong, A., & Okpura, N. I. (2016). Performance Analysis of Stand-Alone Photovoltaic (SAPV) System for Category I Health Clinic in Orlu, Imo State, Nigeria. *Mathematical and Software Engineering*, 35-47.
- Irwan, Y. M., Amelia, A. R., Irwanto, M., Fareq, M., Leon, W. Z., Gomesh, N., & Safwati, I. (2015). Stand-Alone Photovoltaic (SAPV) System Assessment using PVsyst Software. *Energy Procedia*, 596-603.
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo - Senplades 2017. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021. Para Toda una Vida*. Quito, Ecuador.
- Sopian, K., Elbreki, A. M., Ruslan, M. H., Ali Najah, A., Elhub, B., Azher, M., . . . Desfouli M., M. S. (2016). A stand-alone Photovoltaic System Design and Sizing: a Greenhouse Application in Sabha City: Case study in Libya. *Engineering Science And Technology International Conference*, 40-49.
- Suresh, P., & Thomas, J. (2014). Performance Analysis of Stand-alone PV Systems Under Non-Uniform Operating Conditions Using PVsyst. *Advanced Research in Electrical and Electronic Engineering*, 19-25.
- Tapia Olmedo, J. D. (2015). *Diseño de una Central Fotovoltaica de 10 MW*.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Formato de la encuesta realizada en la isla Bellavista

INTRODUCCIÓN:

La siguiente encuesta tiene como objetivo evaluar la situación energética actual de la isla Bellavista, así como recolectar datos sobre el estado de los sistemas fotovoltaicos instalados en el sector, y los hábitos de consumo energético de los moradores de la isla. Para ello se solicita su ayuda al responder las siguientes preguntas con la mayor certeza y objetividad.

<u>DATOS GENERALES</u>	
NOMBRE DEL ENCUESTADO:	
CASA NÚMERO:	
NÚMERO DE PERSONAS QUE LA HABITAN:	
FECHA:	

A) Primera Sección: Uso de la Electricidad

- ¿Su vivienda tiene conexión eléctrica?
 - Si ()
 - No ()
- Generalmente, ¿Cuántas horas por día tiene servicio eléctrico su hogar?
 - N° de Horas : _____
- ¿Cuánto paga por el servicio energético recibido?
 - Costo en dólares: \$_____

4. Uso de focos

En su hogar usa focos:		Potencia:	Número de focos :	Número de horas
Ahorraadores				
Incandescentes				

5. ¿En su hogar cuenta con los siguientes electrodomésticos?

Tipo de Artefacto	Potencia	Cantidad	Horas de Operación	Consumo	AC o DC
Radio					
Televisor					
DVD					
Refrigeradora					
Plancha Eléctrica					
Ventilador					
Lavadora					
Máquina de Coser					
Celular					
Microondas					
Otros? _____					
Otros? _____					
Otros? _____					

6. Si se produce una interrupción en el servicio de energía eléctrica en su hogar. ¿Usa como equipo de reserva
- Velas? _____
 - Mechero o Querosén? _____
 - Generador Eléctrico? _____

Si respondió c) en la pregunta 6 pase a la sección B, caso contrario pase a la sección C.

B) Sección 2: Uso del Generador Eléctrico

- En el último mes, ¿usó un generador eléctrico para suministro de energía en su hogar?
 - Si ()
 - No ()
- ¿En qué año adquirió el generador?
 - Año: _____
- ¿Qué tipo de combustible utiliza el generador eléctrico?

Tipo de Combustible		Cantidad al mes	Precio Por Unidad	Gasto Mensual
Diésel			\$	\$
Gasolina			\$	\$

10. ¿Cuánto gasta mensualmente en las reparaciones o mantenimiento del generador?

- Costo en dólares: \$ _____

C) Sección 3: Uso de Sistemas Fotovoltaicos

11. ¿Su hogar cuenta con paneles solares?

- Si ()
- No ()

12. ¿El sistema fotovoltaico funciona?

- Si ()
- No ()

13. ¿El sistema cuenta con inversor?

- Si ()
- No ()

14. ¿El sistema cuenta con regulador?

- Si ()
- No ()

15. ¿Las baterías se encuentran en buen estado?

- Si ()
- No ()

16. Número de baterías: _____

17. Estado de los paneles solares

Número de Paneles Solares	Orientación	Ubicación	Sucio	Obstruido	Observaciones

APÉNDICE B

Resultados de la encuesta realizada

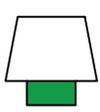
Casa No.	Nombres del Encuestado	Acceso a Electricidad	Habitantes por Vivienda	No. de Focos	Watts
1	Valentín Alejandro Jordan	No	6	No tiene	0
2	Sandy Chalen	Si	6	1	15
3	Alejandrina Crespín	Si	4	2	30
4	Felix Dominguez	Si	4	4	60
5	Casa Deshabitada	-	-	-	-
6	Cecilia Catarina	Si	7	2	30
	Iglesia de la comunidad	Si	0	2	30
7	Jessica Vera	Si	5	2	30
8	Casa Deshabitada	-	-	-	-
9	Casa Deshabitada	-	-	-	-
10	Vicente Yaguano	Si	5	6	90
11	María Yagual	Si	8	5	75
12	Denisse Lázaro	Si	5	4	60
13	Génesis Dominguez	Si	5	2	30
14	Patricia Crespín	Si	9	2	30
15	Mayra Crespín	Si	5	1	15
16	Casa Deshabitada	-	-	-	-
17	Flora Crespín	Si	3	2	30
18	David Cruz	Si	5	2	30
19	Martha Crespín	Si	6	2	30
20	Julia Cruz	Si	3	4	60
21	Verónica Jordan	Si	7	2	30
22	María Solorzano	Si	11	2	30
23	María Yagual	Si	2	4	60
24	Sabina Jordan	Si	12	3	45
25	Marina Crespín	Si	5	2	30
26	Julia Solorzano	Si	3	3	45
27	No se encontraban los dueños	-	-	-	-
28	No se encontraban los dueños	-	-	-	-
29	Isandra Solorzano	Si	3	3	45

Sistema Fotovoltaico	Sistema Funciona	Regulador	Inversor	Bateria en buen estado	Orientación	Altura	Sucio	Obstruido
No cuenta con sistema fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-
A	No	Si	No	No	153 N	2m	Si	No
B	Si	Si	Si	No	180 N	2m	Si	No
No cuenta con sistema fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-
C	No	Si	Si	No	200 N	2m	Si	No
D	No	No	No	No	196 N	2 m	Si	No
No cuenta con sistema fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-
E	No	No	No	No	184 N	2 m	Si	Si
F	No	No	No	No	164 N	2 m	Si	Si
G	Si	Si	Si	No	205 N	2 m	Si	Si
H	No	Si	No	No	210 N	2 m	Si	No
I	No	Si	Si	No	153 N	2 m	Si	Si
No cuenta con sistema fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-
J	No	Si	Si	No	172 N	2 m	Si	Si
K	No	Si	Si	No	123 N	2 m	Si	No
-	-	-	-	-	-	-	-	-
L	No	No	No	No	124 N	2 m	Si	No
M	No	Si	Si	No	134 N	2 m	Si	Si
N	No	Si	Si	No	152 N	2 m	Si	No
O	No	No	No	No	330 N	2 m	Si	No
P	No	Si	Si	No	305 N	2 m	Si	No
Q	No	No	No	No	145 N	2 m	Si	Si
R	No	Si	Si	No	26 N	2 m	Si	Si
S	No	Si	Si	No	226 N	2 m	Si	No
T	No	No	No	No	153 N	2 m	Si	No
No cuenta con sistema fotovoltaico	-	-	-	-	-	-	-	-
U	No	-	-	-	151 N	2 m	Si	Si
V	No	-	-	-	81 N	2 m	Si	Si
W	No	No	No	No	120 N	1,5 m	Si	No

Observaciones
La casa no cuenta con sistema fotovoltaico
El inversor fue retirado
La conexión está realizada directamente a un foco desde el panel solar
La casa no cuenta con sistema fotovoltaico
La Casa se encuentra deshabitada
El inversor y la batería se encuentran obsoletos
El inversor y regulador han sido retirados
La casa no cuenta con sistema fotovoltaico
La casa se encontraba vacía al momento de la visita
La casa se encontraba vacía al momento de la visita
El sistema funciona, batería e inversor conseguidos por gestión propia
El inversor fue retirado
Regulador e inversor obsoletos
Esta casa no tiene sistema fotovoltaico
Regulador e inversor obsoletos
Regulador e inversor obsoletos
La Casa se encuentra deshabitada
El Inversor y regulador fueron retirados
Regulador e inversor obsoletos
Regulador e inversor obsoletos
Inversor y regulador retirados
Inversor y regulador obsoletos
Inversor, regulador y batería retirados
Inversor y regulador obsoletos
Inversor y regulador obsoletos
Inversor, regulador y batería retirados
Esta casa no cuenta con sistema fotovoltaico
Los dueños no se encontraban al momento de la visita
Los dueños no se encontraban al momento de la visita
Inversor, regulador y batería retirados

APÉNDICE C

Mapa de la distribución de los sistemas fotovoltaicos en la isla Bellavista



Sistema con baja obstrucción



Sistema con obstrucción media



Sistema con alta obstrucción

Generador

2 A

3 B

1

5 6 C

7 Escuela 15 16

20 21
O P

L 17
M 18

4

Iglesia D

8 E
9 F

G H I J K
10 11 12 13 14

N
19 22 Q
23 R

24 S

T
25
26
U 27
V 28

W
29

APÉNDICE D

Resultados de las simulaciones en PVsyst

APÉNDICE D - 1

Resultados de la simulación con baja obstrucción

Sistema aislado: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Materia Integradora**

Sitio geográfico	Isla Bellavista	País	Ecuador	
Ubicación	Latitud	-2.47° S	Longitud	-79.97° W
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT-5	Altitud	3 m
	Albedo	0.20		
Datos meteorológicos:	Isla Bellavista	NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user) - Sintético		

Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Fecha de simulación 11/01/19 23h13

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Orientación plano captador	Inclinación	10°	Acimut	0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso	Perez, Meteororm
Necesidades del usuario :	Cons. Doméstico media	Constante durante el año 0.7 kWh/Día		

Características del conjunto FV

Módulo FV	Si-mono	Modelo	Solar Module Shell C 125	
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	Shell	
Número de módulos FV		En serie	1 módulos	En paralelo 2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	2	Pnom unitaria 126.3 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	253 Wp	En cond. de funciona. 223 Wp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	15 V	1 mpp 14 A
Superficie total		Superficie módulos	2.0 m²	

Parámetros del sistema Tipo de sistema **Sistema aislado**

Batería		Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	
		Fabricante	Sunbright Power Co.,LTD.	
Características del paquete de baterías		Núm. de unidades	2 en paralelo	
		Voltaje	12 V	Capacidad nominal 200 Ah
		Descarga: mín. SOC	19.1 %	Energía almacenada 2.0 kWh
		Temperatura	Fijada (20°C)	
Regulador		Modelo	SunSaver-20L	
		Fabricante	Morningstar	
		Tecnología	uP, Series transistor	Coef. temp. -4.7 mV/°C/elem.
Umbral de Regulación Baterías		Umbral de mando según	Battery voltage	
		Carga	13.4 / 12.4 V	Corresp. SOC 0.90 / 0.56
		Descarga	11.8 / 12.2 V	Corresp. SOC 0.19 / 0.42

Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	40.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	0.000 mOhm	Fracción de pérdidas	0.0 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de voltaje	0.7 V	Fracción de pérdidas	4.0 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas	0.0 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas	0.0 % (voltaje fijado)
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Sistema aislado: Necesidades detalladas del usuario

Proyecto : **Materia Integradora**

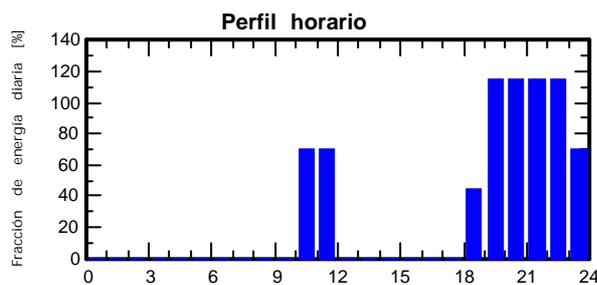
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Cons. Doméstico, Constante durante el año, media = 0.7 kWh/día

Valores anuales

	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lamps (LED or fluo)	3	15 W/lámpara	5 h/día	225 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	70 W/art.	7 h/día	490 Wh/día
Energía total diaria				715 Wh/día



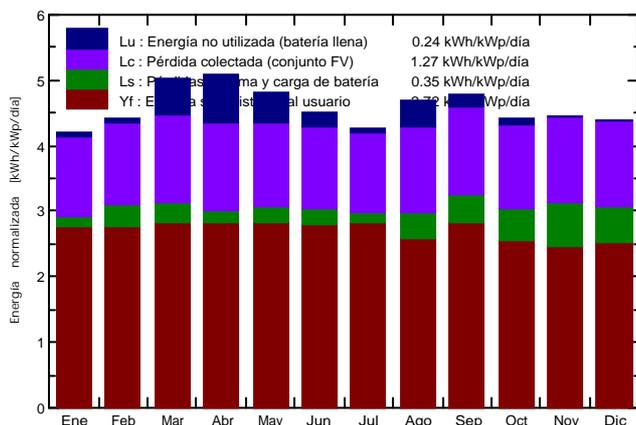
Sistema aislado: Resultados principales

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

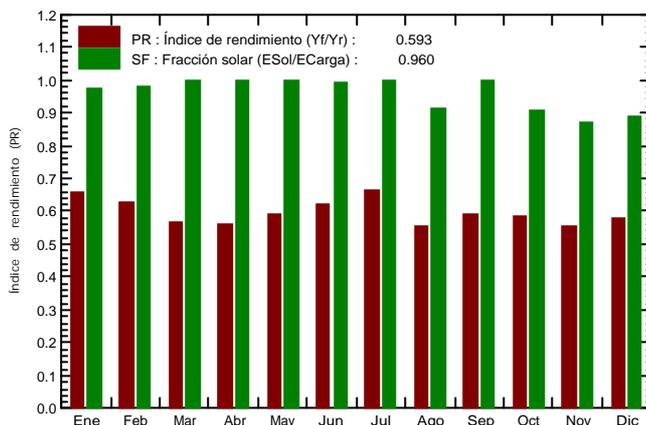
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía disponible	304.8 kWh/año	Produc. específica
	Energía utilizada	250.6 kWh/año	1206 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	59.34 %	Energía procedente (inutilizada)
	Fracción de tiempo	5.2 %	21.9 kWh/año
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	5.2 %	Fracción solar (SF)
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste (EOD))	Fracción de tiempo	91.0%	Energía faltante
	Fracción de tiempo	91.0%	10.4 kWh/año
	Fracción de tiempo	91.0%	EDD estático
	Fracción de tiempo	91.0%	91.7%
	Duración de vida de la batería	11.1 años	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 253 Wp



Índice de rendimiento (PR) y Fracción solar (SF)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E_Avail kWh	EUnused kWh	E_Miss kWh	E_User kWh	E_Load kWh	SolFrac
Enero	139.2	125.2	23.55	0.574	0.546	21.62	22.16	0.975
Febrero	128.5	119.1	22.47	0.393	0.420	19.60	20.02	0.979
Marzo	156.2	150.5	28.82	4.240	0.000	22.16	22.16	1.000
Abril	147.3	147.4	28.38	5.425	0.000	21.45	21.45	1.000
Mayo	139.8	144.3	27.66	3.586	0.000	22.16	22.16	1.000
Junio	125.4	130.5	24.74	1.640	0.210	21.24	21.45	0.990
Julio	124.3	128.2	24.10	0.699	0.000	22.16	22.16	1.000
Agosto	139.5	140.6	26.55	3.239	1.900	20.26	22.16	0.914
Septiembre	142.2	138.3	26.12	1.442	0.000	21.45	21.45	1.000
Octubre	139.8	131.4	24.53	0.698	2.039	20.13	22.16	0.908
Noviembre	141.6	128.7	23.77	0.000	2.800	18.65	21.45	0.869
Diciembre	146.0	130.1	24.09	0.000	2.469	19.70	22.16	0.889
Año	1669.8	1614.4	304.76	21.935	10.384	250.59	260.97	0.960

Leyendas: GlobHor Irradiación global horizontal E_Miss Energía faltante
 GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados E_User Energía suministrada al usuario
 E_Avail Energía solar disponible E_Load Necesidad de energía del usuario
 EUnused Energía sin utilizar (batería llena) SolFrac Fracción solar (Eutilizada/Enecesitada)

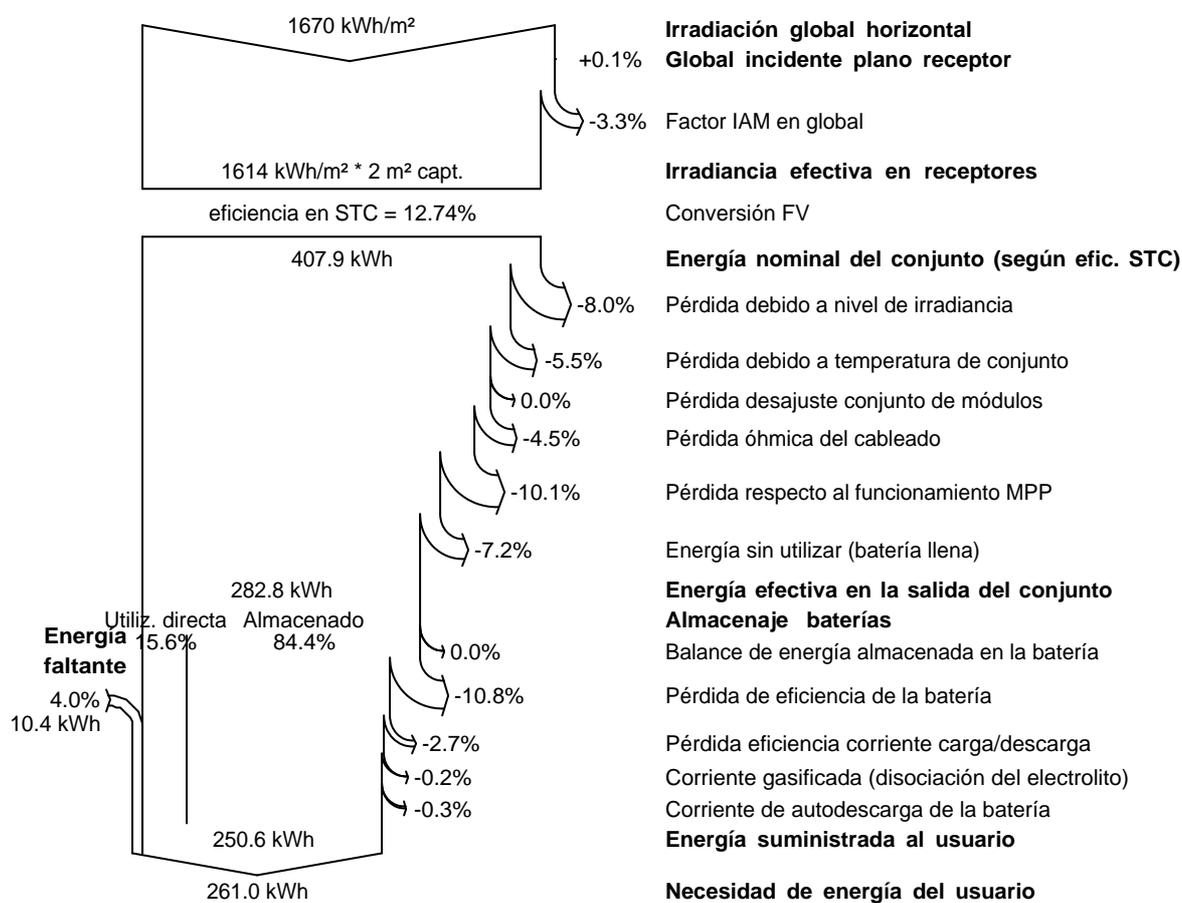
Sistema aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Materia Integradora**

Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



APÉNDICE D - 2

Resultados de la simulación con obstrucción media

Sistema aislado: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Materia Integradora**

Sitio geográfico	Isla Bellavista	País	Ecuador	
Ubicación	Latitud	-2.47° S	Longitud	-79.97° W
Tiempo definido como	Hora Legal	Huso horario UT-5	Altitud	3 m
	Albedo	0.20		
Datos meteorológicos:	Isla Bellavista	NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user) - Sintético		

Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Fecha de simulación 11/01/19 22h59

Parámetros de la simulación	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías	
Orientación plano captador	Inclinación	10°	Acimut 0°
Modelos empleados	Transposición	Perez	Difuso Perez, Meteororm
Horizonte	Elevación Media	33.5°	
Necesidades del usuario :	Cons. Doméstico media	Constante durante el año 0.7 kWh/Día	

Características del conjunto FV

Módulo FV	Si-mono	Modelo	Solar Module Shell C 125	
Parámetros definidos por el usuario		Fabricante	Shell	
Número de módulos FV		En serie	1 módulos	En paralelo 2 cadenas
Núm. total de módulos FV		Núm. módulos	2	Pnom unitaria 126.3 Wp
Potencia global del conjunto		Nominal (STC)	253 Wp	En cond. de funciona. 223 Wp (50°C)
Caract. funcionamiento del conjunto (50°C)		U mpp	15 V	1 mpp 14 A
Superficie total		Superficie módulos	2.0 m²	

Parámetros del sistema

Batería	Tipo de sistema	Sistema aislado		
	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah		
	Fabricante	Sunbright Power Co.,LTD.		
Características del paquete de baterías	Núm. de unidades	2 en paralelo		
	Voltaje	12 V	Capacidad nominal	200 Ah
	Descarga: mín. SOC	19.1 %	Energía almacenada	2.0 kWh
	Temperatura	Fijada (20°C)		
Regulador	Modelo	SunSaver-20L		
	Fabricante	Morningstar		
	Tecnología	uP, Series transistor	Coef. temp.	-4.7 mV/°C/elem.
Umbral de Regulación Baterías	Umbral de mando según	Battery voltage		
	Carga	13.4 / 12.4 V	Corresp. SOC	0.90 / 0.56
	Descarga	11.8 / 12.2 V	Corresp. SOC	0.19 / 0.42

Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdidas térmicas	Uc (const)	35.0 W/m²K	Uv (viento)	0.0 W/m²K / m/s
Pérdida óhmica en el Cableado	Res. global conjunto	0.000 mOhm	Fracción de pérdidas	0.0 % en STC
Pérdida Diodos en Serie	Caída de voltaje	0.7 V	Fracción de pérdidas	4.0 % en STC
Pérdida Calidad Módulo			Fracción de pérdidas	0.0 %
Pérdidas de "desajuste" Módulos			Fracción de pérdidas	0.0 % (voltaje fijado)
Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE	IAM =	1 - bo (1/cos i - 1)	Parám. bo	0.05

Sistema aislado: Definición del horizonte

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

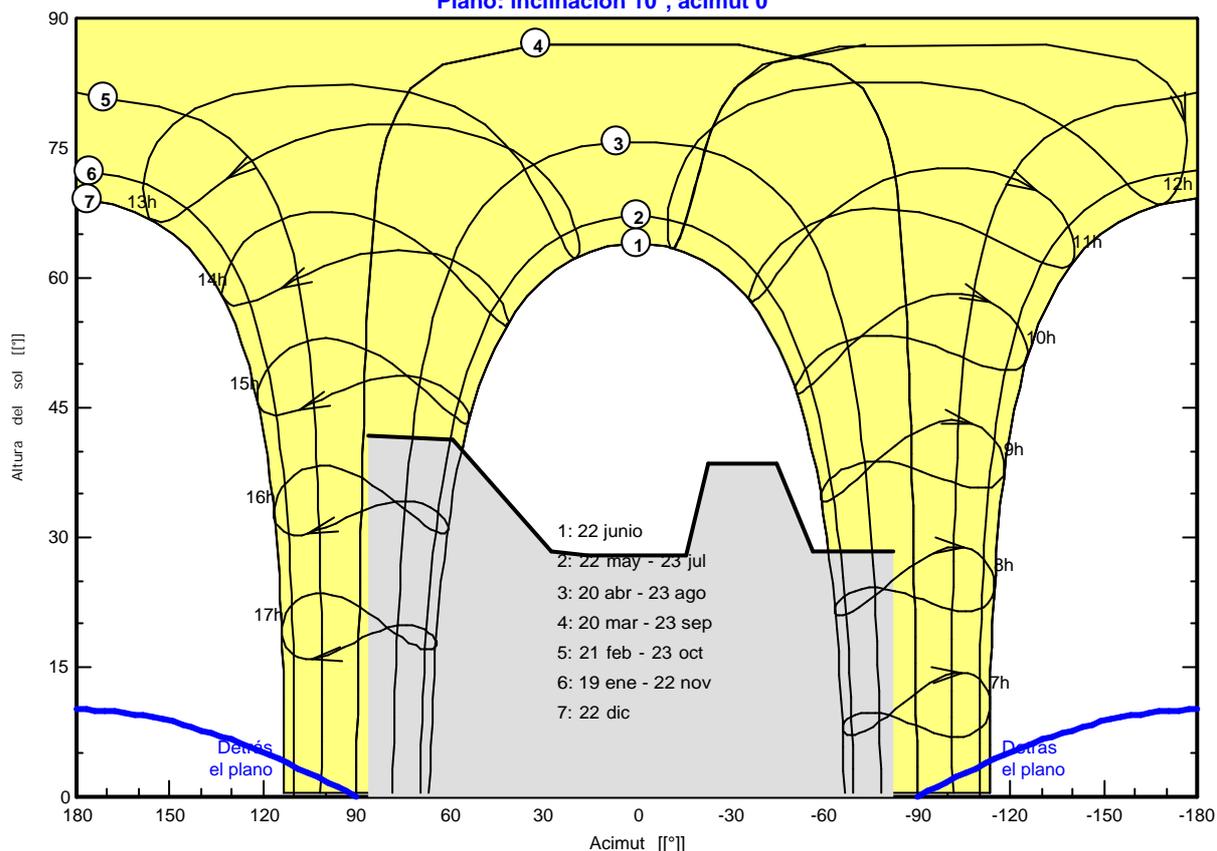
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	33.5°	Factor Difuso	0.81
Orientación Campos FV	inclinación	10°	Fracción Albedo	0.00
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Horizonte	Elevación Media	33.5°	Factor Difuso	0.81
	Factor Albedo	100 %	Fracción Albedo	0.00

Altura [°]	28.4	28.4	38.6	38.6	28.0	28.0	28.4	41.3	41.7
Acimut [°]	-82	-57	-45	-23	-16	16	28	59	86

Línea del horizonte en Isla Bellavista

Plano: inclinación 10°, acimut 0°



Sistema aislado: Necesidades detalladas del usuario

Proyecto : **Materia Integradora**

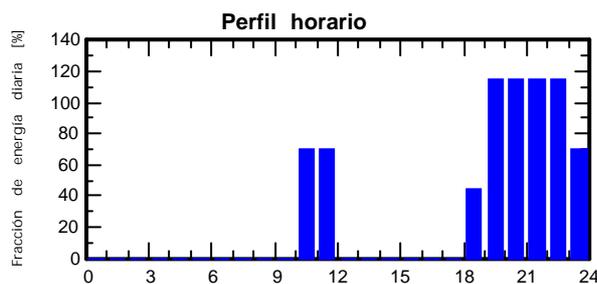
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	33.5°		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Cons. Doméstico, Constante durante el año, media = 0.7 kWh/día

Valores anuales

	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lamps (LED or fluo)	3	15 W/lámpara	5 h/día	225 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	70 W/art.	7 h/día	490 Wh/día
Energía total diaria				715 Wh/día



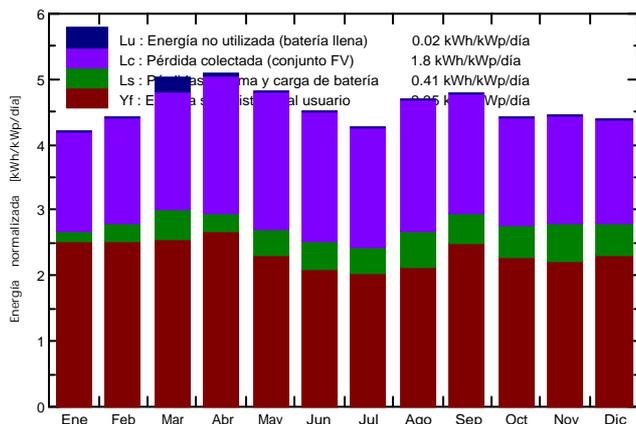
Sistema aislado: Resultados principales

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

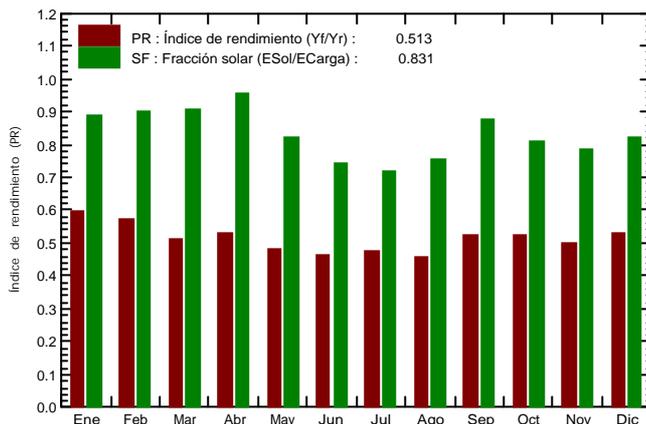
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	33.5°		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía disponible	256.4 kWh/año	Produc. específica
	Energía utilizada	216.8 kWh/año	1015 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	51.34 %	1.9 kWh/año
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	19.7 %	Fracción solar (SF)
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste (EOD))	Fracción de tiempo	91.1 %	Energía faltante
	Duración de vida de la batería	11.3 años	44.2 kWh/año
			EDD estático
			91.7 %

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 253 Wp



Índice de rendimiento (PR) y Fracción solar (SF)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUunused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	139.2	112.9	20.96	0.000	2.431	19.73	22.16	0.890
Febrero	128.5	107.3	19.76	0.000	2.038	17.98	20.02	0.898
Marzo	156.2	135.0	25.24	1.624	2.122	20.04	22.16	0.904
Abril	147.3	122.0	22.73	0.238	1.018	20.43	21.45	0.953
Mayo	139.8	115.9	21.28	0.000	3.950	18.22	22.16	0.822
Junio	125.4	104.6	19.15	0.000	5.553	15.90	21.45	0.741
Julio	124.3	104.4	19.03	0.000	6.222	15.94	22.16	0.719
Agosto	139.5	114.1	20.94	0.000	5.439	16.73	22.16	0.755
Septiembre	142.2	120.7	22.35	0.000	2.616	18.83	21.45	0.878
Octubre	139.8	118.3	21.76	0.000	4.183	17.98	22.16	0.811
Noviembre	141.6	116.7	21.35	0.000	4.605	16.84	21.45	0.785
Diciembre	146.0	118.1	21.87	0.000	3.980	18.18	22.16	0.820
Año	1669.8	1390.1	256.42	1.863	44.157	216.82	260.97	0.831

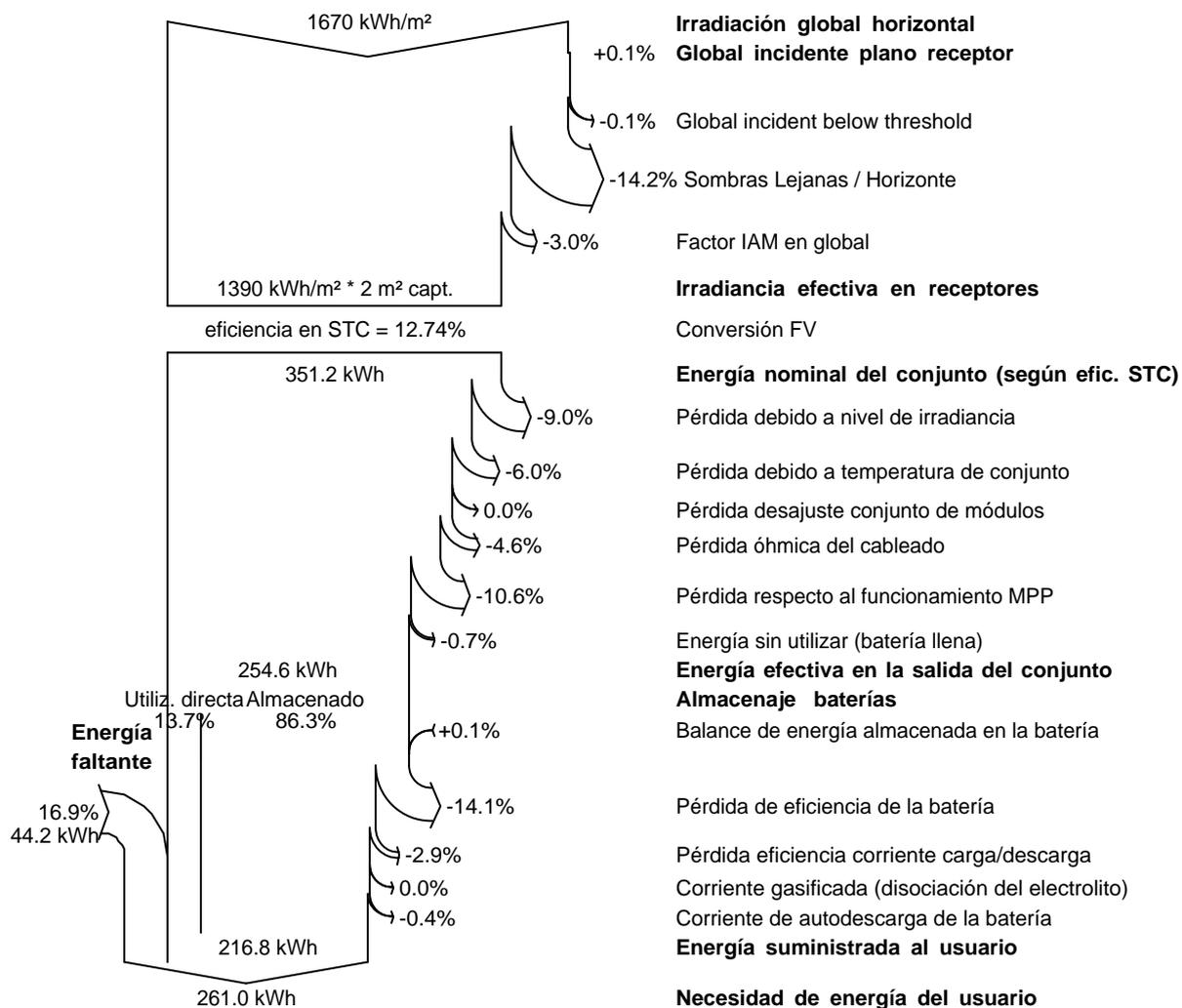
Leyendas:	GlobHor Irradiación global horizontal	E_Miss Energía faltante
	GlobEff Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E_User Energía suministrada al usuario
	E_Avail Energía solar disponible	E_Load Necesidad de energía del usuario
	EUunused Energía sin utilizar (batería llena)	SolFrac Fracción solar (Eutilizada/Enecesitada)

Sistema aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	33.5°		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



APÉNDICE D - 3

Resultados de la simulación con alta obstrucción

Sistema aislado: Parámetros de la simulación

Proyecto : **Materia Integradora**

Sitio geográfico **Isla Bellavista** País **Ecuador**

Ubicación Latitud -2.47° S Longitud -79.97° W
 Tiempo definido como Hora Legal Huso horario UT-5 Altitud 3 m
 Albedo 0.20

Datos meteorológicos: **Isla Bellavista** NASA-SSE satellite data 1983-2005 (modified by user) - Sintético

Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Fecha de simulación 11/01/19 23h18

Parámetros de la simulación Tipo de sistema **Sistema aislado con baterías**

Orientación plano captador Inclinación 10° Acimut 0°

Modelos empleados Transposición Perez Difuso Perez, Meteororm

Horizonte Elevación Media 55.9°

Necesidades del usuario : Cons. Doméstico Constante durante el año
 media 0.7 kWh/Día

Características del conjunto FV

Módulo FV Si-mono Modelo **Solar Module Shell C 125**
 Parámetros definidos por el usuario Fabricante Shell

Número de módulos FV En serie 1 módulos En paralelo 2 cadenas

Núm. total de módulos FV Núm. módulos 2 Pnom unitaria 126.3 Wp

Potencia global del conjunto Nominal (STC) **253 Wp** En cond. de funciona. 223 Wp (50°C)

Caract. funcionamiento del conjunto (50°C) U mpp 15 V I mpp 14 A

Superficie total Superficie módulos **2.0 m²**

Parámetros del sistema Tipo de sistema **Sistema aislado**

Batería Modelo **6 - GFM (G) - 100 Ah**
 Fabricante Sunbright Power Co.,LTD.

Características del paquete de baterías Núm. de unidades 2 en paralelo

Voltaje 12 V Capacidad nominal 200 Ah

Descarga: mín. SOC 19.1 % Energía almacenada 2.0 kWh

Temperatura Fijada (20°C)

Regulador Modelo SunSaver-20L
 Fabricante Morningstar
 Tecnología uP, Series transistor Coef. temp. -4.7 mV/°C/elem.

Umbral de Regulación Baterías Umbral de mando según Battery voltage

Carga 13.4 / 12.4 V Corresp. SOC 0.90 / 0.56

Descarga 11.8 / 12.2 V Corresp. SOC 0.19 / 0.42

Factores de pérdida del conjunto FV

Factor de pérdidas térmicas U_c (const) 40.0 W/m²K U_v (viento) 0.0 W/m²K / m/s

Pérdida óhmica en el Cableado Res. global conjunto 0.000 mOhm Fracción de pérdidas 0.0 % en STC

Pérdida Diodos en Serie Caída de voltaje 0.7 V Fracción de pérdidas 4.0 % en STC

Pérdida Calidad Módulo Fracción de pérdidas 0.0 %

Pérdidas de "desajuste" Módulos Fracción de pérdidas 0.0 % (voltaje fijado)

Efecto de incidencia, parametrización ASHRAE IAM = 1 - bo (1/cos i - 1) Parám. bo 0.05

Sistema aislado: Definición del horizonte

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

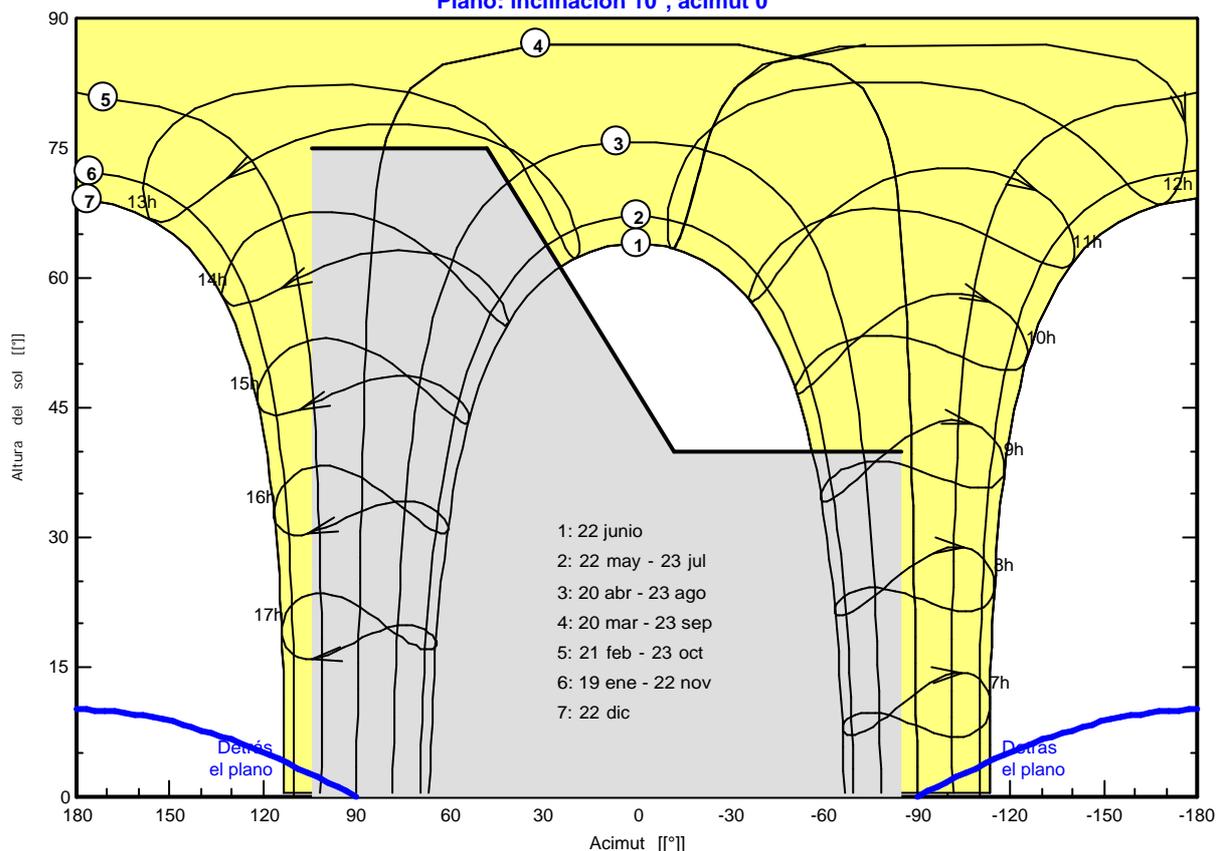
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías	
Horizonte	Elevación Media	55.9°	
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut 0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom 126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total 253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad 12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global 261 kWh/año

Horizonte	Elevación Media	55.9°	Factor Difuso	0.58
	Factor Albedo	100 %	Fracción Albedo	0.00

Altura [°]	40.0	40.0	75.0	75.0
Acimut [°]	-85	-12	48	104

Línea del horizonte en Isla Bellavista

Plano: inclinación 10°, acimut 0°



Sistema aislado: Necesidades detalladas del usuario

Proyecto : **Materia Integradora**

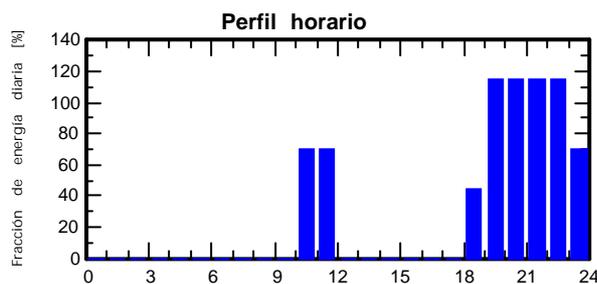
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	55.9°		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Cons. Doméstico, Constante durante el año, media = 0.7 kWh/día

Valores anuales

	Número	Potencia	Utilización	Energía
Lamps (LED or fluo)	3	15 W/lámpara	5 h/día	225 Wh/día
TV / PC / Mobile	1	70 W/art.	7 h/día	490 Wh/día
Energía total diaria				715 Wh/día



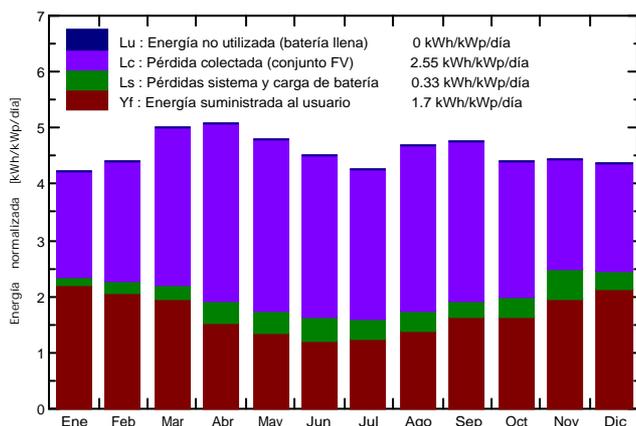
Sistema aislado: Resultados principales

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

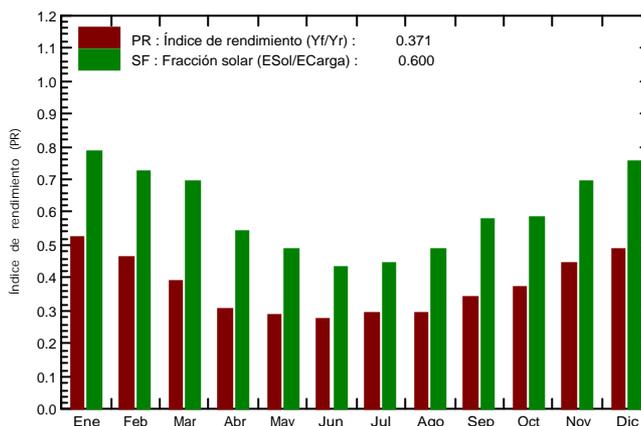
Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	55.9°		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Resultados principales de la simulación			
Producción del sistema	Energía disponible	187.1 kWh/año	Produc. específica
	Energía utilizada	156.7 kWh/año	741 kWh/kWp/año
	Índice de rendimiento (PR)	37.10 %	Energía no procedente (inutilizado)
Pérdida de carga	Fracción de tiempo	46.1 %	0.0 kWh/año
Envejecimiento de la batería (Estado de desgaste (EOD))	Fracción solar (SF)	93.0%	60.04 %
	Energía faltante	104.3 kWh/año	
	EDD estático	91.7%	
	Duración de vida de la batería	12.0 años	

Producciones normalizadas (por kWp instalado): Potencia nominal 253 Wp



Índice de rendimiento (PR) y Fracción solar (SF)



Nueva variante de simulación Balances y resultados principales

	GlobHor	GlobEff	E_Avail	EUunused	E_Miss	E_User	E_Load	SolFrac
	kWh/m²	kWh/m²	kWh	kWh	kWh	kWh	kWh	
Enero	139.2	99.3	18.27	0.000	4.80	17.36	22.16	0.783
Febrero	128.5	87.9	16.03	0.000	5.50	14.52	20.02	0.725
Marzo	156.2	94.4	17.19	0.000	6.75	15.42	22.16	0.696
Abril	147.3	80.7	14.60	0.000	9.80	11.65	21.45	0.543
Mayo	139.8	76.4	13.74	0.000	11.38	10.78	22.16	0.487
Junio	125.4	69.5	12.47	0.000	12.14	9.31	21.45	0.434
Julio	124.3	70.7	12.69	0.000	12.31	9.85	22.16	0.445
Agosto	139.5	75.8	13.64	0.000	11.37	10.79	22.16	0.487
Septiembre	142.2	81.6	14.73	0.000	9.10	12.35	21.45	0.576
Octubre	139.8	86.5	15.60	0.000	9.25	12.91	22.16	0.583
Noviembre	141.6	103.5	18.87	0.000	6.51	14.94	21.45	0.697
Diciembre	146.0	104.9	19.24	0.000	5.39	16.77	22.16	0.757
Año	1669.8	1031.3	187.07	0.000	104.30	156.68	260.97	0.600

Leyendas:

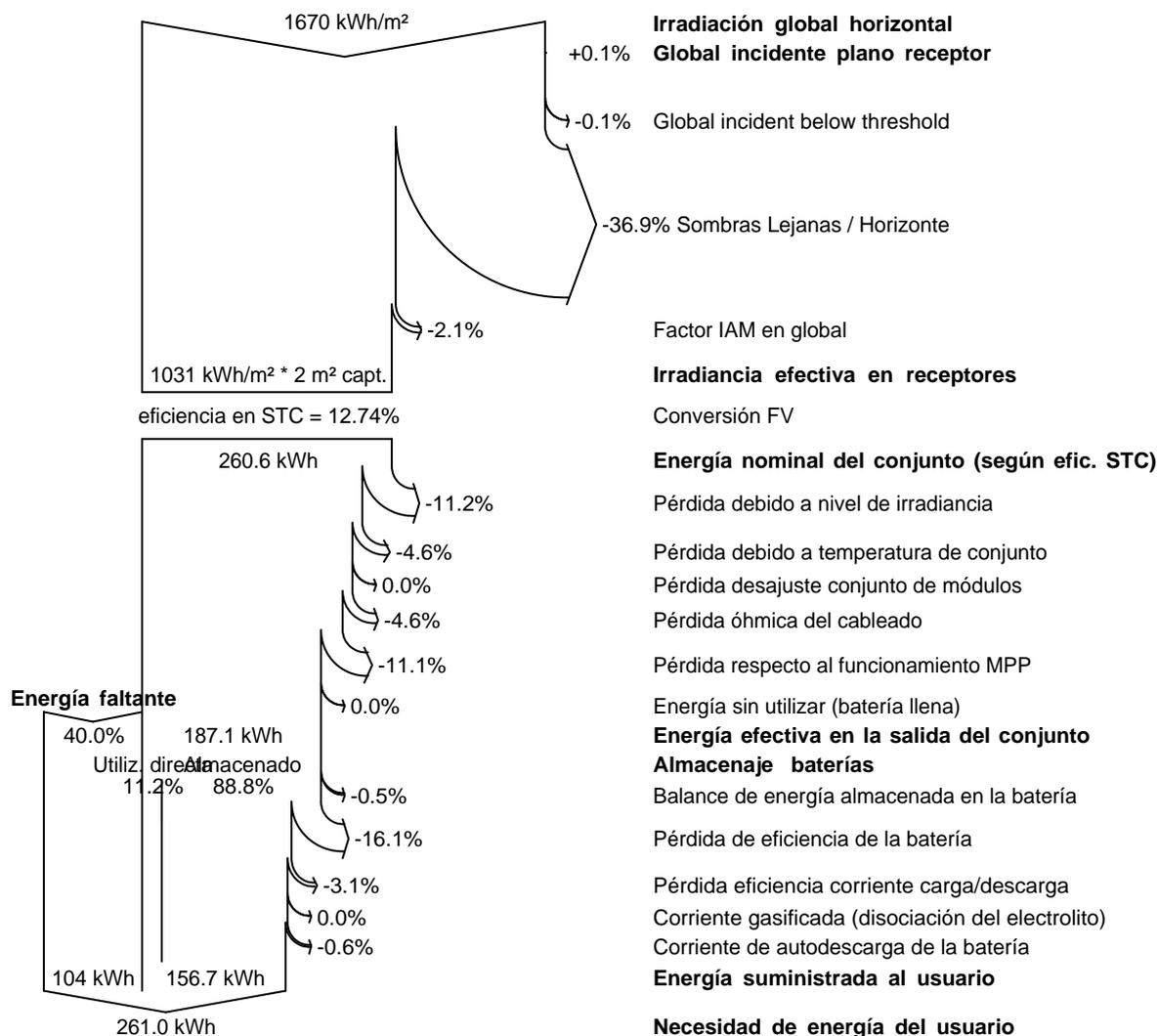
GlobHor	Irradiación global horizontal	E_Miss	Energía faltante
GlobEff	Global efectivo, corr. para IAM y sombreados	E_User	Energía suministrada al usuario
E_Avail	Energía solar disponible	E_Load	Necesidad de energía del usuario
EUunused	Energía sin utilizar (batería llena)	SolFrac	Fracción solar (Eutilizada/Enecesitada)

Sistema aislado: Diagrama de pérdidas

Proyecto : **Materia Integradora**
Variante de simulación : **Nueva variante de simulación**

Parámetros principales del sistema	Tipo de sistema	Sistema aislado con baterías		
Horizonte	Elevación Media	55.9°		
Orientación Campos FV	inclinación	10°	acimut	0°
Módulos FV	Modelo	Solar Module Shell C 125	Pnom	126 Wp
Conjunto FV	Núm. de módulos	2	Pnom total	253 Wp
Batería	Modelo	6 - GFM (G) - 100 Ah	Tecnología	Pb-ácido, sellada, Gel
Paquete de baterías	Núm. de unidades	2	Voltaje / Capacidad	12 V / 200 Ah
Necesidades del usuario	Cons. Doméstico	Constante durante el año	Global	261 kWh/año

Diagrama de pérdida durante todo el año



APÉNDICE E

Fichas Técnicas de los elementos seleccionados



SUNSAVER™
SOLAR CONTROLLER

Morningstar's **SunSaver** is the world's leading small solar controller for both professional and consumer applications.

SunSaver's technology provides:

- Exceptional Reliability
- PWM Battery Charging
- Consistent High Quality

The SunSaver's advanced design delivers outstanding performance and value. The SunSaver's low cost is made possible by Morningstar's unique approach to design and manufacturing:

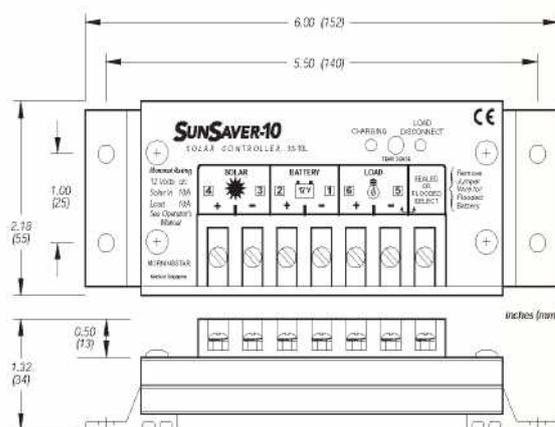
- Automated production
- ISO 9002 quality programs
- Latest power electronic technologies
- Latest control and logic technologies
- High volume manufacturing

Features:

- Eight versions available (see back)
 - 12 and 24 volts
 - 6, 10 and 20 amps
- 100% solid state
- Series design (not shunt)
- True 0 to 100% PWM duty cycle
- Setpoint accuracy to 35 mV
- Rated for 25% overloads
- Fully encapsulated in epoxy potting
- Marine rated terminals / anodized case
- Temperature compensation
- Sealed / Flooded battery select
- No need to derate
- Parallel for 40 amps or more
- Green charging / Red LVD indicators

SunSaver Model Selection Chart

MODEL NUMBER	SOLAR RATING (Amps)			LOAD RATING (Amps)			LVD	12V	24V
	0	10	20	0	10	20			
• SS-6	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	Yes	Yes
• SS-6L	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	Yes	No
• SS-10	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	Yes	Yes
• SS-10L	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	Yes	No
• SS-10-24V	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	No	Yes
• SS-10L-24V	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	No	No
• SS-20L	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	Yes	No
• SS-20L-24V	0-10	10-20	20-0	0-10	10-20	20-0	Yes	No	No

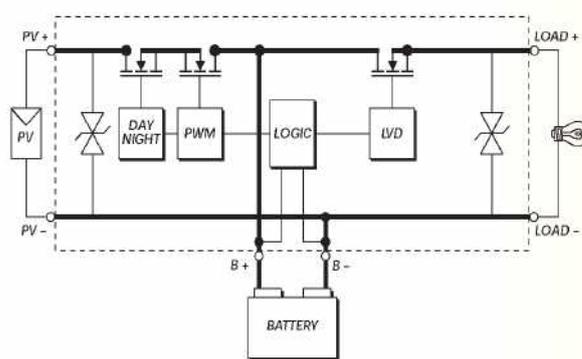


Mechanical Specifications

- Wire size #10 AWG (5.2 mm²)
- Anodized aluminum case
- Marine rated terminals
- Epoxy encapsulated
- Weight is 8 oz (0.23 kg)

Electrical Specifications

	12 Volt	24 Volt
Rated Solar Input	6.5/10/20 A	
Rated Load		6/10/20 A
25% Current Overload	5 min.	5 min.
Regulation Voltage:		
Sealed Battery	14.1 V	28.2 V
Flooded Battery	14.4 V	28.8 V
Load Disconnect	11.5 V	23.0 V
LVD Reconnect	12.6 V	25.2 V
Temp. Comp. (mV/°C)	-28	-56
Self-consumption	6 to 10 mA	
Operating Temp.	-40 to +85°C	



WARRANTY: Five year warranty period. Contact Morningstar or your authorized distributor for complete terms.

AUTHORIZED MORNINGSTAR DISTRIBUTOR:

Available From



38150 River Frontage Rd.
New Castle CO.
970-984-3750
solarpanelstore.com



1098 Washington Crossing Road
Washington Crossing, PA 18977 USA
Tel: 215-321-4457 Fax: 215-321-4458
E-mail: info@morningstarcorp.com
Website: www.morningstarcorp.com





samlexamerica®

450W



Inversor de Onda Sinusoidal Modificada CD-CA

Modelo
SAM-450-12
12 VCD
115 VCA

Características del diseño:

- Puerto de Carga USB: 5 VCD, 2.1A
- Compacto diseño con enchufe tipo encendedor de cigarrillos incluido
- Ventilador controlado por carga
- Alarma indicadora de baja batería
- Circuito de protección universal: Batería, térmica, cortocircuito, sobrecarga, falla de tierra.
- Tecnología de encendido suave
- Tecnología de superficie fresca
- Modo de ahorro de energía
- Tecnología de baja interferencia

GARANTÍA



		MODELO NO.	SAM-450-12
ENTRADA	VOLTAJE DE LA BATERIA DEL SISTEMA		12 VCD
	VOLTAJE NOMINAL DE ENTRADA		12.5 VCD
	RANGO DEL VOLTAJE DE ENTRADA		10.5 a 15.0 (+/- 0.5) VCD
	CORRIENTE DE ENTRADA EN ENERGIA CONTINUA		41.3A a 43.3A
	CORRIENTE DE ENTRADA SIN ENERGIA		0.25A a 0.35A
SALIDA	SALIDA DEL VOLTAJE EN FORMA DE ONDA		Onda Sinusoidal Modificada
	VOLTAJE DE SALIDA		115 VCA
	REGULACION DE VOLTAJE DE SALIDA		+10% / - 2%
	FRECUENCIA DE SALIDA		60 Hz +/- 5%
	SALIDA DE CORRIENTE CONTINUA (CARGA RESISTIVA)		450W
	SALIDA DE CORRIENTE PARA PICOS (< 1 SEG, CARGA RESISTIVA)		900W
PROTECCIONES	PUNTO MAS ALTO DE EFICIENCIA (A 50% DE ENERGIA CONTINUA)		90%
	PUERTO DE CARGA USB		5 VCD, 2.1 Amp
	ALARMA DE BAJA ENTRADA DE VOLTAJE		Si (10.8 +/- 0.3 VCD)
	APAGADO DE BAJA ENTRADA DE VOLTAJE		10.5 +/- 0.3 VCD
	APAGADO DE ALTA ENTRADA DE VOLTAJE		Si. (> 15.5 VCD)
	APAGADO DE SOBRECARGA		Se cierra en condiciones de apagado. Reinicio manual al presionar el botón de ON/OFF (ENCENDIDO/APAGADO)
	APAGADO DE ALTA TEMPERATURA		Si (Auto-reinicio)
CONEXIONES	VENTILADOR DE ENFRIAMIENTO, CARGA CONTROLADA, ENCENDIDO A		8 a 12W
	PROTECCION DE FUGA		Si (Apagado)
	FUSIBLE DE ENTRADA INTERNA, 32V		70A
	CONEXION DE ENTRADA		Tuerca y Tornillo
GENERAL	CONEXIÓN DE SALIDA – NO DE RECIPIENTES NEMA5-15R		2
	PUERTO DE CONTROL REMOTO		No
	RANGO DE TEMPERATURA DE OPERACION		0°C a 25°C a 100% de carga; 26°C a 35°C a 80% de carga 32°F a 77°F a 100% de carga; 78.8°F a 95°F a 80% de carga
	HUMEDAD DE OPERACION		< 80%
	UNION DEL CHASIS NEUTRAL		No. El neutral es flotante
	DIMENSIONES, MM (L X Anch X Alt)		151 x 154 x 56.5
DIMENSIONES, PULGADAS (L X Anch X Alt)		6.0 x 6.1 x 2.2	
PESO, KGS		.6	
PESO, LB		1.3	

NOTA: Las especificaciones están sujetas a cambio sin previo aviso.

12002-SAM-450-12-1113 ES



6-GFM(G)-100Ah Gel Battery Specification

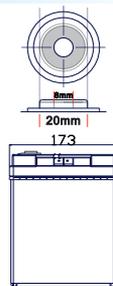
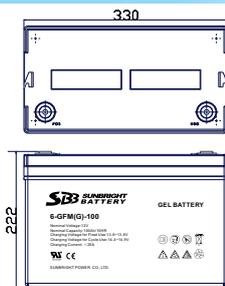
We are an ISO9001 certified organization. And the products are approved by CE & UL. The nominal voltage of this series is 12V. And the capacity ranges from 33Ah to 250Ah. Their typical applications include: emergency lighting systems, electricity power supply systems, communication systems, UPS systems, starting systems, solar systems etc.

Battery Construction		Material	General Features
Component		Lead dioxide	Maintenance free
Positive plate	.....	Lead	Convenient for installation
Negative plate	.....	ABS	Safety and no leakage
Container	.....	Rubber	Excellent recharge and discharge performance
Cover	.....	Copper	Low self-discharge rate, charge each standby 6 months, temperature 25°C
Safety valve	.....	Gelled acid	Adapt to high or low temperature
Terminal	.....		Good deep discharge performance
Electrolyte	.....		Longer cycle life
			UL approval

Performance Characteristics

1. Dimension and weight		5. Charge Method: constant-voltage charging at 25°C (77° F)	
Length	..... 330mm	Cyclic use	..... 14.4~14.9V
Width	..... 173mm	Maximum charging current	..... 25A
Height	..... 217mm	Temperature Compensation	..... -30mV/°C
Total Height	..... 222mm	Float Use	..... 13.6~13.8V
Reference Weight	..... 30.8kg	Temperature Compensation	..... -20mV/°C
2. Functional Parameter		6. Environment Temperature Requirements	
Rated Voltage	..... 12V	Discharge Temperature	..... -20~60°C
Numbers of cells	..... 6 Cells	Charge Temperature	..... 0~50°C
Designed Life	..... 10~12 Years	Storage Temperature	..... -20~60°C
3. Rated Capacity at 25°C (77° F)		7. Inner Resistance & Max. Discharge Current	
10 hr rate (0.1C, 10.8V)	..... 100Ah	A fully charged battery at 25°C (77° F)	..... 5mΩ
3 hr rate (0.25C, 10.8V)	..... 74.6Ah	Max. Discharge Current	..... 1500A (5s)
1 hr rate (0.55C, 10.5V)	..... 56.8Ah	Short Circuit Current	..... 5000A
4. Capacity affected by Temperature (10hour rate)		8. Self-discharge	
40°C (104° F)	..... 103%	3% Of the capacity per month at 25°C (77° F)	
25°C (77° F)	..... 100%	Capacity after 3 month storage	..... 91%
0°C (32° F)	..... 85%	Capacity after 6 month storage	..... 82%
-15°C (5° F)	..... 65%	Capacity after 12 month storage	..... 64%

Dimensions (mm)



3D Model Review



Constant-current discharge parameter Unit: A (25°C)

F.V/Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	6h	8h	10h	20h
1.80V/cell	109.49	83.84	63.16	52.88	32.88	24.86	17.40	14.58	11.64	10.00	5.42
1.75V/cell	123.05	92.20	68.25	56.61	34.92	26.21	18.08	15.03	11.98	10.17	5.54
1.70V/cell	132.54	98.76	72.43	59.89	36.95	27.34	18.64	15.59	12.32	10.43	5.60
1.65V/cell	137.97	102.60	75.03	62.15	37.97	28.14	18.98	15.82	12.54	10.55	5.66
1.60V/cell	149.49	109.83	80.56	65.99	39.44	29.27	19.66	16.27	12.77	10.77	5.74

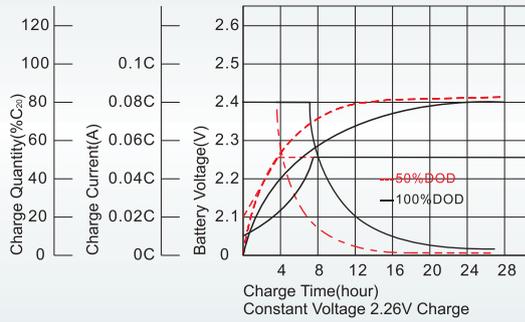
Constant-current discharge parameter Unit: W (25°C)

F.V/Time	20min	30min	45min	1h	2h	3h	5h	6h	8h	10h	20h
1.80V/cell	206.78	160.00	121.47	102.49	63.95	48.47	34.24	28.70	23.05	19.89	10.81
1.75V/cell	229.83	174.46	130.40	109.04	67.57	51.07	35.48	29.72	23.73	20.23	11.02
1.70V/cell	244.97	185.20	137.51	114.80	71.30	52.99	36.50	30.62	24.41	20.68	11.14
1.65V/cell	252.09	190.40	141.36	118.42	72.77	54.46	37.06	31.07	24.75	20.90	11.24
1.60V/cell	270.17	201.92	150.73	125.08	75.37	56.38	38.19	31.75	25.08	21.36	11.41

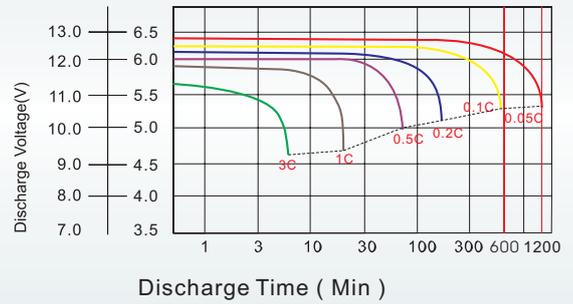


6-GFM(G)-100Ah Gel Battery Specification

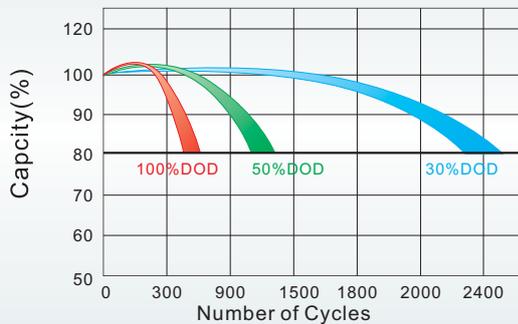
Charge Characteristics for Float Use @ 25°C/77°F



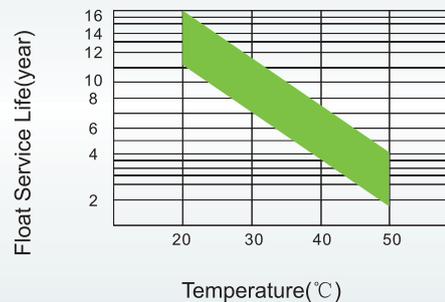
Discharge Characteristics at Various Rates @ 25°C/77°F



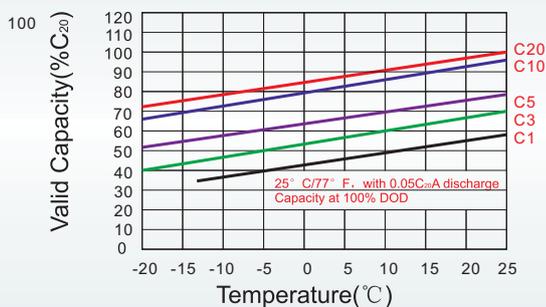
Cycle Life in Relation to Depth of Discharge



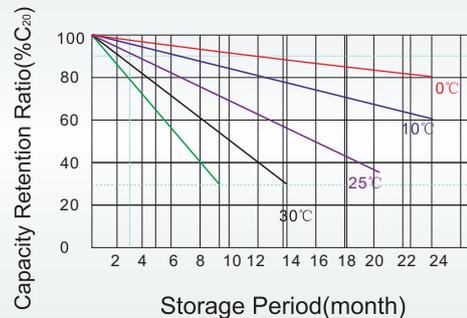
Float Service Life



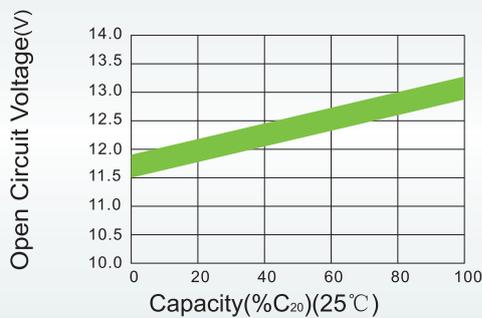
Temperature and Valid Capacity



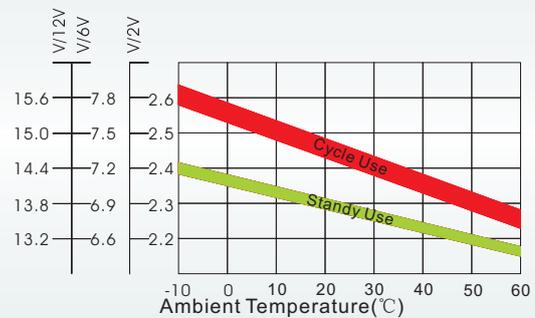
Self Discharge Characteristics



Capacity and Open Circuit Voltage



Relationship between Charging Voltage and Temperature



EDITION 2014