

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

TEMA DE LA INVESTIGACIÓN

“Diseño de una microrred eléctrica para la Isla San Lucas con energía renovable”

**Trabajo final de graduación para optar por el grado de Bachillerato en Ingeniería
Electromecánica**

AUTORA

Daniela Acuña Álvarez

TUTOR

Álvaro Rojas Camacho

Sede Aranjuez

Año 2019

Contenido

Dedicatoria y agradecimiento.....	9
Resumen	10
CAPÍTULO I.....	11
INTRODUCCIÓN.....	11
Planteamiento del problema	13
Objetivo general	13
Objetivos específicos.....	13
Justificación.....	14
Proyecciones.....	15
CAPÍTULO II.....	16
MARCO DE REFERENCIA	16
Antecedentes.....	17
Antecedente N°1	17
Antecedente N°2.....	18
Antecedente N°3	19
Antecedente N°4.....	21
Antecedente N°5	22
Limitaciones	23
Marco teórico.....	24
Smart grid	24
Diferencias entre Smart Grids y redes eléctricas convencionales.....	25
Arquitectura de una micro red.....	27
Ventajas y desventajas de las microrredes	27

Energía solar fotovoltaica.....	29
Sistema fotovoltaico autónomo (Off Grid).....	29
Sistema conectado a la red (On Grid).....	30
Componentes de un sistema solar fotovoltaico.	30
Hora solar pico (HSP)	32
Inversores fotovoltaicos.....	33
¿Cómo funciona un inversor solar?	33
Funciones principales del inversor fotovoltaico.....	34
Generación fotovoltaica.....	35
Celdas de combustible	35
Generador diésel	40
Baterías de ion-litio	42
Baterías de plomo-ácido (Pb-Ácido)	43
CAPÍTULO III	46
MARCO	46
METODOLÓGICO.....	46
Enfoque de la investigación.....	47
Método de investigación.....	47
Fuentes de información	48
Variables de Análisis	48
Instrumentos:	48
Proceso de recolección y análisis de datos	48
I Etapa: Planteamiento del problema.....	49

II Etapa: Investigación.....	49
III Etapa: Desarrollo	49
IV Etapa: Conclusiones	49
V Etapa: Propuesta	49
CAPÍTULO IV	51
DIAGNÓSTICO.....	51
Consumo eléctrico	55
Diseño de un sistema off grid.....	62
Niveles de brillo solar.....	62
Caseta guarda.....	66
Cálculo de número de paneles fotovoltaicos 370W.	66
Dimensionamiento de las baterías.	67
Cálculo del inversor.....	68
Selección regulador.	69
Ángulo de inclinación.....	69
Casa guarda parques	70
Dimensionamiento de las baterías.	71
Dimensionamiento, consumo y vida útil de la celda de combustible.....	72
Cálculo del inversor.....	75
Selección regulador.	75
Selección de cableado y protecciones	76
Conductor en corriente DC.....	77
Conductor en corriente alterna AC.....	77

Iluminación vía pública y muelle	78
Determinación de costo de la inversión inicial.....	80
Proyección de costos para un periodo de 25 años	82
CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	85
Conclusiones.....	86
Recomendaciones	89
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	90
Diagramas unifilares.....	93
Bibliografía.....	94
Apéndices	96
Apéndice A. Fichas técnicas panel solar de 370 W	96
Apéndice B. Fichas técnicas regulador 250/85	98
Apéndice C. Ficha técnica controlador MPPT 150/35	99
Apéndice D. Ficha técnica inversor 500W	100
Apéndice E. Ficha técnica de inversor cargador 5000 W.....	101
.....	101
Apéndice F. Ficha técnica batería ion-litio 180Ah y 24V	103
Apéndice G. Ficha técnica alumbrado público con sistema fotovoltaico incorporado	105
Apéndice H. Celda de combustible	106
Apéndice I. Tanque combustible	107
Apéndice J. Ficha técnica Combiner box	108
.....	109
Apéndice K. Combiner box	110

Figuras

Figura 1. Smart grid.....	25
Figura 2. Inversor fotovoltaico	35
Figura 3. Componente celda de combustible.....	36
Figura 4. Pilas de metanol directo.	37
Figura 5. Pilas de metanol directo.....	37
Figura 6. Comparación de generador diésel versus sistema celda de combustible....	42
Figura 7. Vida útil batería litio	43
Figura 8. Vida útil batería plomo-ácido	44
Figura 9. Ubicación satelital isla San Lucas.....	52
Figura 10. Ubicación satelital antigua cárcel, isla San Lucas	53
Figura 11. Casa principal.....	56
Figura 12. Vista perfil izquierdo de la casa principal, guarda parques	57
Figura 13. Tablero de control.....	57
Figura 14. Baterías	58
Figura 15. Antigua lavandería.....	59
Figura 16. Pabellones de celdas	59
Figura 17. Calabozos de finales del siglo XIX.....	59
Figura 18. Comandancia construida en 1927	59
Figura 19. Dispensario.....	59
Figura 20. embarcaciones Muelle Puntarenas	60
Figura 21. Muelle Isla.....	60
Figura 22. Diagrama caseta de guardas.....	70
Figura 23. Diagrama casa principal	76
Figura 24. Sistema de iluminación público	79
Figura 25. Vista frontal distribución de las lámparas	79

Figura 26. Alumbrado muelle.....	80
Figura 27.Diagrama casa	93
Figura 28.Diagrama caseta.....	93

Tablas

Tabla 1. Características que diferencian las Smart Grids y las redes eléctricas convencionales	26
Tabla 2. Características de cada tipo de pilas o celdas de combustible	40
Tabla 3. Comparación de características de baterías	45
Tabla 4. Estimación del consumo del consumo mensual de la casa principal en la isla San Lucas	55
Tabla 5. Estimación del consumo mensual de caseta de guarda	56
Tabla 6. Radiación mensual de la estación de Puntarenas	63
Tabla 7. Promedio de radiación del 2016-2018	63
Tabla 8. Brillo solar (HSP)	65
Tabla 9. Promedio en meses de radiación solar (MJ/m ²)	66
Tabla 10. Nuevo consumo de la casa de guarda parques	71
Tabla 11. Potencia generada vs potencia demandada para la casa	73
Tabla 12. Horas de operación y consumo de celda de combustible	75
Tabla 13. Costo inicial caseta	81
Tabla 14. Costo inversión casa principal	82
Tabla 15. Inversión total proyecto	82
Tabla 16. Costos operativos	83

Dedicatoria y agradecimiento

En primer lugar, quiero agradecer a Dios, por cada una de sus bendiciones y por haberme permitido llegar hasta donde estoy, acompañándome en cada uno de mis pasos y permitiéndome crecer tanto en el ámbito personal como en lo académico.

Agradezco a mis padres, quienes han sido excelentes promotores e impulsores de todo lo que me propongo, por estar siempre para mí, apoyándome y acompañándome en todos mis proyectos; además, agradezco todo su esfuerzo para darme la oportunidad de estudiar y enseñarme a mantener la vista en el camino, disfrutando de las adversidades como excelentes oportunidades para aprender y que todo aquello que se cree con firmeza se puede ver y concretar.

A todos aquellos de los que he recibido apoyo, ayuda y experiencia, por haberme permitido culminar esta etapa de mis estudios profesionales, formando parte de un proyecto personal.

Resumen

El presente proyecto de graduación tiene como objetivo presentar la posibilidad de implementar un sistema fotovoltaico autónomo para alimentar los consumos de la isla San Lucas, ubicada en la provincia de Puntarenas, por medio de fuentes renovables para la generación de energía útil, permitiendo que la radiación solar sea útil para generar energía eléctrica.

La opción de energías renovables ofrece una alternativa para lograr un desarrollo social y la energía obtenida de paneles fotovoltaicos, en específico de la irradiación del sol, se plantea como ayuda para minimizar el consumo energético de casas y edificios. Por su parte, la radiación solar percibida en Puntarenas permite el desarrollo de sistemas eléctricos utilizando energía solar; a través de la captación de la radiación en equipos fotovoltaicos que transforman la energía solar en energía eléctrica.

Se analizó sobre la energía solar y datos sobre la radiación solar (MJ/m^2) de la zona suministrados por el Instituto Meteorológico Nacional (IMN), los cuales se usaron como base para el dimensionamiento y justificación de los componentes de una instalación solar fotovoltaica autónoma, así como algunas de las características generales de estos.

Para lograr lo anterior, se efectúan diversos escenarios con el fin de determinar la rentabilidad de cada uno de ellos y la inversión de implementar un sistema fotovoltaico aislado; se hizo primero una descripción del método para generar electricidad por medio de paneles solares y funcionamiento de cada dispositivo, como lo son un subsistema de captación de energía (paneles solares), subsistema de acumulación o almacenaje de energía (baterías), subsistema de regulación (regulador de carga y descarga), así como el subsistema de acondicionamiento de potencia (inversor).

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El estudio de sistemas de generación distribuida de energía eléctrica es en la actualidad uno de los campos en los que se están invirtiendo los mayores esfuerzos, tanto en recursos humanos como financieros. Esto ha dado lugar a implementar microrredes eléctricas, las cuales son sistemas de almacenamiento de energía que pueden ser conectados tanto a la red pública de distribución como aisladas de la misma, permitiendo una mayor calidad del suministro, un mayor ahorro y una menor dependencia de la red de distribución, ya que se controla más el consumo y se optimizan los elementos del sistema.

Una microrred implica también utilizar la energía de forma descentralizada, lo que reduce la dependencia hacia la red de distribución eléctrica convencional. Ello también permite llevar energía eléctrica donde antes era inviable, funcionando en islas o zonas aisladas, independiente de la red. La generación de energía eléctrica basada en energías renovables está tomando cada vez más importancia, interés y necesidad, con la cual se busca disminuir el impacto ambiental.

Debido a las condiciones geográficas de la isla San Lucas, las microrredes representan una solución a este problema, tomando en cuenta la abundancia de recursos que existen para generar energía renovable. Para ello se pueden implementar paneles fotovoltaicos, los cuales son un tipo de panel solar, su función es transformar la energía solar en electricidad. Así como celdas de combustible que, a diferencia de otros combustibles fósiles, estas no ocasionan contaminación, generando agua, energía eléctrica y calor, usando como combustible el hidrógeno y oxígeno como oxidante, el cual es extraído del aire.

Debido al agotamiento de las reservas de los combustibles fósiles, se hace necesario el desarrollo de fuentes alternativas limpias y la manera de almacenar estas energías, utilizando baterías con energías específicas elevadas y de larga vida, como las baterías de ion-litio, las cuales son un dispositivo diseñado para almacenamiento de energía eléctrica; que emplea como electrolito una sal de litio que consigue los iones necesarios para la reacción electroquímica reversible que tiene lugar entre el cátodo y el ánodo.

Planteamiento del problema

¿Cuál es el mejor diseño de una microrred eléctrica para suministrar electricidad a la isla San Lucas utilizando fuentes de energía renovable?

Objetivo general

Diseñar una microrred eléctrica para suministrar electricidad a la isla San Lucas utilizando fuentes de energía renovable.

Objetivos específicos

- Realizar un estudio de las condiciones climáticas de la isla San Lucas donde se desarrollará el proyecto, para determinar con qué tipo de energía es más adecuado trabajar, evaluando los recursos energéticos renovables de la zona.
- Determinar la ubicación y potencia de las cargas por medio de estudios de consumo.
- Seleccionar el tipo y cantidad de equipos por utilizar, para satisfacer las necesidades energéticas por medio de estudios y comparación de características técnicas y costos de los equipos disponibles.
- Realizar el análisis financiero de la implementación de la microrred en la isla con energía renovable para evaluar la rentabilidad.

Justificación

La isla San Lucas es objeto de historia y misterio, está ubicada frente a la costa del Pacífico de Costa Rica, en la parte media del Golfo de Nicoya a 8 km de Puntarenas; esta funcionó como cárcel entre los años 1873 y 1991, donde se albergaba, en un principio, a los “políticos indeseables” y luego a los delincuentes más violentos del país. Fue declarada como Patrimonio Arquitectónico de la provincia de Puntarenas en el año 1995 (Salazar, 2018).

Ahora busca crecer como destino turístico, dando a conocer la historia de la cárcel, las condiciones inhumanas y de tortura que enfrentaban los reos, además de la riqueza natural que la rodea. Posee sitios arqueológicos indígenas, una enorme biodiversidad, así como exuberantes playas donde existió el interés de construir complejos hoteleros. También está prevista la reconstrucción del muelle y la edificación de un centro de educación ambiental para los turistas, servicios sanitarios y una planta de tratamiento de agua.

El sitio aún no es del todo apto para recibir visitantes, por lo que hay en marcha proyectos para restaurar las instalaciones del antiguo penal que se encuentran muy deterioradas por el paso de los años. Asimismo, se busca la generación de áreas de desarrollo turístico sostenible dentro del Refugio de Vida Silvestre “Isla San Lucas”, protegiendo los recursos naturales de la isla. La iniciativa promovería el desarrollo en la zona generando empleos y actividades comerciales para los habitantes de las islas del Golfo de Nicoya y en general del cantón Central de Puntarenas.

Con las obras concluidas se prevé que San Lucas tendrá mejores condiciones para recibir a un máximo de 800 turistas por día. Ahora se plantea desarrollar el proyecto de diseñar un microrred eléctrica basada en energía renovable para suministrar electricidad a la isla. La cual tendrá la capacidad de brindar el suministro eléctrico en la cantidad requerida, en el momento que se necesite y con calidad adecuada.

Las fuentes renovables son fuentes de energía limpia, inagotable y crecientemente competitiva, una gran alternativa sostenible para generar electricidad. Utilizadas para reemplazar combustibles fósiles generando energía de forma amigable con el ambiente, sobre todo, porque no producen

gases de efecto invernadero, causantes del cambio climático ni emisiones contaminantes. Este cambio puede hacer una contribución significativa al aumento de la seguridad energética mundial y trae muchos beneficios para los países que han optado por esta opción.

Proyecciones

Al dar por finalizado el proyecto, se entregará una guía con la información necesaria para implementar el sistema de una microrred eléctrica con energías renovables, para ello se entregará un disco compacto con el diagrama unifilar con la configuración del sistema final, donde se mostrará la colocación de los paneles solares en las áreas seleccionadas; una memoria de cálculo para desarrollar dicho proyecto, donde se incluirán todos los cálculos realizados para la toma de decisiones, así como un análisis financiero con el que se podrá evaluar el precio de los paneles y la cantidad de paneles que se podrán colocar en la isla San Lucas, teniendo en cuenta el espacio disponible para la implementación de la microrred con paneles solares.

Se entregarán presupuestos de diferentes empresas con los materiales necesarios para llevar a cabo el proyecto del diseño de una microrred eléctrica con energía renovable, así como un análisis que contemple ahorros y ofertas de mercado.

La predicción del consumo de electricidad y su distribución debe proyectar la magnitud y ubicación de las cargas, logrando una mejor estimación de demanda. Para el desarrollo del proyecto, una vez se tiene el conocimiento de la demanda de energía de la zona, se identificarán las fuentes renovables con mayor potencial de aprovechamiento, para esto comprende un análisis inicial de la disponibilidad de los recursos solar y eólico en la zona.

Además de realizar un análisis del sistema de iluminación con paneles fotovoltaicos, para lo cual se estudiará la eficiencia energética, la irradiación, las condiciones ambientales para la instalación de sistemas solares en la isla San Lucas y determinación de la energía consumida.

CAPÍTULO II

MARCO DE REFERENCIA

Antecedentes

Antecedente N°1

Crisis energética en el 2018, la ONU medio ambiente, publicado por el periódico digital de Costa Rica Noticias: el Instituto Costarricense de Electricidad dio a conocer un informe de las tendencias globales en la inversión en energías renovables del 2018. Donde se expone que Costa Rica vive una crisis energética, causante de apagones y racionamiento. Los costos para el país son enormes, tanto en pérdidas para los usuarios de este servicio como para atraer inversiones.

Los costarricenses se enfrentan al encarecimiento de la energía eléctrica. Aunque con los años ha ido disminuyendo con la implementación de energías renovables. Para el 2016, el 74,35% de la electricidad fue producida con energía hidroeléctrica, seguida de la geotérmica con 12,74%; la eólica con 10,30% y la térmica con 1,88%, la energía solar es menor, con un 0,01%. Según datos del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) (2017).

Con la generación distribuida, la producción eléctrica está localizada cerca de los centros de consumo y conectada a un circuito que conforma una isla, denominada microrred, que a su vez se podría conectar a otras islas. Esto presenta ventajas para las comunidades y también para la red de distribución, ya que tener muchas centrales pequeñas hace que la red sea más resiliente y estable. En una microrred es posible priorizar el consumo interno y suplir el déficit de las redes vecinas con los excedentes. Así, una falla afecta solamente a la microrred y no al resto del sistema; si las islas vecinas tienen capacidad disponible, pueden suministrar el déficit ocasionado por la falla.

El incremento de la demanda eléctrica, así como requerimientos de calidad de suministro cada vez más exigentes han obligado a que lentamente se avance hacia un nuevo concepto de red eléctrica, la cual da lugar a las microrredes eléctricas, estas son sistemas pequeños e independientes. El crecimiento de las inversiones se concentra principalmente en el sector eléctrico, como la generación de energía fotovoltaica y la generación eólica.

Así nace el proyecto de implementar una microrred en la isla San Lucas, ubicada en Puntarenas, donde se analizarán los datos eólicos y solares de la zona, para realizar el diseño y dimensionamiento de la microrred que abastecerá eléctricamente a la isla.

Antecedente N°2

La Universidad de Costa Rica en el año 2017 realizó un estudio sobre la integración de energía solar en el esquema energético costarricense. En la cual la Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Costa Rica (UCR) está aportando conocimiento técnico y científico que permitirá a las empresas distribuidoras de electricidad y a las autoridades, avanzar hacia la integración de la energía solar en el esquema energético costarricense.

Los especialistas en sistemas de potencia de la Escuela de Ingeniería Eléctrica desarrollaron una serie de herramientas computacionales que sirven para evaluar la capacidad de las redes eléctricas y predecir el impacto de la generación distribuida en ellas.

La generación de electricidad con paneles solares y otras fuentes renovables es una actividad relativamente nueva en el país. Está regulada desde febrero del 2016 en el *Reglamento de generación distribuida para autoconsumo con fuentes renovables* del Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

Para su implementación, en marzo del 2016 la Autoridad Reguladora de los Servicios Públicos (Aresep) aprobó las tarifas para que los pequeños generadores eléctricos accedan a las redes públicas. Sin embargo, aún existen muchos vacíos de información tanto para los consumidores como para las empresas distribuidoras.

Utilizando datos de consumo mensual de energía y localización geográfica de los usuarios también han creado herramientas para determinar si es viable para los consumidores instalar paneles fotovoltaicos, determinar el tamaño de la instalación y el perfil de generación correspondiente para cada cliente. Los cuales se han elaborado a medida para Costa Rica, lo que implica que trabajará con procedimientos estandarizados.

Costa Rica está haciendo importantes esfuerzos para seguir diversificando su matriz con otras tecnologías de generación renovable. Con especial importancia la energía solar fotovoltaica. En junio de 2013, el país firmó un convenio con China para la financiación con más de 30 millones de dólares de 50000 paneles solares. Muchos de estos paneles están destinados a la instalación en zonas rurales y aldeas más aisladas, donde es difícil hacer llegar la electrificación por otros medios.

El Programa Piloto de Generación Distribuida con Autoconsumo con Energías Renovables es una de las iniciativas para facilitar la penetración de la energía solar fotovoltaica en la matriz energética del país. Tiene la intención de analizar las nuevas tecnologías de generación a pequeña escala y su efecto en las redes de distribución, con el propósito de diseñar posteriormente programas de desarrollo de la generación distribuida usando fuentes renovables y establecer los ajustes adecuados al sistema eléctrico y al marco tarifario y regulatorio.

El costo de los sistemas de generación será asumido, en su totalidad, por el cliente eléctrico que participe, voluntariamente, en este plan piloto, el cual será propietario del sistema de generación que instale y de los créditos de carbono que este genere.

Antecedente N°3

En el 2013 fue presentado un informe sobre la situación de Centroamérica en relación con la energía renovable, la cual fue expuesta por Adam Dolezal, Ana María Majano, Alexander Ochs y Ramón Palencia.

La Ruta hacia el Futuro para la Energía Renovable en Centroamérica” se concentra en el estatus de las tecnologías de energía renovable en Centroamérica y analiza las condiciones para su desarrollo en el futuro. Identifica importantes brechas de conocimiento e información y evalúa barreras clave tanto de finanzas como de políticas, además de hacer sugerencias sobre cómo superarlas.

Por su parte, la Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica (AEA) ha apoyado a los países centroamericanos contribuyendo a su desarrollo sostenible, alivio de la pobreza y mitigación

del cambio climático. La AEA fue lanzada con el apoyo del Ministerio de Asuntos Exteriores de Finlandia y en coordinación con la Secretaría General del Sistema de Integración Centroamericana (SICA) y la Comisión Centroamericana sobre Ambiente y Desarrollo (CCAD). La incorporación de la Cooperación Austríaca para el Desarrollo en 2007 y la Unión Europea en 2010 han fortalecido este esfuerzo. Los países participantes de Centroamérica incluyen a Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua, Panamá, y República Dominicana.

Los esfuerzos de la AEA se orientan hacia el objetivo de promover el desarrollo sostenible en la región mediante un mejor acceso a servicios modernos, confiables y asequibles de energía, mayor seguridad energética y la reducción de impactos ambientales negativos, contribuyendo así a reducir la pobreza y disminuir los efectos del cambio climático en el sector energético.

Centroamérica se encuentra en una encrucijada. Conforme las economías de Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá se expanden, el uso regional de combustibles fósiles para el transporte y la electricidad va en aumento, mientras que el uso de leña, principalmente para cocinar, continúa siendo insosteniblemente alto. El precio de esto es el aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero, el empeoramiento de la contaminación del aire y el agua, así como significativos costos sociales y de salud.

Los países centroamericanos se han comprometido en diferentes grados con el desarrollo de energía sostenible. Costa Rica, por ejemplo, va a la cabeza del mundo en su ambición de ser Carbono neutral para 2021, con la energía como un elemento importante. La región, que por mucho tiempo ha sido un precursor en energía hidroeléctrica y energía geotérmica, está explorando su potencial para expandir estas tecnologías de una forma más sostenible, mientras también desarrolla otros recursos de energía renovable, tales como la energía eólica, la energía solar, los biocombustibles y los desechos agrícolas.

La energía renovable tendrá que desempeñar un papel clave en sostener el desarrollo económico y humano en Centroamérica. En toda la región, una cifra estimada de 7 millones de personas tiene acceso limitado o no tiene acceso a los servicios de electricidad. Las fuentes renovables son la

única solución convincente para proporcionar a las comunidades sub-atendidas que están lejos de las redes existentes un acceso a los servicios modernos de energía.

Los países de Centroamérica dependen cada vez más de combustibles fósiles importados que ahora representan el 45% del uso de energía primaria y el 70% del uso de energía secundaria en la región. Esto tiene un alto precio económico, social y ambiental, incluyendo el clima global. Las fuentes renovables pueden reducir esta creciente tendencia de los combustibles fósiles, fomentar la seguridad energética nacional y regional, así como desempeñar un importante papel en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero a nivel regional.

Antecedente N°4

En la Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, en el 2008 se presenta un diseño de un sistema solar fotovoltaico aislado, para el suministro de energía eléctrica a la comunidad rural Buena Vista, San Marcos, por Carmencita de los Ángeles Joaquín Barrios como trabajo de graduación.

El estudio de la investigación se basa en impulsar a los países a utilizar las fuentes renovables para la generación o transformación de la energía, en este caso se enfoca en Guatemala, y aprovechar los recursos naturales que posee, mayormente se utilizaba la energía hidráulica, seguida de la radiación solar, la cual es útil para generar energía eléctrica. La radiación solar percibida en Guatemala permite el desarrollo de sistemas eléctricos utilizando energía solar; a través de la captación de la radiación en equipos fotovoltaicos que transforman la energía solar en módulos fotovoltaicos.

En este proyecto se diseñaron dos sistemas de energía solar fotovoltaica para suministrarle energía eléctrica a una comunidad en el área rural del municipio de Esquipulas Palo Gordo, perteneciente al departamento de San Marcos, llamada Buena Vista, esto con el propósito de impulsar el uso de fuentes renovables y solucionar el problema de suministro de energía eléctrica con un sistema aislado individual en una comunidad rural.

Se diseñaron dos sistemas fotovoltaicos individuales, donde se especificó el consumo eléctrico, en el cual el sistema de usuario tipo 1 tiene menor consumo que el sistema de usuario tipo 2. En donde existen dos tipos de usuarios, uno donde las familias tienen mayores posibilidades económicas, por lo que tienen acceso a entretenimientos, por lo tanto, el consumo aumenta. Es por esa razón que, a partir del consumo eléctrico, se dimensionan los sistemas.

El sistema fotovoltaico del usuario tipo 1 tiene una capacidad de acumulación menor al sistema fotovoltaico del usuario tipo 2, debido a que este último genera mayor energía, por lo que se utilizarán dos baterías de 12 voltios, con capacidad de 200 Ah C10, cada una, mientras que el primero utilizará una batería.

Dichos sistemas están integrados por un subsistema de captación de energía (módulos fotovoltaicos), subsistema de acumulación o almacenaje de energía (acumuladores o baterías), subsistema de regulación (regulador de carga y descarga), subsistema de acondicionamiento de potencia (inversor) y el cableado y transporte de la energía entre los diferentes subsistemas, así como a los receptores (consumo).

Antecedente N°5

En la Universidad Politécnica Salesian, en abril del 2014, fue presentado un diseño e implementación de un sistema de energía solar en la comuna Puerto Roma de la Isla Mondragón del Golfo de Guayaquil, provincia de Guayas. Fue realizado por Gustavo Guillermo Gonzales Peñafiel, Juan Carlos Zambrano Manosalvas y Edison Fabricio Estrada Pulgar, como requisito para la obtención del título de ingeniero eléctrico.

Puerto Roma consta de 118 familias y está ubicada a 90 minutos de la ciudad por vía fluvial a la Isla Mondragón. La tesis se basa en la aplicación de un diseño de sistema de energía renovable que incluye el estudio de cargas de iluminación más efectivas. Para ello se realizó previamente un estudio de energía eólica, con el cual se demostró que no es factible la instalación de este sistema debido a la poca velocidad del viento, lo que no ayudaría al movimiento de las hélices, así como los elevados costos. Por lo que decidieron implementar paneles solares para suministrar energía eléctrica y con eso cubrir las necesidades básicas del lugar, ya que no cuentan con agua potable,

teléfono, alcantarillado y, principalmente, energía eléctrica, y así contar con iluminación durante las noches, lo que les permitirá resolver emergencias que se presenten.

Al ser un lugar aislado y un poco alejado del centro, es complicado construir una red de distribución eléctrica para suplir el servicio eléctrico, debido al alto costo de la inversión; por ese motivo decidieron implementar un sistema de energía renovable para mejorar la calidad de vida de la población, ya que contaban con un generador de diésel y el sistema era deficiente, además, no contaban con un servicio de energía continuo.

Limitaciones

La isla San Lucas, declarada como refugio nacional, se ubica en el golfo de Nicoya, por lo cual se tiene difícil acceso a la zona para estar realizando visitas constantemente, ya que posee áreas protegidas y solo se puede ingresar con guías turísticos con debidos permisos y reservar visitas. Otra limitante es la dificultad para obtener información sobre planos y consumos energéticos, debido a que el centro penitenciario dejó de funcionar hace muchos años y la infraestructura es antigua, no se tiene esa información y ninguna institución cuenta con ella.

Además, otra limitación es la poca oferta de equipos de generación con celda de combustible en el mercado, especialmente con combustible de metanol, por lo que se dificultó la recolección de datos y cotizaciones de esta, así como del combustible.

Marco teórico

Smart grid

Una Smart grid o red eléctrica inteligente se basa en combinar las tecnologías de información y comunicación con la automatización y control desde la generación de la energía, el transporte y distribución, el almacenamiento eléctrico, hasta el consumo de la energía para conseguir lo que se denomina también redes eléctricas inteligentes.

El fin de una Smart Grid es conseguir un suministro eléctrico más fiable, un servicio de mayor calidad, así como más eficiente, seguro y sostenible. La aportación de inteligencia en toda la red permite un intercambio de datos entre las empresas distribuidoras de electricidad, los proveedores de nuevos servicios y los usuarios finales. Así las Smart Grids permiten nuevos servicios y funcionalidades en la red inteligente de electricidad, así como equilibrar mejor la oferta y la demanda entre productores y consumidores (Smart grid info, s.f.).

Primero y para entender bien de qué se habla, se debe comprender que un sistema de distribución eléctrica es todo el sistema compuesto por conductores eléctricos, torres de alta tensión, equipos de control y maniobra que, en su conjunto, logran que casas, oficinas e industrias tengan acceso a electricidad. Las redes inteligentes buscan que, en este conjunto, se utilicen tecnologías inteligentes, como medidores bidireccionales, para ser empleados en sistemas de generación propia.

Un sistema que también se encuentra en el grupo de Smart Grid son las baterías de acumulación. Estas complementan a un sistema de generación descentralizada (Weno work, 2017).

Las microrredes mejoran el rendimiento medioambiental y la fiabilidad de la energía. Una microrred es menor que una red eléctrica convencional y está diseñada para funcionar de forma autónoma o en sincronización con una red nacional dentro de un área claramente definida. Una microrred es un componente de la red inteligente, la cual forma parte de la red de distribución pudiendo, a su vez, autoabastecerse y funcionar de forma independiente.

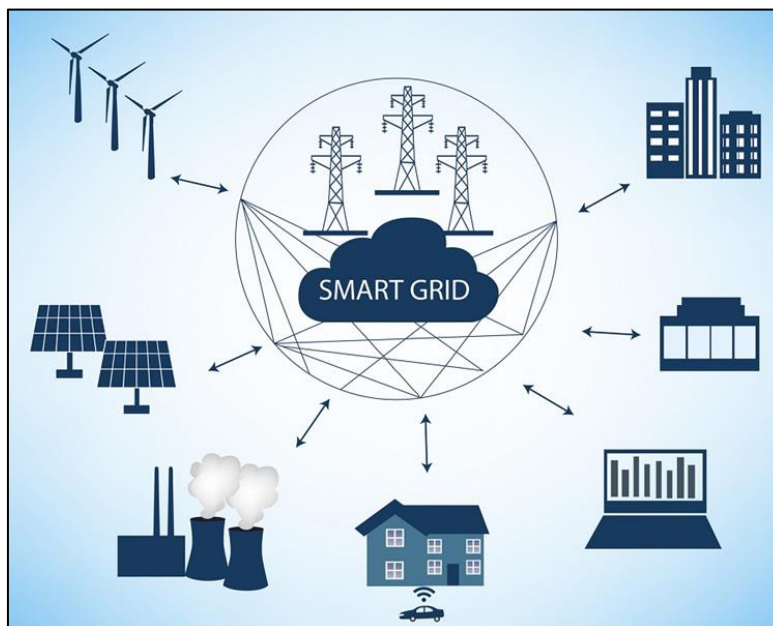


Figura 1. Smart grid

Fuente: Novelec (2017).

Diferencias entre Smart Grids y redes eléctricas convencionales.

Las Smart Grids (redes eléctricas inteligentes) suponen una mejora respecto a las redes eléctricas convencionales desde diferentes puntos de vista. Las redes eléctricas convencionales no poseen comunicaciones entre los suministros y los centros de control. En el futuro estas comunicaciones serán bidireccionales facilitando una interacción generalizada en tiempo real con los consumidores, los cuales dispondrán de medidores de energía digitales.

El elevado nivel de automatización permitirá un diagnóstico del estado de los diferentes componentes de la red, permitiendo mejorar las prácticas de operación y mantenimiento. La penetración masiva de nuevas fuentes de generación eléctrica distribuida hará necesario el control de los flujos de potencia en tiempo real, lo cual llevará a mejorar los niveles de utilización de los componentes de la red. Finalmente, nuevos sistemas de protección, junto con estructuras malladas en redes de distribución, aumentarán la fiabilidad de suministro y reducirán los tiempos de indisponibilidad en caso de fallo o avería.

Elemento básico	Red existente	Red inteligente
Comunicaciones	Ninguna o uni-direccional del generador al cliente	Bi-direccional
Interacción con los consumidores	Limitada	Generalizada
Medidores de energía	Electromecánico	Digital
Operación y mantenimiento	Chequeo manual de equipos	Monitorización a distancia
Generación de electricidad	Centralizada	Centralizada y distribuida
Control de flujos de energía	Limitado	Generalizado y flexible
Fiabilidad de suministro	Fallos e interrupciones	Protecciones adaptativas y funcionamiento en isla
Restablecimiento del suministro	Manual	Auto-restablecimiento
Topología	Radial	Mallada

Tabla 1. Características que diferencian las Smart grids y las redes eléctricas convencionales

Los principales elementos de los que consta una microrred son:

- **Sistemas de generación:** los generadores empleados en una micro red con asiduidad se desmarcan del uso de fuentes convencionales, integrando fuentes renovables. Estos pueden ser de diversos tipos, tales como el empleo de células fotovoltaicas, aerogeneradores, generadores diésel, etc.

- Cargas: dispositivos conectados a la microrred, los cuales requieren ser provistos de energía eléctrica o calorífica para su funcionamiento.
- Sistemas de almacenamiento de energía: consiste en elementos que permiten almacenar energía en diversas formas, para luego hacer uso de esta cuando se requiera, dotando de una mayor estabilidad al sistema.

Arquitectura de una micro red

Una microrred consta básicamente de generación distribuida, almacenamiento distribuido y consumo. Todos estos elementos conectados tanto a circuitos eléctricos como de calor y de comunicación, cada uno de estos elementos de la red es denominado *agente de la microrred*. Mediante el empleo de un micro procesador se permite dotar a cada uno de los agentes con cierto grado de inteligencia permitiendo establecer interacciones (Ducoy, s.f.).

Ventajas y desventajas de las microrredes

Las microrredes presentan un futuro muy prometedor para la industria de la energía eléctrica en aspectos como:

- Mejora de la calidad de suministro: la tecnología ofrece múltiples factores que garantizan una sustancial mejora en la calidad y estabilidad del suministro. Algunos de los mismos son la descentralización y desfragmentación del suministro, la menor discrepancia entre la generación y consumo o la mitigación de los efectos producidos por las líneas de transporte.
- Podrían funcionar tanto conectados a la red pública de distribución como aislados de la misma.
- Cercanía de la ubicación de las fuentes de generación y el aprovechamiento en red de los diversos sistemas de energía y calor aumentan considerablemente la eficiencia energética del conjunto.

- Incremento de eficiencia y del ahorro económico: la proximidad entre generación y consumo permite desarrollar procesos a partir de los cuales aprovechar el “calor inútil” incrementando la eficiencia hasta valores cercanos a un 80% en comparación con el 40% de los sistemas convencionales. Ese fuerte incremento de la eficiencia ligado a la disminución de inversión en transporte y distribución propician una significativa y notoria reducción en materia de costes. Incluso los consumidores que no disfrutaban de las ventajas directas de las microrredes también podrán beneficiarse de estos sistemas. Se debe a que un aumento en el uso de estas supondrá una reducción de costes de energía, debido a la reducción de la demanda pico en la red de distribución.
- La red pública se beneficiaría también de estas microrredes, ya que apoyarían su operación en caso de fallo.
- Las microrredes utilizan menos energía que los sistemas actuales de generación y distribución centralizada.
- Disminución del impacto ambiental: el desarrollo, gestión y operación de las microrredes lleva asociado consigo una disminución del impacto ambiental en comparación con el sistema convencional. La disminución de procesos de combustión y su mayor control implica de manera directa una disminución de las emisiones gaseosas ayudando a combatir el calentamiento global. Todo ello se ve reflejado por la preocupación de los usuarios en hacer un solo responsable de la energía, al existir una proximidad física entre las fuentes de generación y los clientes.

Pero las microrredes también tienen inconvenientes, tales como:

- Ausencia de regulación: el incipiente desarrollo de las microrredes supone un área demasiado inexplorada, por lo que no existe una regulación estricta en materia de operación y protección.

- Implementos ilegales: la inserción de nuevas fuentes de generación y la transformación del sistema eléctrico tradicional supone un marco en el que gobiernos futuros deben hacer hincapié, ya que en muchos países existe un vacío o barreras legales impuestas por el monopolio eléctrico.
- Al tratarse de una tecnología que todavía no está implantada en los mercados, resultan sistemas energéticos excesivamente caros.
- Dificultades técnicas: la falta de experiencia técnica en el control de un gran número de fuentes de generación supone un punto débil.

Energía solar fotovoltaica

La energía solar fotovoltaica es la conversión directa de la energía contenida en la radiación solar en energía eléctrica, sin la producción de humos ni ruidos (Colmear, Borges y Collado, 2016).

Los sistemas fotovoltaicos se basan en la capacidad de las celdas fotovoltaicas de transformar energía solar en energía eléctrica (DC). En un sistema conectado a la red eléctrica, esta energía, mediante el uso de un inversor, es transformada a corriente alterna (AC), la cual puede ser utilizada en hogares e industrias y se almacena en acumuladores, para que pueda ser utilizada fuera de las horas de luz. Los módulos fotovoltaicos admiten tanto radiación directa como difusa, pudiendo generar energía eléctrica incluso en días nublados (Garciglia).

La radiación solar incide sobre la tierra en forma de fotones, las cuales son partículas en forma de energía. La conversión se realiza mediante la exposición al sol de materiales semiconductores cristalinos en los cuales la acción de los fotones produce una diferencia de potencial eléctrico, Si luego se conecta un conductor entre las caras del material semiconductor, el conjunto de electrones circulará por el hilo conductor estableciéndose una corriente eléctrica, la cual es llamada energía solar fotovoltaica.

Sistema fotovoltaico autónomo (Off Grid)

El sistema fotovoltaico Off-Grid es una instalación aislada de una red eléctrica convencional. La radiación solar se filtra por medio de los paneles solares, se controla, se transforma por medio

del inversor, luego se almacena en una batería que, finalmente, será distribuida a los bombillos, de esta manera se suministra energía a un televisor, equipo de sonido y otros electrodomésticos (Energías renovables, s.f.).

Sistema conectado a la red (On Grid)

El sistema se encuentra conectado directamente con la red eléctrica local. Esto quiere decir que durante las horas de luz del día el usuario consume la energía producida por el sistema fotovoltaico y durante la noche toma energía de la red (debido a que el sistema no almacena energía). Se usa principalmente para instalaciones destinadas a inyectar energía a la red.

Componentes de un sistema solar fotovoltaico.

Módulos fotovoltaicos.

Los módulos o paneles fotovoltaicos están formados por la interconexión de células solares dispuestas en serie o en paralelo, para adaptar el panel a los niveles de tensión y corriente requeridos, de manera que la tensión y corriente que finalmente proporcione el panel se ajusta al valor requerido.

Conexión en serie y paralelo

En la mayoría de proyectos fotovoltaicos, sobre todo de las instalaciones solares aisladas y dependiendo de la potencia de la instalación, será necesario asociar varias placas en serie o paralelo para obtener los niveles de tensión y corriente deseados. Para la conexión de placas solares fotovoltaicas, hay tres opciones posibles:

Conexión de placas solares en paralelo: se conectan todos los módulos por sus polos positivos y, por separado, por todos los polos negativos. Con esto, lo que se consigue es aumentar la corriente generada en la rama (suma de las corrientes de cada panel), pero se mantiene la misma tensión que la de uno de los paneles que componen la rama.

En otras palabras, si se conectan los paneles en paralelo, a la salida de la rama se tendrá la suma de las corrientes de cada “subrama” y la tensión de salida de cada “subrama”.

Conexión de módulos fotovoltaicos en serie: para este tipo de configuración se conecta el polo positivo de un módulo, con el polo negativo del siguiente, así sucesivamente con cuantos paneles

sean necesarios. Con esto se consigue aumentar la tensión y mantener el mismo valor de corriente generada.

La tensión generada será igual a la suma de cada una de las tensiones de cada panel que compone la rama (*string*), o dicho de otro modo, se multiplica la tensión unitaria por el número de paneles de la rama, pues siempre se deben conectar paneles de las mismas características unos con otros.

Cantidad de módulos fotovoltaicos

Energía generada por un panel solar:

Para calcular la energía generada por un panel solar durante un día (E_{panel}), se debe usar la siguiente ecuación:

$$E_{\text{panel}} = I_{\text{panel}} \cdot V_{\text{panel}} \cdot \text{HSP} \cdot 0,9 \text{ [Whd]}$$

Siendo, I_{panel} y V_{panel} la corriente y tensión máximas del panel, HSP son las horas sol pico y 0,9 sería el coeficiente del rendimiento del panel (típicamente 85-90% al descontar ya las pérdidas). La energía resultante estaría expresada en Whd (SunFields » Placas Solares Fotovoltaicas, s.f.).

Esa sería la energía generada por un solo módulo solar, pero si lo que se quiere es saber cuánta energía va a generar una instalación solar con varias placas solares, simplemente habría que aplicar la fórmula siguiente:

$$E_{\text{generador-fotovoltaico}} = I_{\text{generador-fotovoltaico}} \cdot V_{\text{generador-fotovoltaico}} \cdot \text{HSP} \cdot 0,9$$

La corriente, en este caso, sería la máxima resultante de la asociación de los módulos fotovoltaicos conectados en paralelo de cada rama (*string*) y la tensión sería la resultante de la suma de tensiones de cada rama (*string*) conectados en serie.

El cálculo para los paneles fotovoltaicos es:

$$N_p = \frac{E [kWh] \cdot 1000 [W/kW] \cdot P_g [\%]}{D_p [dia] \cdot P [W/panel] \cdot t [h/dia] \cdot \eta_s [\%]}$$

Fórmula 1.Cálculo de paneles requeridos

Donde:

- N_p. Número de paneles
- E. Energía requerida en KWh
- P_g. Porcentaje de generación
- D_p. Días de periodo
- P. Potencia del panel(W)
- t. Horas de radiación
- η_s. Eficiencia del sistema

La obtención de la potencia generada en los paneles fotovoltaicos y conocer la generación que da por mes, se realiza de la siguiente manera (2013):

Potencia generada por los paneles fotovoltaicos = # módulos × potencia del panel

Generación al mes = Potencia generada × días × HSP

Fórmula 2.Cálculo de potencia generada y generación al mes

Hora solar pico (HSP)

La hora solar pico es frecuentemente utilizada para realizar cálculos fotovoltaicos.

De forma sencilla, se dice que la Hora Solar Pico (HSP) es la cantidad de energía solar que recibe un metro cuadrado de superficie y esta energía no es la misma dependiendo de la localización (cuanto más cerca del Ecuador mayor será) y por su época del año. No hay el mismo sol en un día

de invierno que de verano. La HSP va directamente relacionada con la capacidad que generará un panel solar al día.

Si se quiere saber cuánto genera la placa al día, solo se debe multiplicar la HSP * Potencia del panel (en Wp).

Si la radiación, H, se expresa en kWh/m², las HSP se obtendrán:

$$1 \text{ HSP} = \frac{1000 \text{ W} \cdot 1 \text{ h}}{\text{m}^2} \cdot \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \cdot \frac{1 \text{ J/s}}{1 \text{ W}} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$$

Fórmula 3. Conversión para obtener HSP

Donde:

- HSP: horas solares pico.
- H: radiación solar diaria media del emplazamiento estudiado, obtenida en tablas reconocidas.
- I: irradiación solar de un kW/m².

Si los valores de radiación solar están en MJ/m², se tendrá que dividir el valor por 3,6 o multiplicarlo por 0,2778 debido a la siguiente equivalencia: **1 kWh = 3,6 MJ**.

Inversores fotovoltaicos

Dichos inversores desempeñan un papel igual de importante, ya que convierten la electricidad que generan los paneles solares para que puedan usarla los electrodomésticos, la iluminación y otros aparatos electrónicos.

Inversores se utilizan para la transformación de la tensión 12 o 24 voltios (tensión continua) de las baterías, en tensión de 230 voltios (corriente alterna).

¿Cómo funciona un inversor solar?

Las placas solares están formadas por diversas células fotovoltaicas que, cuando reciben energía solar, reaccionan haciendo mover los electrones. Esa reacción produce electricidad de corriente continua, que es recogida por los circuitos que se encuentran en el interior de dichas células solares.

Es en este punto donde actúa el inversor solar, puesto que la mayoría de casas utilizan corriente alterna, de manera que la corriente continua que producen las placas solares no serviría para iluminar una vivienda. Por eso, la energía recolectada por las placas solares en forma de corriente continua se convierte en electricidad de corriente alterna cuando pasa por el inversor, que se encarga de efectuar esta “transformación”. Y, en ese momento, se puede utilizar esa energía, verterla a la red o almacenarla en baterías, si las hay.

Funciones principales del inversor fotovoltaico.

1. **Conversión de energía:** el inversor solar fotovoltaico convierte corriente continua en corriente alterna, que es la utilizada por todos los aparatos eléctricos. Básicamente actúa como una pasarela entre corriente continua y corriente alterna.
2. **Optimización de energía:** maximiza la generación de energía de las placas solares. Para ello, se aíslan los paneles individualmente con el fin de aumentar la producción de energía y, por lo tanto, mejorar el rendimiento general de la instalación.
3. **Seguimiento y protección:** un inversor solar realiza un seguimiento de los rendimientos energéticos del sistema fotovoltaico, de la actividad eléctrica y de las señales cuando surge problema. Esta información se puede ver en el propio dispositivo o desde otra ubicación, si se implementa la tecnología de comunicación adecuada y los servicios en línea.
4. **Operación constante:** una instalación fotovoltaica está diseñada para proporcionar energía a la intemperie y en todas las condiciones climáticas. El inversor fotovoltaico ofrece una operación constante disipando el calor de una manera consistente.



Figura 2. Inversor fotovoltaico

Fuente: Área tecnológica (s.f.).

Generación fotovoltaica

Celdas de combustible

Un tipo de generación auxiliar son las celdas de combustible, estas son dispositivos capaces de convertir directamente la energía química que contiene un combustible en energía eléctrica. Este tipo de conversión consigue una mayor eficiencia que los motores de combustión habituales. Lo cual se debe a que no se producen irreversibilidades relacionadas con el proceso de combustión.

El funcionamiento de una celda de combustible se basa en la reacción de combinación de combustible y comburente, en forma de iones, a través de un electrolito, tal como se describe en la figura 3. La celda de combustible se alimenta de forma continua con combustible y oxidante, a diferencia de los sistemas de baterías comunes. Gracias a esta diferencia, se tiene la ventaja de que en las pilas de combustible ni los electrodos ni el electrolito se consumen durante la reacción. Como elementos de salida, las pilas de combustible producen electricidad en corriente continua y diferentes elementos de desecho según el combustible usado, normalmente dióxido de carbono y agua en forma gaseosa, que son expulsados al ambiente o utilizados en otros procesos.

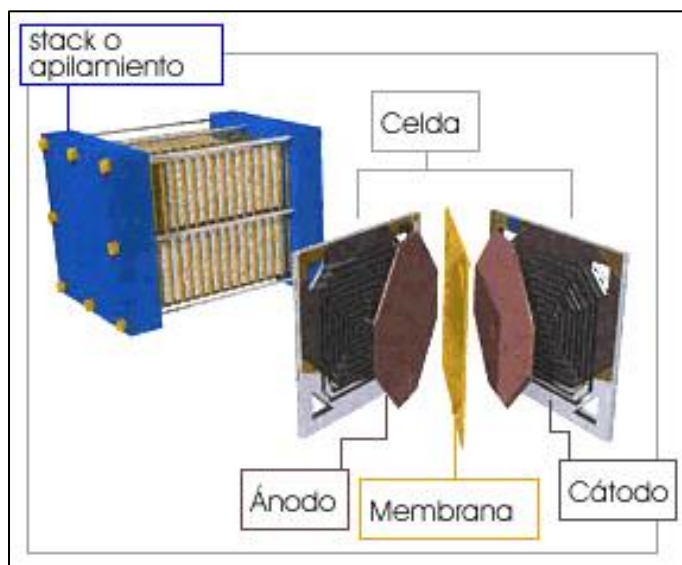


Figura 3. Componente celda de combustible

Fuente: ISQCH (s.f.).

Tipos de celdas más utilizadas

- Las pilas de membrana de intercambio protónico (PEM por las siglas en inglés de *Polymer Electrolyte Membrane*) o pilas de membrana de electrolito polimérico.
- Pilas de combustible alcalinas (AFC) (*Alkaline Fuel Cell*).
- Pilas de combustible de ácido fosfórico (PAFC) (*Phosphoric Acid Fuel Cell*).
- Pilas de combustible de carbonato fundido (MCFC) (*Molten Carbonate Fuel Cells*).
- Pilas de combustibles de óxido sólido (SOFC) (*Solid Oxide Fuel Cell*).
- Pilas de metanol directo (DMFC) (Direct Methanol).

Para efectos de esta investigación, se utilizarán celdas de combustible de metanol directo, por lo que solamente se explicará sobre este tipo en específico.

Pilas de metanol directo

Las pilas o celdas de metanol directo (o DMFC por *Direct-Methanol Fuel Cells*) son similares a las pilas PEM en cuanto a que usan un polímero de membrana como electrolito. Sin embargo, las pilas de metanol directo usan metanol sobre el ánodo, lo que elimina la necesidad de que el

combustible pase por un reformador. Las pilas de metanol directo son interesantes para alimentar dispositivos electrónicos portátiles, como ordenadores portátiles o cargadores de baterías.

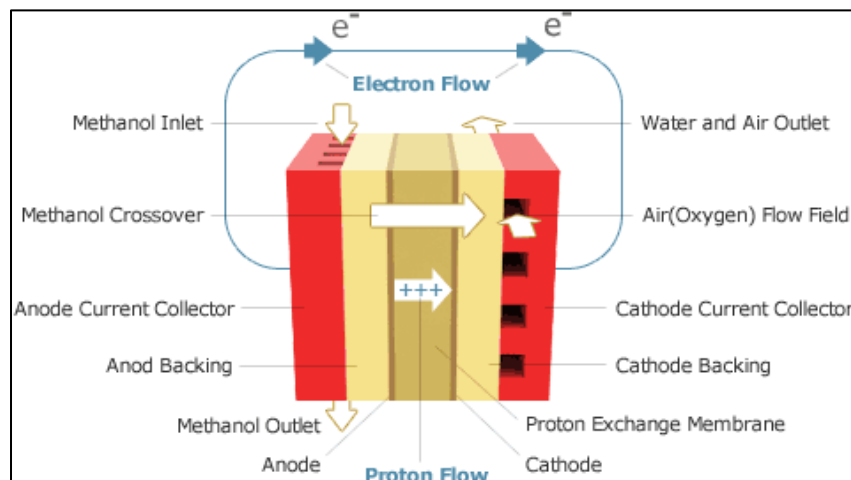


Figura 5. Pilas de metanol directo

Fuente: Sympowercorp.

Almacenamiento: El almacenamiento en tanques debe hacerse en instalaciones que cumplan la normativa sobre materias inflamables y peligrosas. Si se almacena en recipientes tales como bidones, estos deben estar bien cerrados en un lugar fresco y seco, y en una zona bien ventilada lejos de fuentes de calor fuertes y fuentes de ignición. El equipo e instalaciones eléctricos deben cumplir las normas anti deflagración.

El metanol debe almacenarse en una ubicación especial, donde quede protegido de las fuentes de calor e inflamación

Entre las disposiciones especiales para el envío en barcos cisterna se encuentran las siguientes: limpieza (para no contaminar el metanol), detección de fugas de metanol, equipos apropiados para combatir incendios (incluidas espumas resistentes al alcohol) y bombas, tuberías, mangueras y empaquetaduras adecuadas para el servicio del metanol. Se deben evitar derrames accidentales de metanol en el océano, si bien se considera que presentan menor riesgo para el medio ambiente que las de otros materiales como petróleo crudo, combustible para calderas, gasolina o diésel. El metanol puro (100%) se solubiliza en agua con rapidez y por completo. La dilución reduce la

concentración de metanol a un nivel no tóxico para la vida marina en una distancia menor que 1,5 kilómetros, incluso en el caso de fugas catastróficas mayores.

Características y ventajas

- Autonomía larga

Duración de un minuto a un año.

No hay "tiempo muerto" de descarga / recarga.

Puede rellenarse durante el funcionamiento (sin interrupción del servicio).

- Alta fiabilidad

Tecnología de estado sólido (con pocas piezas móviles).

Múltiples paradas/arranques con alta disponibilidad.

Generador de corriente continua directo de alta calidad (sin ATS/rectificador).

- Menor costo operativo

Bajo mantenimiento.

No hay robo.

No requiere control de temperatura (funciona de -30oC a +46oC).

Alta eficiencia a bajo consumo O/P (> 30%).

Combustible estable (puede ser almacenado en el sitio por varios años).

- Respetuoso con el medio ambiente

Funcionamiento silencioso, cero (H₂) o baja emisión (MeOH).

Califica para programas de reembolsos de energía verde y subsidios.

- Ubicación flexible

Fácil de instalar.

Poco peso (<300kg) y huella (<2sqm).

Sin vibraciones.

Instalación en exteriores (es posible la instalación en interiores).

Muy adecuado para tejados o entornos urbanos densos.

PILAS	PEM	DMFC	AFC	PAFC	MCFC	SOFC
Nombre	Pila de Membrana de Intercambio Protónico	Pila de Metanol Directo	Pila alcalina	Pila de ácido fosfórico	Pila de Carbonatos fundidos	Pila de óxidos sólidos
Carga	H ⁺	H ⁺	OH ⁻	H ⁺	CO ₃ ²⁻	O ²⁻
Temperaturas	50-120°C	50-100°C	90-100°C	150-200°C	600-700°C	700-1000°C
Eficiencias	60%	40%	60-70%	40%	45-50%	60%
Electrolito	Membrana de polímeros	Membrana de polímeros	KOH disuelto en agua	Ácido fosfórico	Carbonatos fundidos	Óxidos sólidos
Combustible	H ₂	Metanol	H ₂	H ₂	H ₂ , CH ₄ , CO ₂	H ₂ , CH ₄ , CO ₂
Usos	Transporte, portátiles, residencial	Portátiles	Espaciales	Generación eléctrica distribuida. Automoción	Generación eléctrica, cogeneración	Generación eléctrica, cogeneración

Tabla 2. Características de cada tipo de pilas o celdas de combustible

Fuente: Energías renovables (2014).

Generador diésel

Los sistemas aislados deben incorporar sistemas de generación convencional que den respaldo en ausencia de generación renovable. Se intenta reducir la aportación de estos sistemas al mínimo posible que no comprometa la estabilidad del sistema. Lo ideal es que el sistema off grid disponga en su mayoría de aporte renovable y que el aporte convencional regule el déficit entre generación y carga.

El generador diésel es un equipo cuya utilización está indicada para aplicaciones que requieran mayor potencia y para un funcionamiento continuo. Estos equipos convierten el combustible en energía eléctrica, a través de la combustión del diésel (Grupel, s.f.).

Este tipo de combustible, en comparación con otros como la gasolina, por ejemplo, se quema a una temperatura más alta, por lo tanto, más eficiente y garantiza mayor potencia para el generador. Los generadores diésel requieren un mantenimiento regular para que funcionen correctamente.

Además, los generadores diésel pueden ser utilizados en lugares que no tienen una red de suministro eléctrico o en *back up* en caso de emergencia.

Las principales ventajas de los generadores diésel

Las grandes ventajas de los generadores diésel son su portabilidad y facilidad de acceso al combustible; además, los costes de mantenimiento son más bajos, los generadores están funcionando de forma continua en los generadores diésel.

Es importante tener en cuenta la inflamabilidad inferior del diésel en comparación con otras fuentes de combustible.

Principales desventajas de los generadores diésel

Por último, el diésel tiene altos niveles de emisión, lo que, a fin de cumplir con la legislación actual, hace que el generador diésel con sistema de filtrado adicional sea más caro.

Telecom Backup Power Technology Comparison		
Fuel Cell System vs. Diesel Generator		
	ElectraGen ME System Fuel Cell system with Methanol-Water Reformer	Diesel Generator
Exhaust Emissions^{1,2}		
Nitrogen Oxides (NOx)	< 0.01 g/kWh	7.5 g/kWh
Carbon Monoxide (CO)	0.2 g/kWh	8.0 g/kWh
Particulate Matter	0 g/kWh	0.8 g/kWh
Carbon Dioxide (CO2)	800 g/kWh	1,500 g/kWh
Noise Emissions³		
Decibel rating	Quiet: 52 dB at 1 m	Loud: 68 dB at 7 m
System Efficiency		
System Efficiency (%)	30%	10-25%
Operational Costs		
Maintenance (visits per year)	1	2-4
Theft Costs (fuel, parts)	None	Fuel & Parts
Reliability	Few moving parts	Many moving parts
<small>Note 1: ElectraGen™ ME System emissions data from IdaTech (subject to change for production design) Note 2: Diesel generator emissions data from EPA standards for 2007 and newer generators, <i>EPA Standards of Performance for Stationary Compression Ignition Internal Combustion Engines; Final Rule July 11, 2006</i> Note 3: ElectraGen systems operated at 75% power output during noise test</small>		

Figura 6. Comparación de generador diésel versus sistema celda de combustible

Baterías de ion-litio

Actualmente, las baterías más usadas en todos los aparatos son las de iones de litio por sus ventajas. Aparecen por primera vez en los 80, cuando John B. Goodenough y su equipo de investigación (Sony) consiguieron crearlas. En 1996 se crea una variante, la de polímero, que sustituye al anterior electrolito por un polímero sólido compuesto, electrodos y separador laminados (estas celdas son flexibles). Cuyas propiedades son:

Ion-Li: con ánodo de grafito y cátodo de óxido de cobalto, trifilina (LiFePO₄) u óxido de manganeso. En el electrolito líquido hay iones de lítico que serán los encargados de aportar energía. Apenas sufre efecto memoria, consiguen altas densidades de energía (115Wh/kg), se pueden cargar sin necesidad de estar totalmente descargadas y sin reducción de su vida útil. La temperatura es un punto flaco, ya que a altas temperaturas comienzan a perder eficiencia. Tampoco toleran bien las descargas completas y sufren daños.

Son las baterías con mayor durabilidad del mercado, bajísima autodescarga, excelente respuesta frente a descargas profundas y sin efecto memoria, por lo que se pueden descargar al 100%, además, son fabricadas con componentes muy ligeros que han permitido formar acumuladores pequeños, de varias formas, ligeros y con rendimientos mucho más altos que las baterías convencionales. Con densidades energéticas hasta tres veces mayores que las baterías convencionales y soportan tasas de corriente de carga y descarga más elevadas.

Una de las principales características de las baterías de litio es su elevada tensión de trabajo, del orden de 350V a 450V con corrientes de descarga muy pequeñas, entre los 5 y 8 amperios siendo capaces de entregar hasta 5kw de forma continua y unos 7kw de pico de potencia

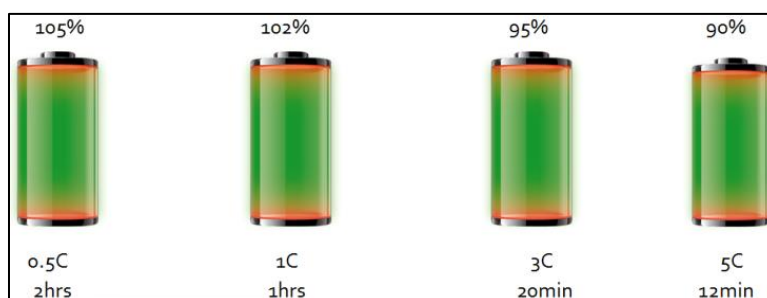


Figura 7. Vida útil batería litio

Fuente: Linadium energy (s.f.).

Baterías de plomo-ácido (Pb-Ácido)

La mayoría de sistemas fotovoltaicos utilizan baterías de plomo-ácido por su bajo costo en comparación con las demás baterías. Su costo inicial es más bajo que otras baterías de ciclo profundo y son fáciles de encontrar en tiendas especializadas. Existen muchos tamaños y diseños diferentes de baterías de plomo-ácido, pero la característica más importante es si son de ciclo profundo o no.

Ventajas

- Asequible y fácil de fabricar.
- Maduras, fiables y bien entendidos de tecnología, cuando se usa correctamente, el plomo-ácido es durable y ofrece un servicio confiable.

- La autodescarga se encuentra entre los más bajos de los sistemas de batería recargable.
- Capaz de alta las tasas de descarga.

Limitaciones

- Densidad de energía baja – de peso insuficiente a los límites de relación de uso de la energía para aplicaciones estacionarias y de ruedas.
- No se puede almacenar en una condición de alta – el voltaje de la célula no debe caer por debajo de 2.10V.
- Permite solo un número limitado de ciclos de descarga completa – adecuado para aplicaciones de espera que requieren descargas profundas solo ocasionales.
- Contenido de plomo y el electrolito de la batería hostiles para el medio ambiente.
- Restricciones de transporte de plomo-ácido inundadas, hay preocupaciones ambientales sobre los vertidos.
- Fugas térmicas pueden ocurrir si son indebidamente percibidas.

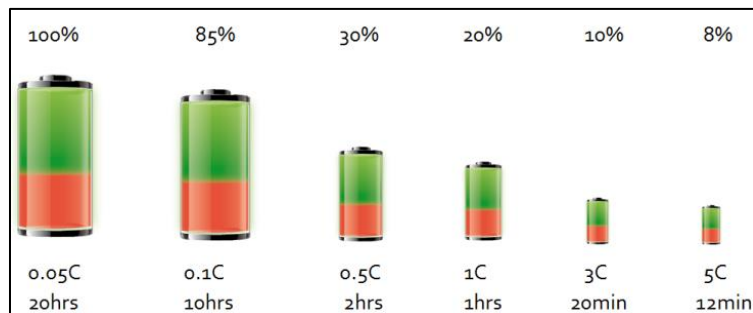


Figura 8. Vida útil batería plomo-ácido

Fuente: Linadium energy (s.f.).

Tipo	Baterías de Ion-litio	Baterías de Plomo Ácido
Energía específica(wh/kg)	80-160	40-40
Potencia(W/kg)	100-5000	75-300
Autodescarga	Prácticamente nula	5% mensual
Tiempo de carga(horas)	2-4h	8-16h
Eficiencia (%)	90	80
Vida útil	5000 ciclos al 80%	2000 ciclos al 80%
Emisiones de gases	No emite gases	Emite gases corrosivos, por lo que deben ser instalados en lugares muy ventilados
Costo estimado (\$/kwh)	600-1200	200-600

Tabla 3. Comparación de características de baterías

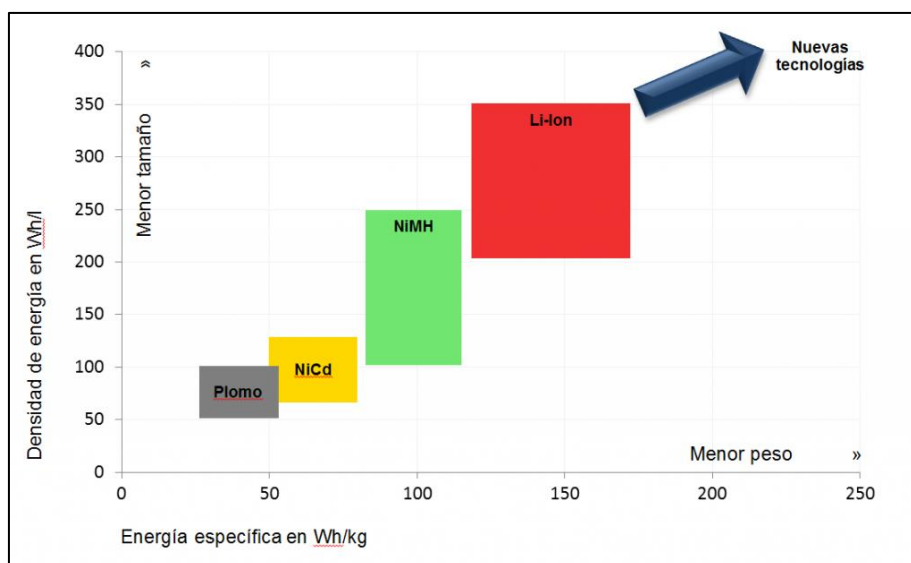


Gráfico 1. Gráfico comparativo de las densidades energéticas de diferentes tecnologías.

Fuente. Intralógica.es (s.f.).

CAPÍTULO III

MARCO

METODOLÓGICO

Enfoque de la investigación

Para el primer nivel se ha decidido utilizar el método exploratorio y descriptivo que consiste en llegar a conocer las situaciones y actitudes sobresalientes a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. Donde el investigador debe definir su análisis y los procesos que este requerirá, para ello recogen los datos sobre la base de una hipótesis o teoría, exponen y resumen la información de manera cuidadosa y luego analizan minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

Las principales etapas por seguir en una investigación descriptiva son: examinar las características del problema escogido, definir y formular sus hipótesis, seleccionar o elaborar técnicas para la recolección de datos, verificar la validez de las técnicas empleadas para la recolección de datos y se realizan observaciones objetivas y exactas.

Se trabajará con este tipo de investigación dado que no se conoce el lugar en estudio, las características que poseen la población y el entorno que los rodea. Tiene como objetivo la formulación de la problemática para lograr una investigación más precisa.

Método de investigación

Para el presente trabajo, se ejecutará un estudio cuantitativo, por lo que se pretende recolectar información por medio del estudio e investigación de la isla San Lucas y la implementación de una microrred con energía renovable.

La metodología cuantitativa es un método de investigación que utiliza técnicas estadísticas para recoger y analizar datos, así como investigar y comprobar tanto información como datos. Tiene como finalidad obtener respuestas de la población a preguntas específicas.

Los objetivos de la investigación cuantitativa consisten esencialmente en encontrar relaciones entre variables, hacer descripciones recurriendo al tratamiento estadístico de los datos recogidos, probar teorías y sacar conclusiones. Para este proyecto, se apoyará en informaciones que provienen, entre otras, de entrevistas, cuestionarios, encuestas, observaciones y de otros trabajos previos como tesis y uso de fuentes bibliográficas.

Para cuantificar las viviendas sin cobertura eléctrica, se hace un conteo visitando las zonas que no son alcanzadas por las líneas de distribución y un análisis de cómo funcionan en el mundo actualmente microrredes eléctricas. Esto se hace con fuentes secundarias mayormente.

Fuentes de información

Para la recolección de datos, se obtendrán por medio de planos, datos de mercado, también mediante las visitas de campo, se hará la recolección de datos y se tomarán medidas del terreno para determinar el mejor lugar para la colocación de los paneles fotovoltaicos. Además por medio del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), el SINAC, formularios y hojas de cálculo, sobre áreas turísticas para las condiciones de consumo, así como entrevistas con expertos e información secundaria específica.

VARIABLES DE ANÁLISIS

Se determinará la energía consumida diariamente, tomando en cuenta los días de autonomía del sistema, así como la potencia. Otra variable por estudiar es la cantidad de radiación solar de la isla San Lucas. Así como determinar la cantidad ideal de paneles solares para suplir la demanda energética y a la vez potencia indicada y las dimensiones de los paneles.

Instrumentos: se realizará por medio de multímetro digital, esencial para la comprobación de continuidad de circuito, voltímetro, medir la tensión de los módulos y baterías.

Proceso de recolección y análisis de datos

Para esta etapa se utilizará la recolección de tablas, gráficos y datos por medio de planos. Así como visitas de campo para obtener datos, medidas del terreno, distribución de estructuras y fotografías del lugar, con el fin de obtener cálculos de las capacidades necesarias para realizar el diseño y que ayudarán a evaluar y analizar distintos escenarios, con el objetivo de determinar el mejor lugar para la colocación de los paneles fotovoltaicos y el diseño de la microrred eléctrica.

Con respecto al procedimiento meteorológico, la investigación se llevará a cabo en cinco etapas, con las cuales se buscará el cumplimiento de los objetivos planteados, haciendo uso de distintas herramientas.

I Etapa: Planteamiento del problema

En esta parte se expusieron los objetivos, el problema, el alcance y las limitaciones de la investigación.

II Etapa: Investigación

Se realizó una búsqueda de información sobre sistemas fotovoltaicos y microrredes, con el fin de determinar la mejor opción para suministrar la energía que requiere la isla San Lucas. Además, se estudió sobre los diferentes tipos de baterías y celdas de combustible para el diseño eléctrico.

III Etapa: Desarrollo

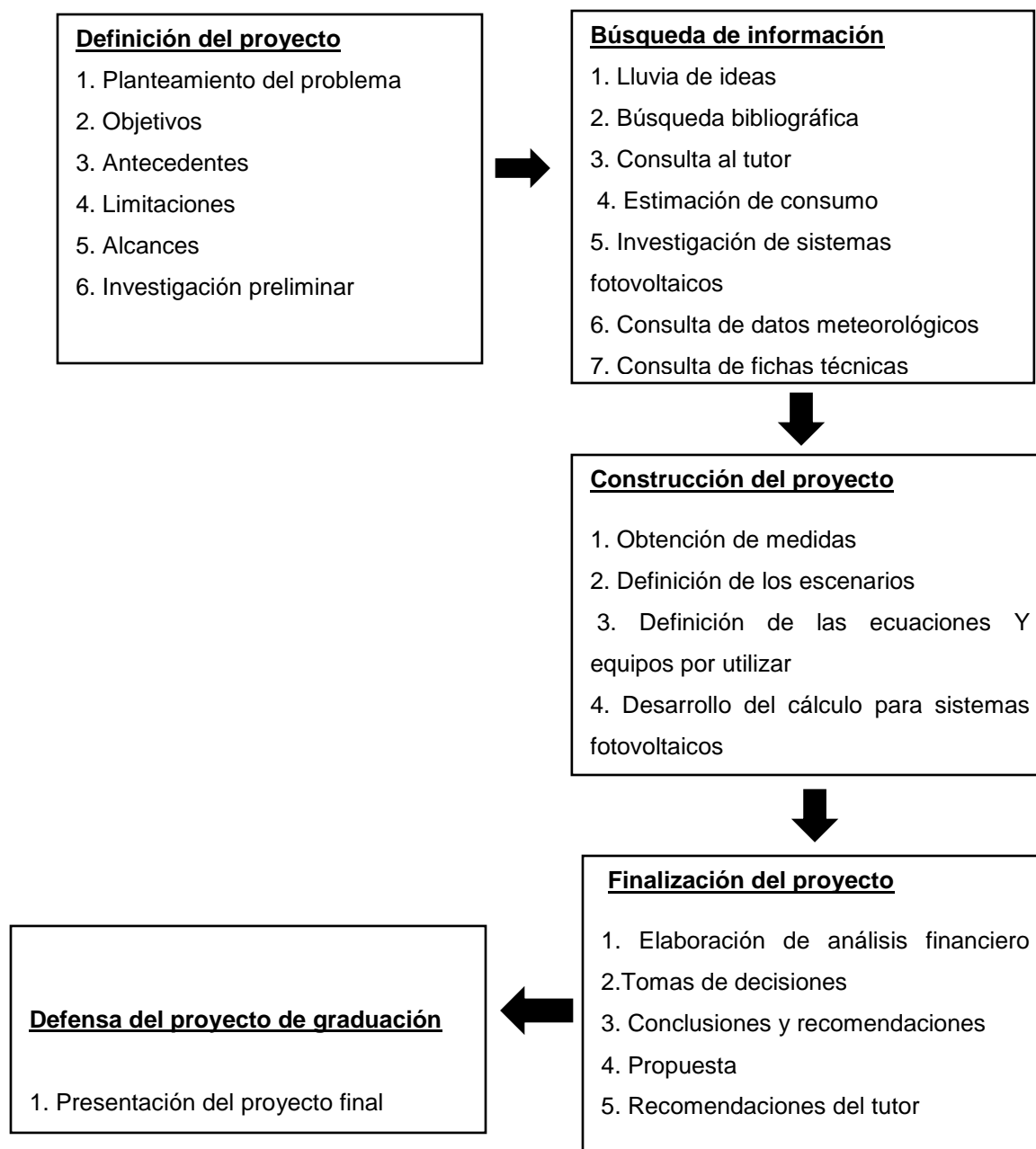
Se estimó el consumo eléctrico de la isla San Lucas mediante un método experimental, con el fin de obtener los datos necesarios para escoger el sistema renovable más apto y realizar el análisis financiero de rentabilidad. En esta etapa se utilizaron fórmulas y métodos ya conocidos. Se valoró la incidencia de la radiación solar de la zona.

IV Etapa: Conclusiones

Al finalizar todas las etapas, se procedió a emitir las conclusiones del trabajo y a efectuar las recomendaciones correspondientes.

V Etapa: Propuesta

Con toda la información recolectada a lo largo de la investigación, se realiza una propuesta como base de la toma de decisiones. La metodología del presente trabajo se puede resumir en el siguiente diagrama de flujo.



CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO

El proyecto se realizará en la isla San Lucas, ubicada frente a la costa del Pacífico de Costa Rica, en la parte media del Golfo de Nicoya a 8 km de Puntarenas, fue declarada como área protegida Refugio de Vida Silvestre, el 12 de febrero del 2001, mediante el Decreto Ejecutivo N.º 29277-MINAE, que en su artículo 1º indica:

Declárese en Refugio Nacional de Vida Silvestre de propiedad estatal el área comprendida por una porción terrestre conformada por la Isla San Lucas, ubicada en el Golfo de Nicoya, Hoja Cartográfica del IGN denominada Golfo, Edición 3-IGNCR en la Latitud Norte 9º 56' y Longitud Oeste 84º 54. 5' con una extensión de 4,62 Km. cuadrados y el área marino costero, compuesta por las aguas alrededor de la isla con una profundidad de hasta 6 mt.

A su vez, el Decreto Ejecutivo No. 30714-C del 26 de septiembre de 2002, declara e incorpora la isla San Lucas al Patrimonio Histórico Arquitectónico de Costa Rica.

La propuesta del diseño de la microrred e implementación de paneles solares colocará la ubicación para el sistema como se muestra en el mapa satelital de las figuras 17 y 18.

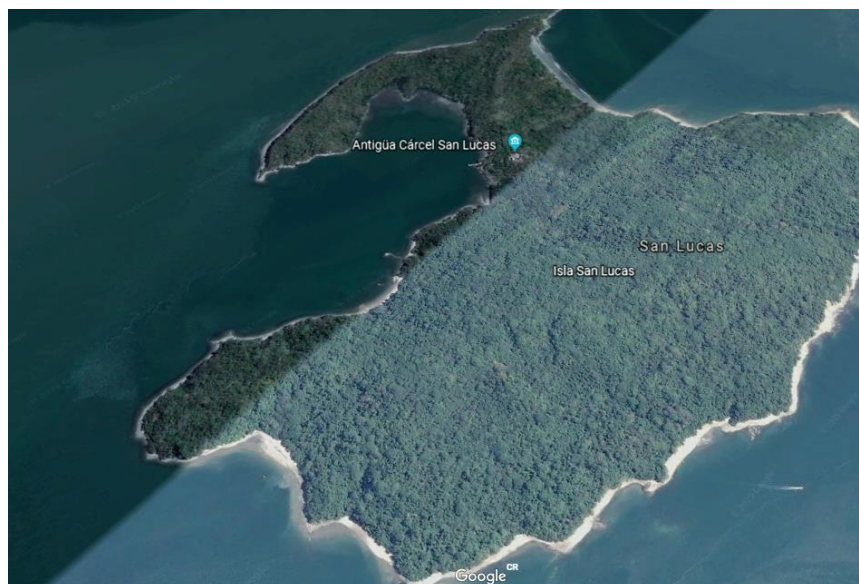


Figura 9. Ubicación satelital isla San Lucas

Fuente: Google Earth



Figura 10. Ubicación satelital antigua cárcel, isla San Lucas

Fuente: Google Maps Y Google Earth

La implementación de microrredes en Costa Rica es reciente, por lo que se tuvo que investigar sobre el tema y tomar referencia de la implementación en otros países.

Para suplir las necesidades eléctricas de la isla, se debe analizar cuál es el mejor sistema por implementar, entre un sistema de microrred eléctrica con paneles solares o sistemas de paneles fotovoltaicos independientes, esto debido a que la isla San Lucas fue declarada como Refugio Nacional de Vida Silvestre, en el 2001 por el decreto 29277-MINAE, el cual pertenece al Área de Conservación Pacífica Central de Puntarenas, por lo que está conformada en su mayoría por vegetación y se promueve la conservación ambiental y pautas sostenibles que respeten la conservación del refugio. Debido a esto, se debió estudiar el área donde se puede hacer la implementación de los paneles y si es rentable la implementación de una microrred.

Para la implementación de un sistema Smart grid, se deben hacer instalaciones de redes aéreas o subterráneas, si se realizan redes enterradas, no se necesitan postes, los cuales representan un coste importante, pero a su vez, si la localización y reparación de fallas en estas líneas requiere de equipo y entrenamiento especial, los cables enterrados deben resistir humedad, por lo que se deberían emplear conductores de alta calidad, lo que implicaría un coste extra. Asimismo, si se realiza de forma aérea, se debe prestar atención a la vegetación que haya o pueda crecer hasta el tendido y tomar en cuenta la colocación de postes, los cuales son necesarios en redes aéreas para

mantener los conductores fuera del alcance, además de considerar el impacto sobre la flora al tener que cortar árboles para montar los postes. Teniendo en cuenta que es el componente más costoso de un tendido aéreo y el traslado de los mismos, ya que todos los equipos se deberán transportar en lancha, puesto que es el único medio de transporte para llegar a la isla.

Para resolver esta limitación, se optó por sistemas fotovoltaicos autónomos, para los cuales no es necesaria la instalación de una línea eléctrica en media tensión o de un transformador, en vez de una microrred eléctrica, que saldría más costosa, opción que se inscribe, además, dentro del aprovechamiento de la energía alternativa y renovable.

Además no es rentable instalar una micro red eléctrica ya que lo se va a bastecer de energía es únicamente la casa de guarda parques que actualmente está habitada y se desea en un futuro implementar casetas de guarda parques, aunque estas no se encuentran actualmente se tiene previsto la construcción de estas cerca de la casa, ya que se construiría a la entrada del centro penal para control del refugio, por lo que es más factible suministrar energía con sistemas aislados autónomos para cada estructura.

La antigua cárcel de la isla San Lucas presenta altos consumos de kw/h, los cuales no se pueden satisfacer, ya que la isla no cuenta con red eléctrica principal y aunque actualmente cuenta con sistema fotovoltaico conformado por un panel solar, no es suficiente para satisfacer las necesidades básicas de los guardaparques y Fuerza Pública que habita en la isla. Además que el equipo instalado se encuentra en mal estado, por lo que se propuso implementar sistemas off grid, los cual tendrán la capacidad de brindar el suministro eléctrico en la cantidad requerida, en el momento que se necesite y con una calidad adecuada. Por esta razón, es necesario realizar un estudio sobre el consumo y la cantidad de energía eléctrica requerida mes a mes.

Con esto se quiere brindar el suministro eléctrico necesario para cubrir las necesidades básicas del lugar, con la implementación de paneles fotovoltaicos con baterías de ion-litio y celdas de combustible de metanol. Para ello primero se debe realizar un reporte donde se muestre la inversión del sistema. El tipo de sistema sería para cubrir las necesidades de una casa para los guarda parques, casetas de guardas ubicadas alrededor de la isla e iluminación de la vía pública.

Para el proyecto se consideraron las condiciones del viento y la radiación solar en la zona en donde se encontraba el centro penitenciario en la isla San Lucas y conocer datos estadísticos para

identificar si realmente ahí existen condiciones apropiadas para la instalación de sistema off grid. Pero se determinó que la radiación solar era la más viable como energía renovable, ya que no se pudieron encontrar datos para comprobar si era factible la implementación de energía renovable utilizando el viento, debido a que la isla no cuenta con estación meteorológica, la más cercana es Puntarenas y esta estación solo mide radiación, el viento dejó de medir desde hace años.

Consumo eléctrico

Para el cálculo del consumo utilizado en la casa principal donde vivirán los guarda parques y las casetas de guardas, se realizará el cálculo de cada tipo de electrodoméstico.

Cálculo consumo de la casa principal				
Aparato Eléctrico	Potencia kW	Hrs/días utilización	Tiempo de utilización mes(horas al mes)	Consumo energético (Kwh/mes)
Cocina	1,2	2	60	72
Refrigeradora	0,89	24	720	640,8
Televisor	0,156	8	240	37,44
Alumbrado interno	0,24	6	180	43,2
Alumbrado externo	0,24	6	180	43,2
Ordenador	0,01	6	180	1,8
Microondas	1,2	3	90	108
Aire acondicionado	1,35	4	120	162
Total	5,286			1108,44

Tabla 4. Estimación del consumo mensual de la casa principal en la isla San Lucas

Calculo energía consumo caseta guarda				
Aparato Eléctrico	Potencia kW	Hrs/días utilización	Tiempo de utilización mes(horas al mes)	Consumo energético (Kwh/mes)
Alumbrado interno	0,24	6	180	43,2
Alumbrado externo	0,24	6	180	43,2
Ordenador	0,01	2	60	0,6
Radio de comunicación	0,021	4	120	2,52
TOTAL	0,511			89,52

Tabla 5. Estimación del consumo mensual de caseta de guarda

Fuente: propia.

Las tablas anteriores sirven como dato para calcular la cantidad necesaria de paneles solares que serán instalados en el proyecto de la isla San Lucas, debido a que refleja el consumo eléctrico mensual en la isla donde se realiza el estudio; por lo tanto, lo primero que se va a realizar es la estimación de la cantidad posible de paneles solares que se puedan instalar en las áreas disponibles, para determinar la energía eléctrica que ese arreglo pueda proveer.

Se puede observar que, para la caseta de guarda, el consumo de energía eléctrica más alto tiene un valor de 89,52 kwh/mes y la radiación más alta corresponde al mes de marzo con 22,83 MJ/m² según la tabla 5.

El día 03 de marzo de 2019 se realizó una visita a la isla San Lucas, donde se pudo conocer las instalaciones del antiguo centro penitenciario y se pudo determinar la zona donde se instalarían los paneles solares, que sería en el techo de la casa de guarda parques (ver figuras 19 y 20), el cual es la única estructura que se encuentra en buen estado, ya que las demás están deterioradas por falta de mantenimiento y por causa del vandalismo (ver figuras de la 23 a 27).



Figura 11. Casa principal

Fuente: elaboración propia.



Figura 12. Vista perfil izquierdo de la casa principal, guarda parques

Fuente: elaboración propia.

Las zonas de techo tienen en total un área aproximada de 114 metros cuadrados, donde se podrá instalar una cantidad de paneles fotovoltaicos que se espera que puedan satisfacer el consumo requerido por los funcionarios de la isla San Lucas. Esto se determinará en el capítulo V de este documento.

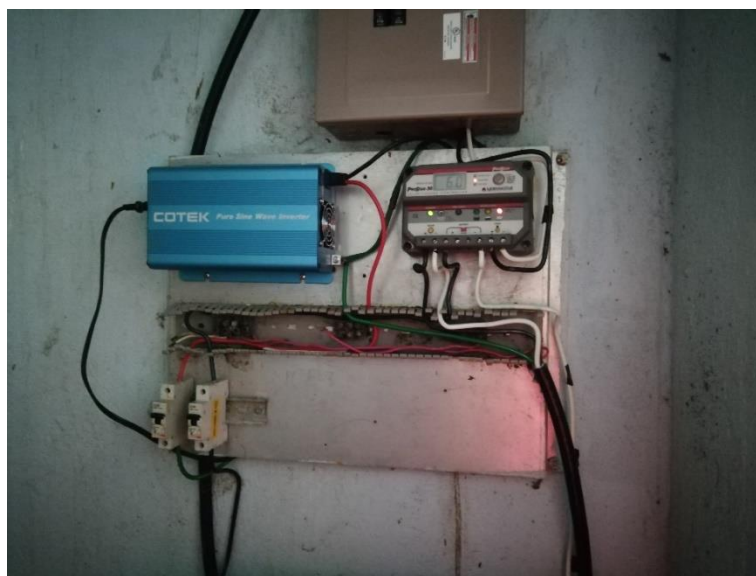


Figura 13. Tablero de control

Fuente: elaboración propia.



Figura 14. Baterías

Fuente: propia.

Las imágenes 21 y 22 corresponden al sistema instalado en la casa de guarda parques actualmente, en la figura 21 se observa el tablero de control compuesto por el inversor, controlador de carga y las protecciones o *breakers*.



Figura 18. Comandancia
construida en 1927



Figura 17. Calabozos
de finales del siglo XIX



Figura 16. Pabellones de
celdas



Figura 15. Antigua
Lavandería



Figura 19. Dispensario



Figura 21. Muelle Isla



Figura 20. embarcaciones Muelle Puntarenas

En las figuras 28 y 29 se muestran los muelles, las lanchas son los medios de transporte para llegar a la isla San Lucas, donde los viajes tienen una duración de 45 minutos desde el muelle de Puntarenas al muelle de la isla.

CAPÍTULO V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

Diseño de un sistema off grid

Para diseñar el sistema fotovoltaico autónomo, se buscará que el sistema cubra el total de la carga anual demandada (100%).

Niveles de brillo solar

En la tabla 4 se muestra el brillo solar en Mega joule (MJ) presentados en la zona de Puntarenas, la cual es la estación meteorológica más cercana a la isla San Lucas que mide radiación; esta se encuentra a 8 km aproximadamente de la isla. Los datos utilizados para el estudio se obtuvieron por parte del Instituto Meteorológico Nacional (IMN), los cuales comprenden desde el año 2013 a noviembre del 2018.

Radiación mensual (MJ/ m ²)						
Año	2013	2014	2015	2016	2017	2018
Enero	18,4	17,1	18,3	18,5	18,1	19,9
Febrero	20,0	20,0	19,9	18,9	20,4	24,5
Marzo	20,4	13,1	19,2	20,8	21,4	26,3
Abril	20,1	13,1	14,4	20,3	19,8	23,1
Mayo	17,6	12,8	14,4	17,7	17,6	21,2
Junio	15,4	15,3	17,9	16,2	18,4	19,9
Julio	13,9	17,1	17,5	15,8	18,7	19,0
Agosto	16,6	17,0	18,6	17,9	20,7	19,7
Septiembre	17,0	17,4	17,7	17,3	20,7	21,1
Octubre	17,1	15,8	17,6	15,4	16,8	17,2
Noviembre	16,6	16,2	16,9	13,8	18,8	19,9
Diciembre	16,1	16,3	17,1	14,9	19,7	-

Tabla 6. Radiación mensual de la estación de Puntarenas

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional

La precipitación media anual registrada en Puntarenas es de 1596 mm y el refugio se encuentra en una región que presenta dos estaciones climáticas bien diferenciadas: estación seca de diciembre a abril y la estación lluviosa que va de mayo a noviembre, como se observa en la tabla 4, donde de diciembre a abril los valores de radiación van incrementando y a partir de mayo la radiación baja.

Promedio de radiación solar (MJ/m ²)	
Mes	Promedio de enero a diciembre 2016-2017-2018
Enero	18,83
Febrero	21,27
Marzo	22,83
Abril	21,07
Mayo	18,83
Junio	18,17
Julio	17,83
Agosto	19,43
Septiembre	19,70
Octubre	16,47
Noviembre	17,50
Diciembre	17,30

Tabla 7. Promedio de radiación del 2016-2018

Fuente: propia.

Para el proyecto se analizarán los datos de los tres últimos años, 2016, 2017 y 2018. Como en el 2018 no se tienen datos de radiación del mes de diciembre, se realizó un promedio de ese mes de los años 2016 y 2017.

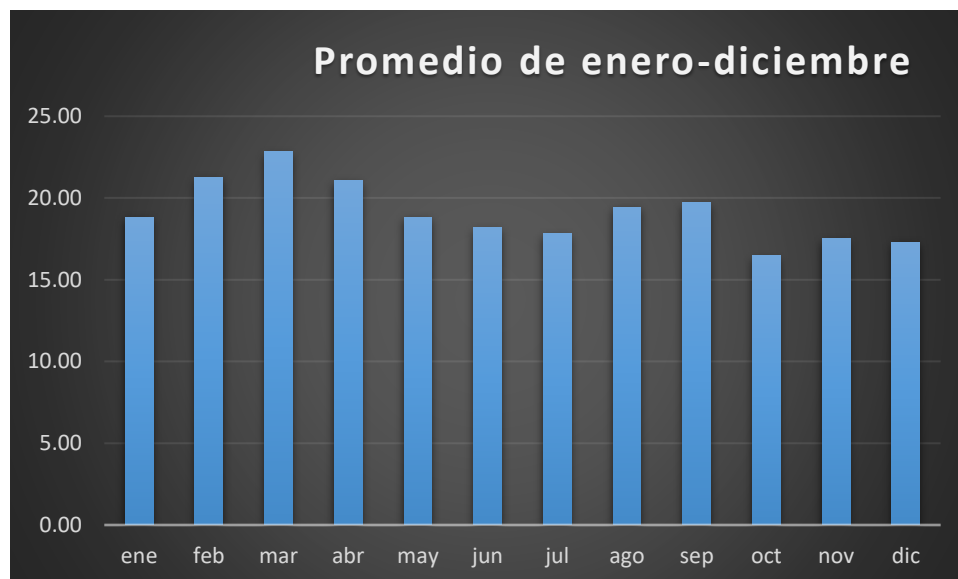


Gráfico 2. Promedio mensual del brillo solar

Fuente: propia.

En el gráfico 2 se muestra el promedio mensual del brillo solar para los años 2016, 2017 y 2018, donde se observa que el mes con menos brillo solar es octubre con $16,47 \text{ MJ/m}^2$ y marzo como el mes con mayor brillo solar con $22,83 \text{ MJ/m}^2$

Para realizar los cálculos de paneles fotovoltaicos, se requiere calcular el valor de la hora solar pico (HSP). Aplicando la fórmula 3, $1 \text{ HSP} = 3,6 \text{ MJ/m}^2$ donde el nivel de radiación se divide entre $3,6 \text{ MJ/m}^2$. Ejemplo para el mes de enero del 2016 es $18,5 \text{ MJ/m}^2$, se divide entre $3,6 \text{ MJ/m}^2$, que es el equivalente a una hora pico de sol.

$$18,5 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2} \times \frac{1 \text{HSP}}{3,6 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^2}} = 5,14 \text{ hsp}$$

Los 5,14 hsp corresponden a las horas solares pico del mes de enero. Se hace lo mismo con todos los meses para establecer las horas pico de cada mes, que utilizarán para el cálculo del número de paneles.

Brillo solar de Puntarenas (HSP)			
Año	2016	2017	2018
Enero	5,14	5,03	5,53
Febrero	5,25	5,67	6,81
Marzo	5,78	5,94	7,31
Abril	5,64	5,50	6,42
Mayo	4,92	4,89	5,89
Junio	4,50	5,11	5,53
Julio	4,39	5,19	5,28
Agosto	4,97	5,75	5,47
Septiembre	4,81	5,75	5,86
Octubre	4,28	4,67	4,78
Noviembre	3,83	5,22	5,53
Diciembre	4,14	5,47	

Tabla 8. Brillo solar (HSP)

Fuente: propia

El estudio del sistema fotovoltaico se realizará con el promedio anual de radiación solar, para que los módulos entreguen un promedio de energía en los meses con menores y mayores horas pico de sol. En el sector donde se realizará el proyecto, el promedio anual de horas sol pico es de 5.30 horas. Este es el dato que se utilizará para obtener la cantidad óptima de paneles solares.

Radiación solar Isla San Lucas periodo 2016-2018		
Mes	Radiacion MJ/m ²	Brillo solar (HSP)
Enero	18,83	5,23
Febrero	21,27	5,91
Marzo	22,83	6,34
Abril	21,07	5,85
Mayo	18,83	5,23
Junio	18,17	5,05
Julio	17,83	4,95
Agosto	19,43	5,40
Septiembre	19,7	5,47
Octubre	16,47	4,58
Noviembre	17,5	4,86
Diciembre	17,3	4,81

Tabla 9. Promedio en meses de radiación solar (MJ/m²)

Fuente: propia.

Caseta guarda

Las casetas para guardas es un proyecto que se quiere implementar a futuro, para ello se van a dimensionar para calcular la inversión de las mismas.

El consumo de la caseta es de 89,52 KWh/mes como se muestra en la tabla 5, cabe destacar que la potencia por cubrir es KWh diarios. Por lo que se divide 89,52 KWh/mes entre 30 días y se obtiene 2,984 KWh/día. Este dato será el que se utilizará para realizar los cálculos y dimensionamiento de los equipos del sistema.

Cálculo de número de paneles fotovoltaicos 370W.

Para el sistema por diseñar se decidió utilizar paneles solares JAM72S01 350 370/PR (JA Solar). En el apéndice A se puede observar más detalladamente las características técnicas, del cual se extraen los datos necesarios para los cálculos.

La cantidad de paneles solares por calcular se realiza como guía para observar el cálculo teórico de los mismos, ya que en este apartado no se tomará en cuenta el espacio requerido que vaya a

abarcar esta cantidad resultante de paneles solares. Debido a que la cantidad real de módulos fotovoltaicos dependerá directamente del área disponible para la instalación.

Para determinar el número de paneles, se utilizará la ecuación:

$$N_p = \frac{E [kWh] \cdot 1000 [W/kW] \cdot P_g [\%]}{D_p [dia] \cdot P [W/panel] \cdot t [h/dia] \cdot \eta_s [\%]}$$

Donde E=89,52 KWh que es el máximo consumo= 370W que es la potencia pico del módulo, con una potencia a generar de 1 por tratarse de un sistema autónomo. Dp = 30 que son los días de mes.

Se requiere t que es la irradiación promedio, datos facilitados por el IMN que se pueden observar en la tabla 9, obteniendo HSP =5,30 horas

Sustituyendo los datos en la ecuación se obtiene:

$$N_p = \frac{89,52kwh \cdot 1000w/kw \cdot 1}{30 \cdot 370w \cdot 5,30h \cdot 0,90} = 1,69 \approx 2 \text{ paneles}$$

Para determinar los arreglos de paneles en serie y en paralelo, se realizará el cálculo iniciando por averiguar las series, sabiendo que el sistema operará a 48V y que el voltaje que ofrece el panel a máxima potencia es de 39,45V; por lo que usará la expresión:

$$N_{serie} = \frac{V_{sistema}}{V_{panel}} \therefore N_{serie} = \frac{48V}{39,45V} = 1,21 \approx 2$$

$$N_{paralelo} = \frac{N_p}{N_{serie}} \therefore N_{paralelo} = \frac{2}{2} = 1$$

Por lo que el arreglo de paneles será de un grupo de paneles compuesto de dos paneles en serie.

Dimensionamiento de las baterías.

La batería es un elemento fundamental en un sistema autónomo, debido a que es ella quien debe acumular la energía necesaria para cuando no exista irradiación o esta sea muy baja; la batería debe tener la capacidad de suministrar la energía adicional o total que consuma la carga durante el periodo para el cual fue calculada. Para el dimensionamiento de la batería, es necesario establecer

los días de autonomía que tendrá que soportar, la profundidad de descarga de la batería; para esto se tendrá que determinar el tipo de batería que se va a utilizar, para este proyecto se utilizarán baterías de ion-litio, la cual admite descargas de hasta el 100%, sin embargo, para el diseño se tomarán las descargas solo hasta el 90%, con el fin de asegurar la durabilidad de estas.

Primero se calcula la capacidad nominal del banco de baterías requeridas, que brindará una autonomía de $n=3$ días y la tensión del sistema es de 48V. Se obtiene el consumo medio en amperios hora (Q_{Ah})

$$Q_{Ah} = \frac{2984Wh}{48V} = 62,17Ah$$

$$\text{Capacidad nominal} = \frac{Q_{Ah} * n}{pd} = \frac{62,17 * 3}{0.90} = 208 Ah$$

Las baterías disponibles para este caso son baterías de ion-litio de 24V-180Ah

$$\text{Número de baterías en serie} = \frac{\text{Voltaje banco de baterías}}{\text{Voltaje nominal de la batería}} = \frac{48V}{24v} = 2$$

$$\text{Número de batería en paralelo} = \frac{\text{Capacidad acumulación banco}}{\text{capacidad nominal batería}} = \frac{208 Ah}{180Ah} = 1,15 \approx 2$$

El banco de baterías deberá tener una capacidad nominal mínima de 208 Ah @ 48v para poder dar tres días de autonomía con descarga máxima del 90%

Cálculo del inversor.

Los datos específicos de ambos inversores se podrán encontrar en la última sección de este proyecto denominada apéndice. Una de las principales características por tener en cuenta al momento de elegir un inversor es la eficiencia, la cual indica el rendimiento del equipo, en este caso es de 91,5%.

Para determinar la potencia del inversor de corriente continua a corriente alterna, se deberá elegir un inversor, en el cual la potencia nominal o de salida sea superior al consumo de corriente alterna de la instalación. Además, para efectos del diseño, se evaluará un inversor común que sea compatible con baterías de ion-litio. Contemplando que todos estén conectados al mismo tiempo, por lo que se le aplica un coeficiente de simultaneidad de 70%.

La suma de todas las potencias de la caseta es de $511\text{W} \cdot 70\% = 357,7\text{W}$, por lo que se debe escoger un inversor mayor a esa potencia.

Por lo que se selecciona un inversor cargador multiplus de 500VA.

Selección regulador.

Para este caso se escogió un regulador BlueSolar MPPT 150/35. Las principales especificaciones técnicas que posee son: máxima corriente de entrada 35^{a} y voltaje máximo de entrada de 150V.

Para el arreglo de dos paneles fotovoltaicos conectados en serie, con el fin de comprobar que esta configuración es posible, se realizan los siguientes cálculos:

Se necesita comprobar que los parámetros de voltaje y corriente nominal no superen los máximos admitidos por el regulador elegido. Para comprobar el voltaje de esta configuración, se suman los voltajes nominales de los dos módulos conectados en serie ($39,45\text{c/u}$), que dan un total de $78,9\text{ V}$. Este voltaje está dentro del rango de voltaje de trabajo especificado en la hoja de datos del regulador, en el apéndice C.

Para verificar que los paneles no salen de los parámetros de corriente entrada del controlador, se toma la cantidad de paneles (2) * la potencia (370W) y se divide entre el voltaje del banco de baterías (48V). Eso da $15,41\text{ A}$, por lo que está dentro del modelo que aguanta hasta 35 A .

Ángulo de inclinación

Si la instalación de los módulos se hace de manera fija, se admitirán desviaciones hasta del 10° respecto a la latitud, como se menciona en la sección de marco referencial en el apartado.

$$Im = |\Phi| + 10^{\circ}$$

Donde:

Im: es la inclinación máxima en grados.

Φ : es la latitud del lugar de la instalación.

$$Im = |9^{\circ}| + 10^{\circ} = 19^{\circ} \approx 20^{\circ}$$

El sol varía su ubicación según la estación del año, por esta razón, no siempre los módulos van a recibir la misma radiación por su orientación. La inclinación óptima como se mostró anteriormente es de 20° hacia el sur, debido a que Costa Rica se ubica en el hemisferio norte y es donde se contempla el sol hacia el sur durante más días al año.

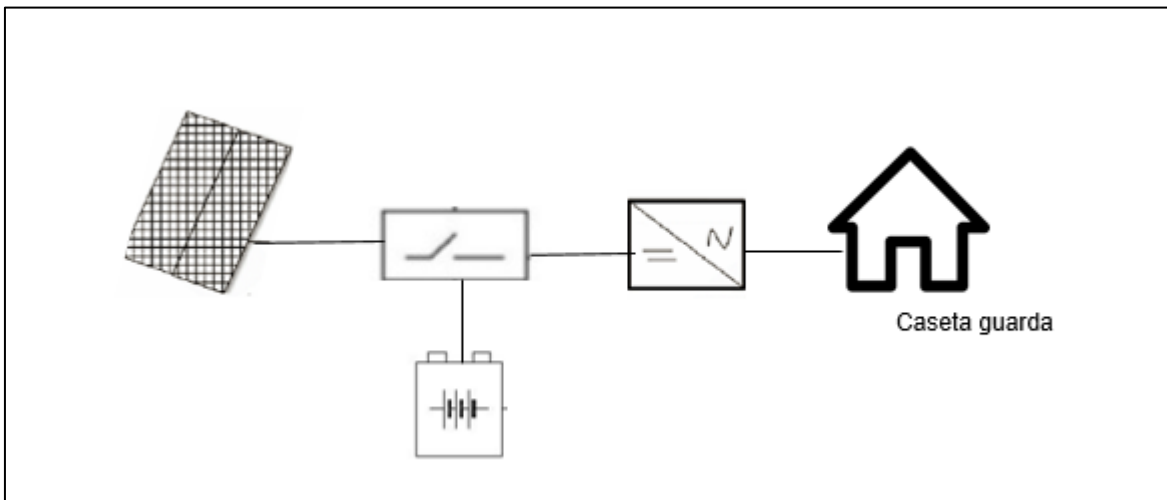


Figura 22. Diagrama caseta de guardas

Fuente: elaboración propia.

Casa guarda parques

Para el estudio se usaron datos suministrados por el ICE, donde el consumo es de 1108,44 KWh/mes según la tabla 4 y 36948Wh/día.

Para determinar el número de paneles, se usará la ecuación:

$$N_p = \frac{E [kWh] \cdot 1000 [W/kW] \cdot P_g [\%]}{D_p [dia] \cdot P [W/panel] \cdot t [h/dia] \cdot \eta_s [\%]}$$

Reemplazando los datos en la ecuación se obtiene:

$$N_p = \frac{1108,44kwh \cdot 1000w/kw \cdot 1}{30 \cdot 370w \cdot 5,30h \cdot 0,90} = 20,9 \approx 21 \text{ paneles}$$

Como la energía consumida se calcula de acuerdo con la potencia de los equipos y al tiempo que se utilizan, según la tabla 4, se realizó con los datos proporcionados por un informe que realizó el ICE del consumo energético, para la casa principal de 1108 KWh/mes es elevado considerando las horas al día que se utilizan los equipos; un ejemplo es la refrigeradora, aunque esta pase conectada las 24 horas del día, el tiempo de uso de esta no es menor a 24 h. Por eso se realizó una nueva tabla con los consumos y horas de uso de los equipos utilizados por los guarda parques.

Cálculo consumo de la casa principal				
Aparato Eléctrico	Potencia kW	Hrs/días utilización	Tiempo de utilización mes(horas al mes)	Consumo energético (KWh/mes)
Cocina	1,2	2	60	72
Refrigeradora	0,89	5	150	133,5
Televisor	0,156	3	90	14,04
Alumbrado interno	0,24	4	120	28,8
Alumbrado externo	0,24	4	120	28,8
Ordenador	0,01	2	60	0,6
Microondas	1,2	0,5	15	18
Aire acondicionado	1,35	4	120	162
Total	5,286			457,74

Tabla 10. Nuevo consumo de la casa de guarda parques

Fuente: elaboración propia.

Como se muestra en la tabla 10, el consumo energético mensual bajó considerablemente, por lo que se volverá a calcular el sistema fotovoltaico.

$$N_p = \frac{457,74 \text{ kwh} * 1000 \text{ w/kw} * 1}{30 * 370 \text{ w} * 5,30 \text{ h} * 0,90} = 8,64 \approx 9 \text{ paneles}$$

Dimensionamiento de las baterías.

Primero se realizará el cálculo de la capacidad nominal de banco de baterías requeridas que trabajará bajo ciclo profundo de descarga de 90% y que brindará una autonomía de n=3 días, previendo que por las condiciones de ubicación se dificulte el abastecimiento del combustible, tomando en consideración el consumo medio diario en Amperios hora (Q_{Ah}) que se despejará de los Kwh diarios entre la tensión de trabajo del sistema que es de 48 V.

$$Q_{Ah} = \frac{15258Wh}{48V} = 317,87Ah$$

Una vez despejado el consumo medio diario, se aplica la siguiente ecuación para obtener la capacidad nominal:

$$\text{Capacidad nominal} = \frac{Q_{Ah} * n}{pd} = \frac{317,87 * 3}{0.90} = 1059,57 \text{ Ah} \approx 1060 \text{ Ah}$$

Las baterías disponibles para este caso son baterías de ion-litio de 24V-180Ah

$$\text{Número de baterías en serie} = \frac{\text{Voltaje banco de baterías}}{\text{Voltaje nominal de la batería}} = \frac{48V}{24v} = 2$$

$$\text{Número de batería en paralelo} = \frac{\text{Capacidad acumulación banco}}{\text{capacidad nominal batería}} = \frac{1060 \text{ Ah}}{180Ah} = 5,8 \approx 6$$

El banco de baterías deberá tener una capacidad nominal mínima de 1060 Ah @ 48v para poder dar tres días de autonomía con descarga máxima del 90%

Dimensionamiento, consumo y vida útil de la celda de combustible

Como se percibió en apartados anteriores, el proyecto tendrá un consumo estimado promedio de 457,47 Kwh mensuales o que serán obtenidos del arreglo de baterías previamente calculado, pero estas baterías deben ser recargadas constantemente, por esto, se utilizará celda de combustible marca Ballard , cuyas características técnicas pueden apreciarse en el apéndice de este documento.

La celda tiene la capacidad de generar 5 Kwh a plena carga con un consumo aproximado de 1.1 L/Kwh y una vida útil de 8000 horas.

Para calcular la cantidad de horas que deberá funcionar la celda, con el objetivo de suplir la corriente necesaria para recargar las baterías, se procede a dividir la carga mensual entre la potencia máxima entregada por el equipo a base de metanol, estimando una eficiencia de carga de 95% debido a posibles pérdidas por temperatura y otras propias de las baterías o acumuladores.

El cálculo se realiza con la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo de operación} = \frac{457,47KWh/mes}{5KW * 0,95} = 96,30 \text{ h (mes)}$$

Tiempo de operación diaria= 3,21h (día)

Teniendo la cantidad de horas estimadas que operará en promedio el generador tipo celda, se procede a estimar la vida útil en años, que, según los datos dados por el fabricante, es de 8000 horas.

$$\text{Vida útil (años)} = \frac{8000h}{96,30h*12} = 6,92 \approx 83\text{meses}$$

También, se estimará el consumo mensual de combustible, según la ficha técnica el rendimiento es de 1.1 L/Kwh @ 5Kwh y se asume eficiencia de carga de las baterías del 95%, por tanto, se efectúa el siguiente cálculo:

$$\text{Consumo mensual en L} = \frac{1.1L}{KWh} * \frac{457,47KWh}{0,95} = 529,70L$$

$$\text{Consumo anual} = 6356,4 L$$

En el caso que se presenten ciertas situaciones donde los paneles solares no puedan mantener las baterías cargadas y la energía almacenada descienda hasta niveles de descarga profunda, se tiene una celda de combustible como respaldo. Y los módulos fotovoltaicos ajustados al 100% del consumo estimado, se procede a hacer el cálculo de la potencia máxima obtenida para cada mes.

Potencia generada y demandada promedio mensual				
Mes	Horas pico sol (HSP)	Potencia requerida KWh	Potencia obtenida KWh	Diferencia KWh
Enero	5,23	457,47	464,7	7,3
Febrero	5,91	457,47	524,8	67,3
Marzo	6,34	457,47	563,3	105,8
Abril	5,85	457,47	519,8	62,3
Mayo	5,23	457,47	464,7	7,3
Junio	5,05	457,47	448,1	-9,3
Julio	4,95	457,47	439,9	-17,6
Agosto	5,40	457,47	479,2	21,8
Septiembre	5,47	457,47	486,0	28,6
Octubre	4,58	457,47	406,4	-51,1
Noviembre	4,86	457,47	431,6	-25,9
Diciembre	4,81	457,47	426,7	-30,8
Total		5489,64	5655,228	165,6

Tabla 11. Potencia generada versus potencia demandada para la casa

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla 11, los meses de junio, julio y de octubre a diciembre son en los que la generación solar no da abasto y requiere respaldo, por lo que se usará como base para dimensionar la celda de combustible.

En el apéndice H se extraen los datos de la celda de combustible que tiene una vida útil de 4000h. Con un rendimiento de 1.3 L/Kwh @ 2.5 Kwh y que se asume eficiencia de carga de las baterías del 95%, ya que la celda entra a trabajar muy pocas horas al año.

Para calcular la cantidad de horas que debe funcionar la celda de combustible para suplir la faltante de energía en los meses de baja generación solar, se divide la carga faltante de cada mes entre la potencia máxima entregada por el equipo a base de metanol, con una eficiencia de carga de 95%, estimando pérdidas de temperatura, baterías o acumuladores.

Para calcular el tiempo de operación de la celda para el mes de junio:

$$\text{Tiempo de operación} = \frac{9,3KWh/mes}{2,5KW*0,95} = 3,91 \text{ h (mes)}$$

$$\text{Consumo combustible (L)} = \frac{1,3L}{KWh} * \frac{9,3KWh}{0,95} = 13L$$

Los cálculos anteriores se repiten para todos los meses que hay déficit de generación solar.

Mes	Déficit de potencia KWh	Horas de operación	Consumo de combustible (L)
Enero	0	0	0
Febrero	0	0	0
Marzo	0	0	0
Abril	0	0	0
Mayo	0	0	0
Junio	9,3	3,91	13
Julio	17,6	7,4	24
Agosto	0	0,0	0
Septiembre	0	0,0	0
Octubre	51,1	21,5	70
Noviembre	25,9	10,9	35
Diciembre	30,8	13,0	42
Total anual	134,7	56,71	184,60

Tabla 12. Horas de operación y consumo de celda de combustible.

Fuente: elaboración propia.

Para calcular los años de vida útil de la celda de combustible, se tiene en cuenta las horas de operación del generador, con los datos del fabricante, la celda tiene una vida útil de 4000h.

$$\text{Vida útil (años)} = \frac{4000h}{56,71} = 70 \text{ años si se consideran las horas de operación anual}$$

Cálculo del inversor.

Para determinar la potencia del inversor de corriente continua a corriente alterna, se deberá tener un inversor, cuya potencia nominal sea mayor al consumo de la sumatoria de todas las potencias de los equipos eléctricos y contando que todos estén conectados al mismo tiempo, por lo que se le aplica un coeficiente de simultaneidad de 70%.

Potencia de las cargas es de $5286 \text{ W} * 70\% = 3700 \text{ W}$

Por lo tanto, el inversor debe ser de un mínimo de 3700 W para este sistema. Por lo que se utilizará un inversor de inversores Quattro 48/5000/70-100/100 de 48V,5000VA que satisface la demanda de la potencia en AC.

Selección regulador.

Para el cálculo de la cantidad del regulador, dependerá del sistema y modelo que se escoja para el diseño. Para este caso se escogió un regulador SmartSolar MPPT 250/85-Tr. Las principales especificaciones técnicas que posee son: máxima corriente de entrada 85A y voltaje máximo de entrada de 250V

Para el diseño de 10 paneles fotovoltaicos, se plantea conectar dos filas acopladas en paralelo de 5 módulos fotovoltaicos conectados en serie cada una. Para comprobar que esta configuración es posible, se realizan los siguientes cálculos:

En este diseño se va a utilizar una conexión serie-paralelo, pero se necesita comprobar que los parámetros de voltaje y corriente nominal no superen los máximos admitidos por el regulador elegido. Para comprobar el voltaje de esta configuración, se suman los voltajes nominales de los 5 módulos conectados en serie (39,45c/u), que dan un total de 197,25V. Este voltaje está dentro del rango de voltaje de trabajo especificado en la hoja de datos del regulador, en la última sección en el apéndice B.

Para verificar que los paneles no salen de los parámetros de corriente entrada del controlador, se toma la cantidad de paneles (10) * la potencia (370W) y se divide entre el voltaje del banco de baterías (48V). Eso da 77 A, por lo que está dentro del modelo que aguanta hasta 85 A. Esto sería para el arreglo de 10 paneles.

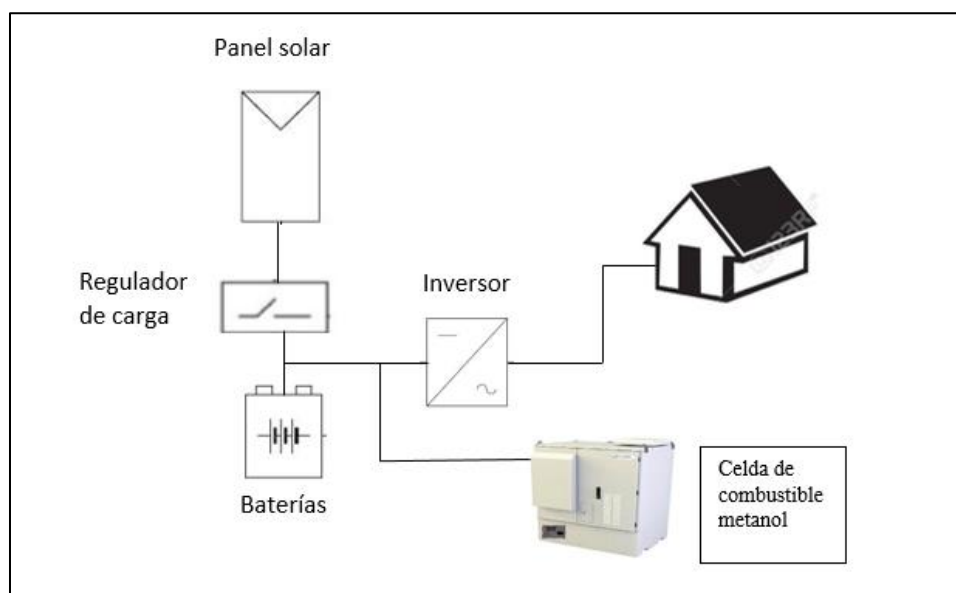


Figura 23. Diagrama casa principal

Fuente: elaboración propia.

Selección de cableado y protecciones

Para los conductores y protecciones de contra sobre tensión se empleará el Código Eléctrico Nacional (NEC) 2008.

En el NEC 2008, se encuentra el dimensionamiento de los conductores y dispositivos de protección contra sobre corriente, el cual dice: “los conductores del circuito y los dispositivos de protección contra sobre corriente deben dimensionarse de modo que conduzcan como mínimo 125 por ciento de la corriente máxima calculada según la sección 690.8A. Se permitirá que la corriente nominal o el ajuste de disparo de los dispositivos de protección contra sobre corriente cumplan lo establecido en las secciones 240.4 B y C”. Todo esto se ubica en el artículo 690.8 B1.

Debido a que el arreglo de los paneles contiene elementos en serie y en paralelo, se deberá buscar la sección de los conductores por tramos de acuerdo con la corriente que circula por ellos, por lo que se utilizará la tabla 310.16 del NEC para seleccionar el calibre del cable adecuado para cada tramo.

Como se manejan los paneles fotovoltaicos en serie, la corriente máxima será igual en todo el circuito, por ende, la corriente de un solo panel será igual en el resto del circuito. Para 10 módulos de 370W la corriente máxima es de 9.38A, los valores se pueden constatar en las fichas técnicas.

Conductor en corriente DC

Conductor para panel.

$$I_{\text{circuito DC}} = I_{\text{max panel}} * 1,25$$

$$I_{\text{circuito Dc}} = 9.91A * 1,25 = 12,38 A$$

Según el NEC 2008 en la tabla 310.16, el calibre por utilizar es de 12 AWG THHN cobre, porque soporta una ampacidad de 25 A. Para este tramo de cable se utilizará una protección contra corriente de 20 A, de acuerdo con los valores normalizados presentes en la tabla 240.6 del NEC 2008.

Para este caso, se tienen dos grupos de cinco paneles que van hacia el controlador. Cada grupo debe protegerse en el positivo y negativo. Típicamente se utiliza una combiner box para esto. Se pueden observar en el apéndice J y apéndice K.

Conductor en corriente alterna AC

En el NEC 2008 artículo 690.10 B, dimensionamiento y protección dice que: “los conductores entre el circuito de la salida del inversor y el medio de desconexión del edificio o estructura deben estar dimensionados con base en el valor nominal de salida del inversor. Estos conductores deben de protegerse contra sobre corrientes de acuerdo con el artículo 240. Dicha protección debe ubicarse en la salida del inversor”, sin embargo, no hay que olvidar el artículo 690.8 B1. Para efectos de este proyecto se utiliza un tipo de inversores de 5000W. El valor de corriente máxima se encuentra en la ficha técnica, es de 70 A.

Conductores para inversor para caseta.

$$I_{\text{Circuito AC}} = I_{\text{max inversor}} * 1.25$$

$$I \text{ Circuito AC} = 10,42 \text{ A} * 1.25 = 13 \text{ A}$$

Conductor para inversor casa.

$$I \text{ Circuito AC} = I_{\text{max inversor}} * 1.25$$

$$I \text{ Circuito AC} = 41,7 \text{ A} * 1.25 = 52,12 \text{ A}$$

El NEC 2008, en su apartado de tabla 310.16, se escoge el calibre para los inversores, en el caso del inversor de 5kW se elige 6 AWG THHN cobre, ya que este soporta 55 amperes y para el inversor de 500W se eligió un calibre de 12 AWG THHN cu, que soporta hasta 25 A.

Para la protección en AC, se utiliza el artículo 240.6 A del NEC, se escoge una protección de 15 A. para caseta y para la casa una protección de 60 A.

Puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra aumenta la seguridad y minimiza el efecto de los rayos y otras sobretensiones incluidas en los equipos. Para la puesta a tierra, se hace con conductores de 6 AWG THHN cu. Se debe considerar según el NEC 250.56 que la impedancia del sistema a la puesta a tierra sea de menos de 25 ohmios. Para tener una impedancia lo suficientemente baja para limitar la tensión a tierra y facilitar el funcionamiento de los dispositivos de protección del circuito.

Para cada instalación se hace una puesta a tierra compuesta con máximo tres jabinas, considerando que la impedancia no sea mayor a los 25 ohm y lo más cerca posible del tablero. Por otra parte, para el muelle se implementarán sistemas de iluminación públicos con sistema fotovoltaico incorporado como se muestra en el apéndice G.

Iluminación vía pública y muelle

Para iluminar el muelle y la vía pública, se hará por medio de una instalación de iluminación exterior mediante lámparas solares led, estas lámparas tienen un sistema fotovoltaico incorporado mediante el aprovechamiento de la energía solar. Se utilizará un sistema de alumbrado público modelo HT-SS-8040, como se pueden observar en el apéndice G.

Deben instalarse las farolas en puntos en que la radiación solar sea máxima. Se debe evitar instalar este tipo de columnas en zonas con árboles que puedan producir sombras, ya que en este

caso los ciclos de carga de las baterías serían pequeños y, por consiguiente, la autonomía sería de pocas horas.

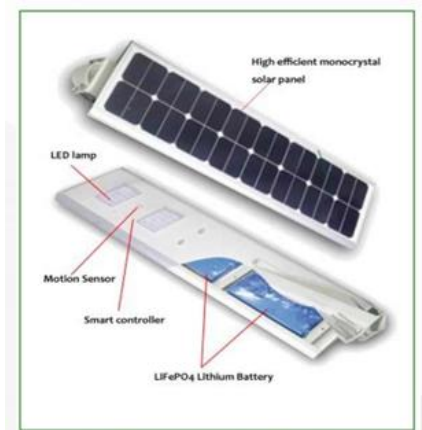


Figura 24. Sistema de iluminación público

Fuente. (HitechLED, s.f.).

El trayecto para iluminar el camino tiene una longitud de 600 m y su anchura es de unos 4 metros aproximadamente; para disponer de una iluminación homogénea, se necesita instalar una farola cada 15 m aproximadamente, ya que este tipo de lámparas se recomienda colocar con una separación de 15 a 20m, resultando un total de 39 farolas.

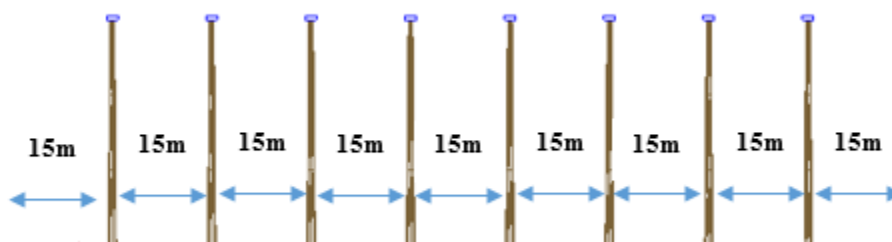


Figura 25. Vista frontal distribución de las lámparas

Fuente. Propia

En la figura 25 se puede observar la distribución de las lámparas con una separación de 15m entre cada farola, para un total de 39 lámparas para los 600m.

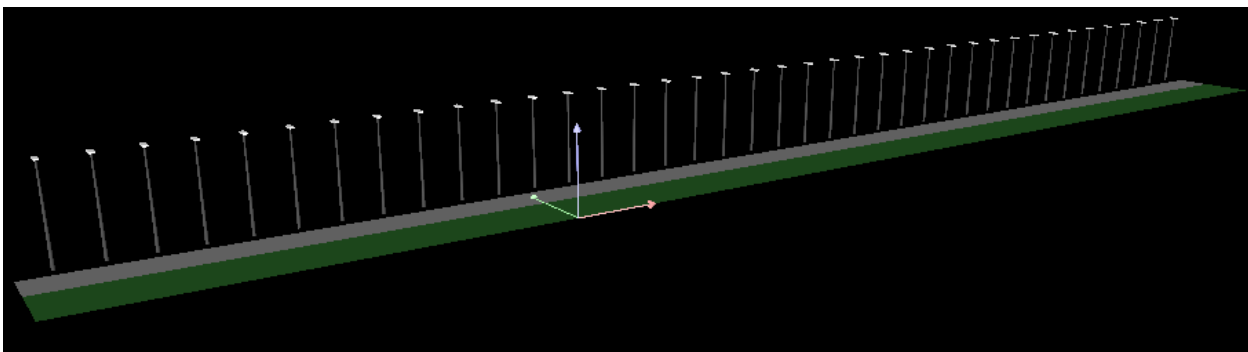


Figura 26. Alumbrado muelle

Fuente. Propia

En la figura 26 muestra en 3D el alumbrado público conformado por 39 lámparas solares led, las cuales se instalarían al lado izquierdo del camino peatonal para ingresar a la isla, con ayuda del programa dialux.

Se decidió utilizar celdas de metanol ya que el combustible a base de metanol el cual tiene como base el gas natural y es un excelente combustible limpio. Es un alcohol que es soluble en agua y biodegradable, y se produce naturalmente en el medio ambiente, este puede ser obtenido a partir de la destilación de material orgánico (madera), también se puede hacer de los recursos renovables como residuos sólidos urbanos y aguas residuales.

En comparación con el diésel Genera menor contaminación ambiental, como se observa en la figura 11 donde se compara la celda de combustible de metanol y un generador diésel.

Determinación de costo de la inversión inicial

Para el análisis de este tipo de instalación, se tomarán en cuenta los costos de cada uno de los equipos que formarán parte del sistema fotovoltaico y de acuerdo con los datos obtenidos de los cálculos realizados y los elementos seleccionados conforme a ellos para un sistema fotovoltaico autónomo en el antiguo precinto en la isla San Lucas. En las siguientes tablas se muestran las principales características de cada uno de los elementos por utilizar, así como la cantidad y costo de cada uno de ellos.

Costo inversión caseta (baterías)				
Equipo	Características o modelo	Unidades		Total

			Precio unitario	
Panel solar	JAM/2S01 350-370/PR	2	\$ 195,00	\$ 390,00
Regulador	BlueSolar MPPT 150/35	1	\$ 340,00	\$ 340,00
Inversor	Inversor/cargador MultiPlus	1	\$ 489,00	\$ 489,00
Baterías	180A@24V	4	\$ 310,00	\$ 1.240,00
Otros elementos			Total costo equipos	\$ 2.459,00
Cables y protecciones	Estimación del 3% del costo de equipos			\$ 73,77
Gastos administrativos	Estimación del 2% del costo de equipos			\$ 49,18
Instalación	Estimación del 30% del costo de equipos			\$ 737,70
Costo total de inversión				\$ 3.319,65

Tabla 13.Costo inicial caseta

Fuente: elaboración propia.

En la tabla anterior se tiene un subtotal de \$ 2.459, a este se le suman otros costos que vienen dados por porcentajes, como cables y protecciones con 3%, gastos administrativos con el 2% y mano de obra e instalación con un 30%. Normalmente, la mano de obra se calcula con un 10% del valor de los equipos por instalar, pero se decide aumentar ese porcentaje, tomando en cuenta varios factores para este proyecto, como lo son la lejana locación y para transportar los materiales o equipos a la zona, el único medio de transporte es por lancha.

Seguidamente, se realiza la estimación de la inversión para la casa de guarda parques, en la que sigue los mismos lineamientos y condiciones de la caseta, en lo que respecta a la estimación de cableado y protección, gastos administrativos e inversión.

Costo inversión casa (baterías y celda de combustible)				
Equipo	Características o modelo	Unidades	Precio unitario	Total
Panel solar	JAM/2S01 350-370/PR	10	\$ 195,00	\$ 1.950,00
Regulador	SmartSolar MPPT 250/85-Tr	1	\$ 964,28	\$ 964,28
Inversor	Inversor Quattro 5000VA	1	\$ 2.635,70	\$ 2.635,70
Baterías	180A@24V	12	\$ 310,00	\$ 3.720,00
Celda combustible	ElectraGen-Me	1	\$60.000,00	\$60.000,00
Combustible	Tanque 1000L	1	\$ 124,22	\$ 124,22
Otros elementos		Total costo equipos		\$69.394,20
Cables y proteccion	Estimación del 3% del costo de equipos			\$ 2.081,83
Gastos administrati	Estimación del 2% del costo de equipos			\$ 1.387,88
Instalación	Estimación del 30% del costo de equipos			\$20.818,26
Costo total de inversión				\$93.682,17

Tabla 14.Costo inversión casa principal

Fuente: elaboración propia.

La inversión total del proyecto se muestra en la tabla 15:

Detalle	Cantidad	Precio unitario	Valor total
Sistema paneles solares caseta	2	\$ 3.319,65	\$ 6.639,30
Sistema paneles solares casa	1	\$ 93.682,17	\$ 93.682,17
Sistema iluminación con sistema fotovoltaico directo	39	\$ 1.480,00	\$ 57.720,00
Total inversión			\$ 158.041,47

Tabla 15.Inversion total proyecto

Fuente: elaboración propia.

Proyección de costos para un periodo de 25 años

En el apartado anterior, se puede observar la inversión inicial, pero también es necesario determinar el costo total en el transcurso de los años de operación, por lo que se realizarán los cálculos pertinentes tomando en cuenta el costo de mantenimiento, posibles renovaciones de equipos de acuerdo con su vida útil y el consumo de combustible que tiene un costo de \$4 por litro; este precio es estimado, ya que no se pudo obtener una cotización de ningún proveedor. Además de un costo por transporte de \$72 aproximado ya que no se cuenta con una cotización del valor de

transportes de equipos a la isla, por lo que se tomó como referencia viajes que se realizan a la isla por tour en ferry o lanchas.

Para realizar este análisis, se proyectará a un periodo de 25 años, debido a que la vida útil de las lámparas para alumbrado público y la de los paneles solares es de 25 años aproximadamente.

Se considerará un aumento de 5% anual de los costos que se den después de haber pasado un año, esto debido a la posible inflación que se pueda dar en el transcurso de los años.

En la columna del valor inicial, no se incluye ninguno, debido a que la vida útil proyectada no requerirá cambios de filtro para la celda.

Costo de operación para 25 años					
Año	Inversión inicial y cambio de equipos	Combustible	Mantenimiento	Transporte	Total anual
1	\$158.041,57	\$738,4	\$1.580	\$72	\$160.432
2	\$0	\$775,3	\$1.659	\$76	\$2.510
3	\$0	\$814,1	\$1.742	\$79	\$2.636
4	\$0	\$854,8	\$1.830	\$83	\$2.768
5	\$0	\$897,5	\$1.921	\$88	\$2.906
6	\$0	\$942,4	\$2.017	\$92	\$3.051
7	\$0	\$989,5	\$2.118	\$96	\$3.204
8	\$0	\$1.039	\$2.224	\$101	\$3.364
9	\$0	\$1.091	\$2.335	\$106	\$3.532
10	\$0	\$1.146	\$2.452	\$112	\$3.709
11	\$0	\$1.203	\$2.574	\$117	\$3.894
12	\$0	\$1.263	\$2.703	\$123	\$4.089
13	\$0	\$1.326	\$2.838	\$129	\$4.294
14	\$0	\$1.392	\$2.980	\$135	\$4.508
15	\$0	\$1.462	\$3.129	\$142	\$4.733
16	\$0	\$1.535	\$3.286	\$149	\$4.970
17	\$0	\$1.612	\$3.450	\$157	\$5.218
18	\$0	\$1.692	\$3.622	\$165	\$5.479
19	\$0	\$1.777	\$3.803	\$173	\$5.753
20	\$0	\$1.866	\$3.994	\$182	\$6.041
21	\$0	\$1.959	\$4.193	\$191	\$6.343
22	\$0	\$2.057	\$4.403	\$200	\$6.660
23	\$0	\$2.160	\$4.623	\$210	\$6.993

24	\$0	\$2.268	\$4.854	\$221	\$7.343
25	\$0	\$2.381	\$5.097	\$232	\$7.710
Total inversión del período					\$272.143
Costo traído a valor presente					\$18.502,27

Tabla 16. Costos operativos

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO V CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

1. Al inicio del proyecto, se tenía como objetivo estudiar las microrredes eléctricas para implementarlas en la isla San Lucas; se estudiaron tanto las microrredes como los sistemas *off grid* con energía renovable y debido a que la isla San Lucas fue declarada como Refugio Nacional de Vida Silvestre, que en su mayoría está conformada por vegetación y se promueve la conservación ambiental y pautas sostenibles que respeten la conservación del refugio, se debe tomar en cuenta el cableado eléctrico, ya que para la instalación de microrredes se necesita de una red eléctrica, ya sea aérea o subterránea, cuyo costo de construcción sería elevado. Además, se debe considerar el impacto sobre la flora, al tener que cortar árboles para montar los postes que sostendrían los cables. También, se tendría que tomar en cuenta el equipo para la instalación y mano de obra, considerando que el único medio de transporte para llegar a la isla es en lanchas.

Y, aunque desde el punto de vista económico la viabilidad del proyecto puede verse comprometida, el motivo por el que se ha optado por este tipo de instalación es el entorno en el que se encuentra el antiguo penal, el cual está ubicado en la isla San Lucas, donde existe un gran compromiso con el medio ambiente. Por lo anterior, se concluyó que la mejor opción para satisfacer la demanda eléctrica de la isla San Lucas es por medio de sistemas fotovoltaicos aislados.

2. Los datos que fueron proporcionados por el Instituto Meteorológico Nacional se analizaron desde el año 2013 hasta el 2018 (tabla 6 del análisis de resultados) y luego se obtuvo un promedio de los niveles de radiación solar del 2016 al 2018, para obtener datos más precisos (véase en la tabla 7, sección análisis de resultados).

Puntarenas presenta dos estaciones climáticas bien diferenciadas: estación seca de diciembre a abril y la estación lluviosa que va de mayo a noviembre, como se observa en la tabla 4, donde de diciembre a abril los valores de radiación van incrementando y a partir de mayo la radiación baja. Se puede observar mejor en el gráfico 2 que corresponde al promedio 2016-2018, muestra que la radiación solar asciende de enero a marzo y empieza a descender a partir de abril, luego sufre un ligero aumento en agosto, pero aun así no llega a igualar los primeros tres meses. Cabe destacar que estos análisis se realizaron en MJ/m². Los valores

en MJ/m² se pasan a horas solares pico (HSP) como se observa en la tabla 8 correspondiente a brillo solar.

No se logró obtener información sobre la velocidad del viento en la isla San Lucas, ya que la estación más cercana a esa zona es Puntarenas y desde hace muchos años dejó de obtener datos con respecto al viento. Por lo que se determinó la energía solar como la más factible por utilizar para la implementación de sistemas autónomos con tecnología fotovoltaica, según los datos de irradiación solar en Puntarenas.

3. Conforme al estudio realizado, se determina que el proyecto para la caseta debe conformarse por dos paneles solares JAM/2S01 350-370/PR de 370W cada uno, un regulador MPPT Victron Energy BlueSolar MPPT 150/35, banco de baterías con capacidad de 208 Ah @ 48v y un inversor/cargador MultiPlus de 500W.

Y para la casa principal debe estar conformada por 10 paneles solares JAM/2S01 350-370/PR de 370W cada uno, un regulador Victron Energy SmartSolar MPPT 250/85-Tr, un inversor Quattro 5000VA, un banco de baterías con capacidad de 1060 Ah @ 48v, conformado por baterías de ion-litio y un generador de celdas de combustible de metanol ElectraGen ME de 5KW.

4. Según los cálculos realizados, se define el diseño de los diagramas unifilares en el apartado de Propuesta.
5. La tecnología para el uso de metanol ha estado en desarrollo durante varios años y se piensa en el metanol como un reemplazo para el diésel. En la figura 14 se observa la comparación de las celdas de combustible versus el generador diésel, siendo la principal ventaja del metanol sobre el diésel que produce menos contaminantes cuando se quema.
Por eso se optó por utilizar celdas de combustible de metanol, además de que la isla cuenta con problemas de vandalismo y se presentaban robos del diésel.
6. En caso de una avería o eventual falla en el sistema fotovoltaico, se cuenta con el respaldo de la celda de combustible y la carga almacenada de las baterías, con lo que la casa y las casetas tendrán la capacidad de seguir operando sin interrumpir los servicios, mientras se

realizan las reparaciones pertinentes, pero esto tendría un incremento en el combustible y una disminución en la vida útil de la celda, ya que se usaría como fuente principal de suministro de energía.

7. Y en caso de fallo de la celda de combustible, el sistema de paneles y baterías tendrá la capacidad de dar total autonomía tanto a la casa como a las casetas de guardas, en los meses de mayor radiación y en los meses donde haya menor incidencia de radiación, por lo menos durante tres días que son los de autonomía.

8. Para la iluminación de la vía pública de la isla, se optó por un sistema de lámparas con sistema fotovoltaico integrado, con las cuales se quiere la implantación de energía renovable e incentivar el ahorro energético. La instalación de 39 farolas solares tiene un consumo eléctrico de la red nulo y cero emisiones de CO₂ a la atmósfera, dado que se trata de lámparas que utilizan la energía solar para cargar sus baterías, las cuales utilizan para alimentar las luminarias LED, siendo toda la energía utilizada 100% renovable.

Recomendaciones

1. Basado en los estudios y datos obtenidos, se recomienda que, para la isla San Lucas, se instalen sistemas fotovoltaicos independientes en vez de una microrred, ya que el sistema autónomo para este caso es más rentable y amigable con el ambiente, conformado por un generador fotovoltaico, banco de baterías y celda de combustible.
2. Se recomienda colocar una sola puesta tierra por la cercanía de la casa con la caseta, esta se instalaría lo más cerca posible del tablero de la casa aterrizada con una jabalina, considerando que la impedancia sea menor a 25 ohm o si no se colocarían más jabalinas, mejorando la puesta tierra y luego conectando la puesta tierra del tablero de la casa con el tablero de la caseta.
3. Lo recomendable es contratar a una empresa con experiencia en instalaciones fotovoltaicas que dé un buen servicio de mantenimiento, instalación y garantía, para un funcionamiento eficaz del sistema. Además de tener la garantía de que los responsables de la instalación les den el seguimiento necesario a los equipos y al sistema en general, en caso de ser requerido intervenirlos.
4. Este proyecto está siendo estudiado por el ICE para poder efectuarlo, por lo que se estima más adelante implementar sistemas de telecomunicaciones que estén conectados al sistema fotovoltaico propuesto.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Basado en el estudio y los resultados obtenidos, se propone implementar sistemas fotovoltaicos autónomos (off grid) tanto para la caseta de guardas como para la casa principal.

Para el diseño propuesto como solución por implementar en la isla San Lucas, se pretende utilizar como fuente principal de alimentación energética, generación fotovoltaica compuesta por 10 módulos fotovoltaicos JAM72S01 350 370/PR (JA Solar), los cuales son capaces de alimentar la casa y cargar las baterías durante las horas de radiación, para que durante las horas que no se disponga de luz sean capaces de alimentar las cargas. Además, para la caseta, se implementarán dos paneles solares JAM72S01 350 370/PR (JA Solar) y baterías.

Las dimensiones de la casa principal se desarrollaron con el consumo energético mensual de la tabla 10, ya que el consumo en la tabla 4 fue dado por un informe realizado por el ICE, el cual se consideró que era muy elevado para el consumo realizado por los funcionarios de la isla, en el cual el consumo disminuyó considerablemente tomando en cuenta las horas de uso de los equipos.

Se decidió utilizar una celda de combustible ElectraGen ME a base de metanol de HydroPlus (63% metanol / 37% agua desionizada), la cual cumple la función de dar respaldo al sistema, recargando las baterías cuando el generador fotovoltaico baje la producción de energía y no pueda suplir la demanda de energía requerida. El sistema cuenta con bancos de batería de ion-litio con una capacidad de 180 A y 24V de ciclos profundos de descarga del 90%

El proyecto se estima que tenga una vida útil de 25 años, ya que la mayoría de los equipos tienen una vida útil de 25 años.

Los equipos propuestos para este diseño se escogieron en relación con su rendimiento y amigables con el ambiente, ya que el proyecto se implementaría en un refugio nacional de vida silvestre que cuenta con pautas sostenibles y regulaciones referidas a cualquier tipo de contaminación. Y al usar paneles solares, se obtiene energía 100% libre de emisiones contaminantes y con las celdas de combustible a base de metanol no se consiguen emisiones de gases contaminantes, ya que la combustión final de la celda es agua y la contaminación sónica es menor que un generador de diésel. Por otra parte, para la iluminación de la vía pública de la isla, se optó por un sistema de lámparas con sistema fotovoltaico integrado, las cuales emiten cero emisiones de CO₂ a la atmósfera, ya que la energía utilizada es 100% renovable.

Se utilizaron inversores cargadores de 48V perfectos para viviendas habituales, ya que, cuando la tensión de las baterías baja hasta el mínimo, activan la función cargador y controladores de carga MPPT para ambos casos, los cuales son utilizados para sistemas de más 2 placas solares y tienen mayor capacidad de voltaje de entrada, mayor capacidad de VA .

El costo de la inversión total para el proyecto es de \$158.041,47. El sistema fotovoltaico para caseta tiene una capacidad de 740 W, un banco de baterías de 17280 W/h de almacenamiento y para la casa tiene una capacidad de 3700 W, un banco de baterías 51840W/h y una celda de combustible de metanol de 2.5KV

Diagramas unifilares

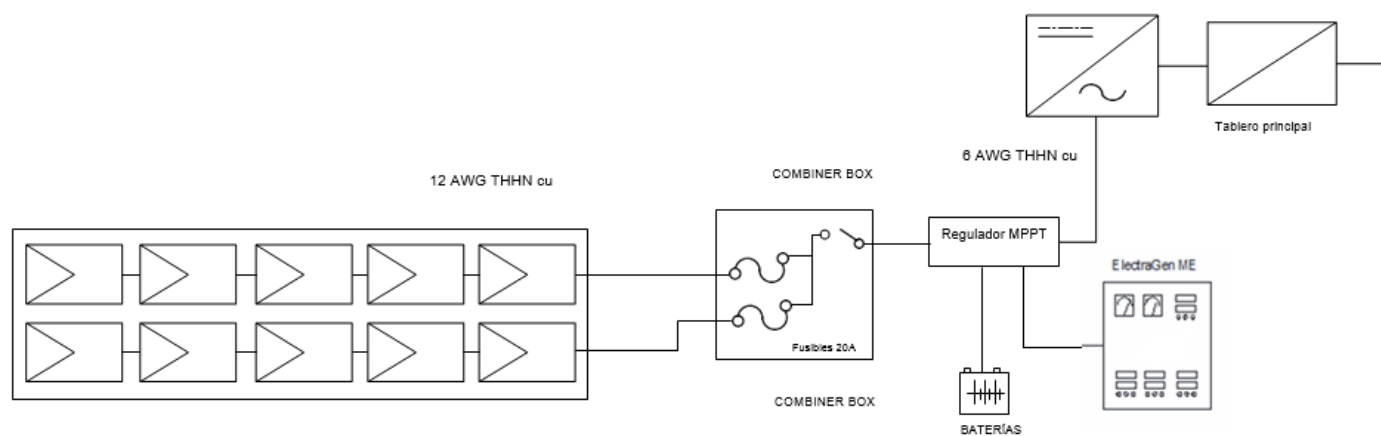


Figura 27. Diagrama casa

Fuente. AUTOCAD

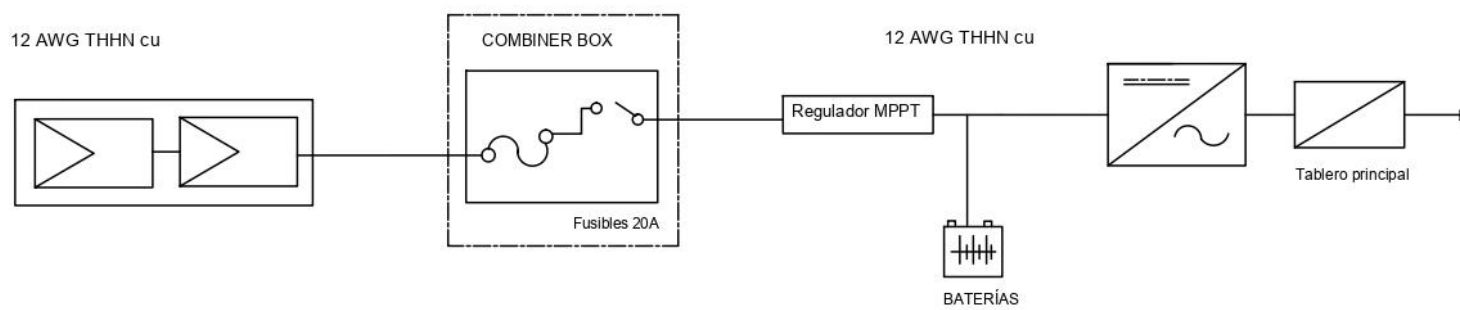


Figura 28. Diagrama caseta

Fuente. AUTOCAD

Bibliografía

- Ducoy, F. R. (s.f.). *Implantación de energías renovables en una planta de producción de amoníaco*. Escuela Superior de Ingenieros de Sevilla. Recuperado de <http://bibing.us.es/proyectos/abreproy/5145/fichero/3.+%C2%BFQu%C3%A9+es+una+microrred.pdf>
- Energías renovables. (29 de diciembre de 2014). *Tipos de pilas de combustible*. Recuperado de <http://www.energiasrenovablesinfo.com/hidrogeno/pilas-combustibles-tipos/>
- Energyst. (s.f.). *Micro Redes*. Recuperado de <https://www.energyst.com/es/noticias/micro-redes/>
- Ferrero, L. (2010). *Centro de Investigación y Conservación del Patrimonio del Ministerio de Cultura y Juventud, Costa Rica, Isla San Lucas*. Recuperado de <file:///E:/Downloads/598-717.pdf>
- Grupel. (s.f.). *Cómo funciona un generador de diésel*. Recuperado de <https://grupel.eu/es/grupel-es/como-funciona-generador-diesel/>
- Instituto de síntesis química y catálisis homogéneas (ISQCH). (s.f.). *Celdas de combustible*. Recuperado de <http://www.isqch.unizar-csic.es/ISQCHportal/celdasDeCombustible.d>
- Intralogística.es. (s.f.). *Una comparación entre las baterías de ácido plomo y las baterías de iones litio*. Recuperado de <http://intralogistica.es/?p=309>
- Linadium energy. (s.f.). *Rentabilidad y funcionalidad del litio frente a otros tipos de baterías*. Recuperado de <http://www.hybridsteingroup.com/rentabilidad-y-funcionalidad-de-el-litio-frente-a-otros-tipos-de-baterias/>
- Microrredes. (s.f.). *Artículo sobre microrredes*. Recuperado de https://library.e.abb.com/public/b6a03525202d4743b31b42f114b47d1b/3840%203m6048_ES_72dpi.pdf
- Salazar, C. (20 de setiembre de 2018). *Costa Rica busca fortalecer el turismo en Isla San Lucas. El país.Cr*. Recuperado de <https://www.elpais.cr/2018/09/20/costa-rica-busca-fortalecer-el-turismo-en-isla-san-lucas/>
- Smartgridinfo. (s.f.). *Smart Grid*. Recuperado de <https://www.smartgridsinfo.es/smart-grid>

Torre, A. (2016). *Evaluación del sistema de suministro de energía con paneles solares fotovoltaicos para el edificio de posgrados de la Universidad Libre sede El Bosque*. (Tesis de Maestría). Universidad Libre, Colombia. Recuperado de <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/10443/Tesis%20%20Evaluacion%20Fotovoltaica.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Universidad de Costa Rica (UCR). (2017). *Aporte de la UCR permitirá avanzar hacia la integración de la energía solar en el esquema energético costarricense*. Recuperado de <https://www.ucr.ac.cr/noticias/2017/03/27/aporte-de-la-ucr-permitira-avanzar-hacia-la-integracion-de-la-energia-solar-en-el-esquema-energetico-costarricense.html>

Weno Work. (3 de febrero de 2017). *Las redes inteligentes smart grid*. Recuperado de <https://wenuwork.cl/las-redes-inteligentes-smart-grid/>

Apéndices

Apéndice A. Fichas técnicas panel solar de 370 W



Harvest the Sunshine

Mono 370W PERC Module
JAM72S01 350-370/PR Series

Introduction

Powered by high-efficiency PERCIUM cells, this series of high-performance modules provides the most cost-effective solution for lowering the LCOE of any PV systems large or small.



5 busbar solar cell design



Higher output power



Excellent low-light performance



Lower temperature coefficient

Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730, UL 1703, IEC TS 62804, IEC 61701, IEC 62716, IEC 60068-2-68
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



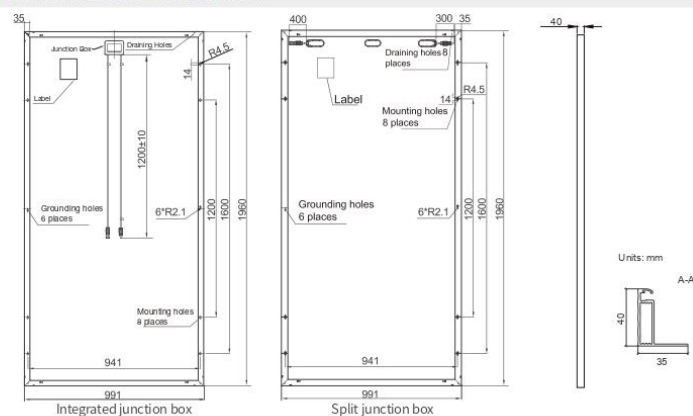
JA SOLAR

www.jasolar.com

Specifications subject to technical changes and tests.
JA Solar reserves the right of final interpretation.



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	22kg±3%
Dimensions	1960mm×991mm×40mm
Cable Cross Section Size	4mm ²
No. of cells	72(6x12)
Junction Box	IP67, 3 diodes
Connector	MC4 Compatible(1000V) QC 4.10-35(1500V)
Packaging Configuration	27 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM72S01 -350/PR	JAM72S01 -355/PR	JAM72S01 -360/PR	JAM72S01 -365/PR	JAM72S01 -370/PR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	350	355	360	365	370
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	47.24	47.45	47.66	47.93	48.18
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	38.58	38.76	38.96	39.21	39.45
Short Circuit Current(Isc) [A]	9.61	9.69	9.81	9.85	9.91
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.07	9.16	9.24	9.31	9.38
Module Efficiency [%]	18.0	18.3	18.5	18.8	19.0
Power Tolerance	0~+5W				
Temperature Coefficient of Isc(α _{Isc})	+0.060%/°C				
Temperature Coefficient of Voc(β _{Voc})	-0.300%/°C				
Temperature Coefficient of Pmax(γ _{Pmp})	-0.380%/°C				
STC	Irradiance 1000W/m ² , cell temperature 25°C, AM1.5G				

Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer. They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

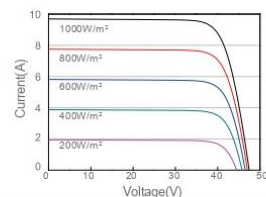
TYPE	JAM72S01 -350/PR	JAM72S01 -355/PR	JAM72S01 -360/PR	JAM72S01 -365/PR	JAM72S01 -370/PR
Rated Max Power(Pmax) [W]	257	261	265	268	272
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	43.68	43.88	44.10	44.33	44.55
Max Power Voltage(Vmp) [V]	35.78	35.81	36.03	36.25	36.50
Short Circuit Current(Isc) [A]	7.61	7.68	7.74	7.80	7.86
Max Power Current(Imp) [A]	7.19	7.29	7.34	7.40	7.45
NOCT	Irradiance 800W/m ² , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G				

OPERATING CONDITIONS

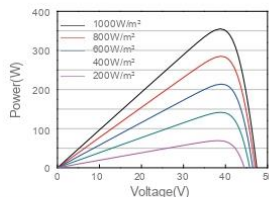
Maximum System Voltage	1000V/1500V DC(IEC)
Operating Temperature	-40°C~+85°C
Maximum Series Fuse	20A
Maximum Static Load,Front	5400Pa
Maximum Static Load,Back	2400Pa
NOCT	45±2°C
Application Class	Class A

CHARACTERISTICS

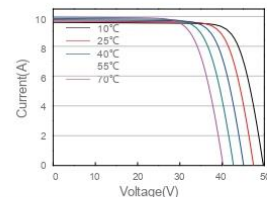
Current-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Power-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Current-Voltage Curve JAM72S01-355/PR



Apéndice B. Fichas técnicas regulador 250/85



Controladores de carga SmartSolar 250V y 99% de eficiencia MPPT 250/60, 250/70, 250/85 & 250/100

Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT)

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

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

En casos de nubosidad parcial, pueden darse dos o más puntos de máxima potencia (MPP) en la curva de tensión de carga. Los MPPT convencionales suelen seleccionar un MPP local, que no necesariamente es el MPP óptimo. El innovador algoritmo de SmartSolar maximizará siempre la recogida de energía seleccionando el MPP óptimo.

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%.

Algoritmo de carga flexible

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

Amplia protección electrónica

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

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

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



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



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

Bluetooth Smart integrado: no necesita mochila

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

VE.Direct

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

On/Off remoto

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

Relé programable

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

Opcional: pantalla LCD conectable

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



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

Apéndice C. Ficha técnica controlador MPPT 150/35

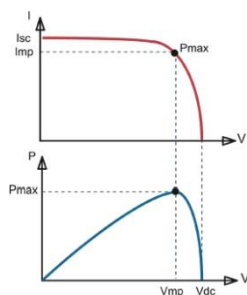


Controlador de carga BlueSolar MPPT 150/35

www.victronenergy.com



Controlador de carga solar
MPPT 150/35



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:

Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V). El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:

Potencia de salida $P = I \times V$ como función de tensión de salida. Si se utiliza un controlador PWM (no MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a Vmp.

Seguimiento ultrarrápido del punto de máxima potencia (MPPT, por sus siglas en inglés)

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

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

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

Los MPPT convencionales tienden a seleccionar un MPP local, que pudiera no ser el MPP óptimo.

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

Excepcional eficiencia de conversión

Sin ventilador. La eficiencia máxima excede el 98%. Corriente de salida completa hasta los 40°C (104°F).

Algoritmo de carga flexible

Algoritmo de carga totalmente programable (consulte la sección Asistencia y Descargas > Software en nuestra página web), y ocho algoritmos preprogramados, seleccionables mediante interruptor giratorio (ver manual para más información).

Amplia protección electrónica

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

Protección de cortocircuito y polaridad inversa en los paneles FV.

Protección de corriente inversa FV.

Sensor de temperatura interna

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

Opciones de datos en pantalla en tiempo real

- Smartphones, tabletas y otros dispositivos Apple y Android consulte "VE.Direct" y la mochila Bluetooth Low Energy"
- Panel ColorControl



Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/35
Tensión de la batería	Selección Automática 12 / 24 / 36 / 48 V (se necesita una herramienta de software para seleccionar 36 V)
Corriente de carga nominal	35 A
Potencia FV máxima 1a,b)	12V: 500W / 24V: 1000W / 36V: 1500W / 48V: 2000W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo
Eficacia máxima	98 %
Autoconsumo	0,001 mA (1 µA)
Tensión de carga de "absorción"	Valores predeterminados: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6 V (ajustable)
Tensión de carga de "flotación"	Valores predeterminados: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2 V (ajustable)
Algoritmo de carga	variable multietapas
Compensación de temperatura	-16 mV / °C, -32 mV / °C resp.
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible, no accesible por el usuario) Polaridad inversa FV Cortocircuito de salida Sobretemperatura
Temperatura de trabajo	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Humedad	95 %, sin condensación
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web
CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales de conexión	13 mm ² / AWG6
Tipo de protección	IP43 (componentes electrónicos), IP22 (área de conexión)
Peso	1,25 kg
Dimensiones (al x an x p)	130 x 186 x 70 mm
ESTÁNDARES	
Seguridad	EN/IEC 62109
1a) Si se conecta más potencia FV, el controlador limitará la potencia de entrada al máximo estipulado. 1b) La tensión FV debe exceder en 5V la Vbat (tensión de la batería) para que arranque el controlador. Una vez arrancado, la tensión FV mínima será de Vbat + 1V.	

Apéndice D. Ficha técnica inversor 500W



Inversor/Cargador MultiPlus 500VA - 1200VA

12 / 24 / 48V

www.victronenergy.com

Fiabilidad probada

La topología de puente completo más transformador toroidal ha demostrado su fiabilidad a lo largo de muchos años. El inversor está a prueba de cortocircuitos y protegido contra el sobrecalentamiento, ya sea debido a una sobrecarga o a una temperatura ambiente elevada.

PowerControl – Potencia limitada del generador, de la toma de puerto o de la red (800VA/1200VA)

En el Panel Multi Control puede establecerse una corriente máxima proveniente del generador o del pantalán. El MultiPlus tendrá se hará cargo de otras cargas CA y utilizará la corriente sobrante para la carga, evitando así sobrecargar el generador o la toma de puerto.

PowerAssist – Aumento de la capacidad eléctrica de la toma de puerto o del generador (800VA/1200VA)

Cuando se requiera un pico de potencia durante un corto espacio de tiempo, como pasa a menudo, el MultiPlus compensará inmediatamente la posible falta de potencia de la corriente de la red o del generador con potencia de la batería. Cuando se reduce la carga, la potencia sobrante se utiliza para recargar la batería.

Alta potencia de arranque

Necesaria para arrancar cargas con una alta corriente de irrupción, como convertidores para lámparas LED, halógenas o herramientas eléctricas.

Modo de búsqueda

Cuando el modo de búsqueda está activado, el consumo del inversor en funcionamiento sin carga disminuye aproximadamente un 70%. En este modo el Multi, cuando funciona en modo inversor, se apaga si no hay carga o si hay muy poca, y se vuelve a conectar cada dos segundos durante un breve periodo de tiempo. Si la corriente de salida excede un nivel preestablecido, el inversor seguirá funcionando. En caso contrario, el inversor volverá a apagarse.

Relé programable

El relé programable está configurado de forma predeterminada como relé de alarma, es decir, el relé se desenergizará en caso de alarma o alarma previa (el inversor está demasiado caliente, la ondulación de la entrada es casi demasiado alta y la tensión de la batería está demasiado baja).

Conector remoto de On/Off/Charger on

Conector de tres polos



	MultiPlus 12/500/20 MultiPlus 24/500/10 MultiPlus 48/500/6	MultiPlus 12/800/35 MultiPlus 24/800/16 MultiPlus 48/800/9	MultiPlus 12/1200/50 MultiPlus 24/1200/25 MultiPlus 48/1200/13
12 voltios 24 voltios 48 voltios			
PowerControl / PowerAssist	No		Sí
Funcionamiento en trifásico y en paralelo	No		Sí
Commutador de transferencia		16A	
INVERSOR			
Rango de tensión de entrada	9,5 – 17V	19 – 33V	38– 66V
Salida	Tensión de salida: 230VCA ± 2%		Frecuencia: 50Hz ± 0,1% (1)
Potencia cont. de salida a 25 °C (3)	500VA	800VA	1200VA
Potencia cont. de salida a 25°C	430W	700W	1000W
Potencia cont. de salida a 40 °C	400W	650W	900W
Potencia cont. de salida a 65 °C	300W	400W	600W
Pico de potencia	900W	1600W	2400W
Eficacia máxima	90 / 91 / 92%	92 / 93 / 94%	93 / 94 / 95%
Consumo en vacío	6 / 6 / 7W	7 / 7 / 8W	10 / 9 / 10W
Consumo en vacío en modo búsqueda	2 / 2 / 3W	2 / 2 / 3W	3 / 3 / 3W
CARGADOR			
Entrada CA	Rango de tensión de entrada: 187-265 VCA		Frecuencia de entrada: 45 – 65 Hz
Tensión de carga de "absorción"	14,4 / 28,8 / 57,6V		
Tensión de carga de "flotación"	13,8 / 27,6 / 55,2V		
Modo de almacenamiento	13,2 / 26,4 / 52,8V		
Corriente de carga de la batería auxiliar (4)	20 / 10 / 6A	35 / 16 / 9A	50 / 25 / 13A
Corriente de carga batería arranque	1A (solo modelos de 12V y 24V)		
Sensor de temperatura de la batería	Sí		
GENERAL			
Relé programable (5)	Sí		
Protección (2)	a – g		
Características comunes	Rango de temp. de trabajo: -40 a +65°C (refrigerado por ventilador) Humedad (sin condensación): máx. 95%		
CARCASA			
Características comunes	Material y color: Acero/ABS (azul RAL 5012)		Categoría de protección: IP 21
Conexión de la batería	16 / 10 / 10 mm ²	25 / 16 / 10 mm ²	35 / 25 / 10 mm ²
Conexión 230V CA	Conector G-ST18i		
Peso	4,4 kg	6,4 kg	8,2 kg
Dimensiones (al x an x p)	311 x 182 x 100 mm	360 x 240 x 100 mm	406 x 250 x 100 mm
NORMATIVAS			
Seguridad	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN 62109-1		
Emisiones/Normativas	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3 IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3		
vehículos de carretera	ECE R10-4		
1) Puede ajustarse a 60 Hz, y a 240 V. 2) Protección a. Cortocircuito de salida b. Sobrecarga c. Tensión de la batería demasiado alta d. Tensión de la batería demasiado baja e. Temperatura demasiado alta f. 230 VCA en salida del inversor g. Ondulación de la tensión de entrada demasiado alta		3) Carga no lineal, factor de cresta 3:1 4) A 25 °C temp. ambiente 5) Relé programable que puede ajustarse como: alarma general, subtensión CC o señal de arranque/parada del generador Capacidad nominal CA: 230V/4A Capacidad nominal CC 4A hasta 35VCC, 1A hasta 60VCC	

Apéndice E. Ficha técnica de inversor cargador 5000 W



Quattro Inverter/Charger 120V

3kVA - 10kVA
Lithium Ion battery compatible
www.victronenergy.com

Two AC inputs with integrated transfer switch

The Quattro can be connected to two independent AC sources, for example the public grid and a generator, or two generators. The Quattro will automatically connect to the active source.

Two AC Outputs

The main output has no-break functionality. The Quattro takes over the supply to the connected loads in the event of a grid failure or when shore/generator power is disconnected. This happens so fast (less than 20 milliseconds) that computers and other electronic equipment will continue to operate without disruption. The second output is live only when AC is available on one of the inputs of the Quattro. Loads that should not discharge the battery, like a water heater for example, can be connected to this output.

Virtually unlimited power thanks to parallel operation

Up to 6 Quattro units can operate in parallel. Six units 48/10000/140, for example, will provide 48kW / 60kVA output power and 840 Amps charging capacity.

Three phase capability

Three units can be configured for three phase output. But that's not all: up to 6 sets of three units can be parallel connected to provide 144kW / 180kVA inverter power and more than 2500A charging capacity.

PowerControl – Dealing with limited generator, shore side or grid power

The Quattro is a very powerful battery charger. It will therefore draw a lot of current from the generator or shore side supply (16A per 5kVA Quattro at 230VAC). A current limit can be set on each AC input. The Quattro will then take account of other AC loads and use whatever is spare for charging, thus preventing the generator or mains supply from being overloaded.

PowerAssist – Boosting shore or generator power

This feature takes the principle of PowerControl to a further dimension allowing the Quattro to supplement the capacity of the alternative source. Where peak power is so often required only for a limited period, the Quattro will make sure that insufficient mains or generator power is immediately compensated for by power from the battery. When the load reduces, the spare power is used to recharge the battery.

Solar energy: AC power available even during a grid failure

The Quattro can be used in off grid as well as grid connected PV and other alternative energy systems. Loss of mains detection software is available.

System configuring

- In case of a stand-alone application, if settings have to be changed, this can be done in a matter of minutes with a DIP switch setting procedure.
- Parallel and three phase applications can be configured with VE.Bus Quick Configure and VE.Bus System Configurator software.
- Off grid, grid interactive and self-consumption applications, involving grid-tie inverters and/or MPPT Solar Chargers can be configured with Assistants (dedicated software for specific applications).

On-site Monitoring and control

Several options are available: Battery Monitor, Multi Control Panel, Color Control panel, smartphone or tablet (Bluetooth Smart), laptop or computer (USB or RS232).

Remote Monitoring and control

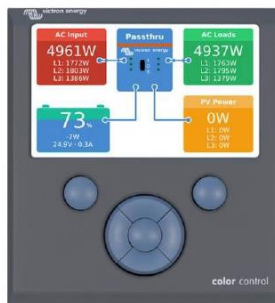
Victron Ethernet Remote, Venus GX and the Color Control Panel. Data can be stored and displayed on our VRM (Victron Remote Management) website, free of charge.

Remote configuring

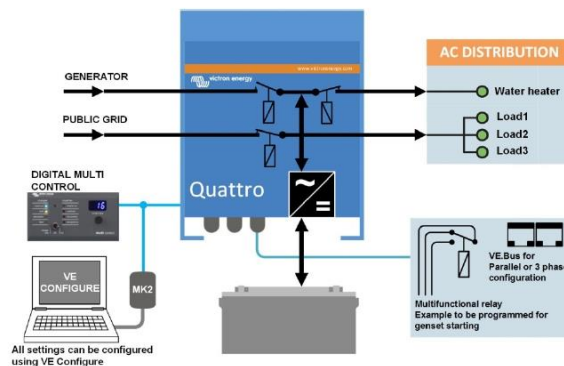
When connected to the Ethernet, systems with a Color Control panel can be accessed and settings can be changed.



Quattro
48/5000/70-100/100



Color Control panel, showing a PV application



Quattro			
48/3000/35-50/50 120V	12/5000/220-100/100 120V 24/5000/120-100/100 120V 48/5000/70-100/100 120V	48/10000/140-100/100 120V	
PowerControl / PowerAssist	Yes		
Integrated Transfer switch	Yes		
AC inputs (2x)	Input voltage range: 90-140 VAC Input frequency: 45 – 65 Hz Power factor: 1		
Maximum feed through current	2x 50 A	2x 100 A	2x 100 A
INVERTER			
Input voltage range	9,5 – 17 V 19 – 33V 38 – 66 V		
Output (1)	Output voltage: 120 VAC ± 2% Frequency: 60 Hz ± 0,1%		
Cont. output power at 25°C (3)	3000 VA	5000 VA	10000 VA
Cont. output power at 25°C	2400 W	4000 W	8000 W
Cont. output power at 40°C	2200 W	3700 W	6500 W
Cont. output power at 65°C	1700 W	3000 W	4500 W
Peak power	6000 W	10000 W	20000 W
Maximum efficiency	94 %	94 / 94 / 95 %	96 %
Zero load power	25 W	30 / 30 / 35 W	55 W
Zero load power in AES mode	20 W	20 / 25 / 30 W	35 W
Zero load power in Search mode	12 W	10 / 10 / 15 W	20 W
CHARGER			
Charge voltage 'absorption' (V DC)	57,6 V	14,4 / 28,8 / 57,6 V	57,6 V
Charge voltage 'float' (V DC)	55,2 V	13,8 / 27,6 / 55,2 V	55,2 V
Storage mode (V DC)	52,8 V	13,2 / 26,4 / 52,8 V	52,8 V
Charge current house battery (A) (4)	35 A	200 / 120 / 70 A	140 A
Charge current starter battery (A)	4 A (12V and 24V models only)		
Battery temperature sensor	Yes		
GENERAL			
Auxiliary output (5)	32 A	50 A	50 A
Programmable relay (6)	3x		
Protection (2)	a-g		
VE.Bus communication port	For parallel, split phase and three phase operation, remote monitoring and system integration		
General purpose com. port	2x		
Remote on-off	Yes		
Common Characteristics	Operating temp.: -40 to +65°C Humidity (non-condensing): max. 95%		
ENCLOSURE			
Common Characteristics	Material & Colour: aluminium (blue RAL 5012) Protection category: IP 21		
Battery-connection	Four M8 bolts (2 plus and 2 minus connections)		
230 V AC-connection	Screw terminals 13 mm ² (6 AWG)	Bolts M6	
Weight (kg)	42 lb 19 kg	75 / 66 / 66 lb 34 / 30 / 30 kg	128 lb 58 kg
Dimensions (hwxwd)	14.3 x 10.2 x 8.6 inch	18,5 x 14,0 x 11,2 inch	470 x 350 x 280 mm
	362 x 258 x 218 mm	17,5 x 13,0 x 9,6 inch	444 x 328 x 240 mm
		17,5 x 13,0 x 9,6 inch	444 x 328 x 240 mm
STANDARDS			
Safety	EN-IEC 60335-1, EN-IEC 60335-2-29, EN-IEC 62109-1		
Emission, Immunity	EN 55014-1, EN 55014-2, EN-IEC 61000-3-2, EN-IEC 61000-3-3, IEC 61000-6-1, IEC 61000-6-2, IEC 61000-6-3		
Road vehicles	12V and 24V models: ECE R10-5		
Anti-islanding	See our website		
1) Can be adjusted to 60 Hz; 120 V 60 Hz on request		3) Non-linear load, crest factor 3:1	
2) Protection key:		4) At 25°C ambient	
a) output short circuit		5) Switches off when no external AC source available	
b) overload		6) Programmable relay that can a.o. be set for general alarm,	
c) battery voltage too high		DC under voltage or genset start/stop function	
d) battery voltage too low		AC rating: 230 V / 4 A	
e) temperature too high		DC rating: 4 A up to 35 VDC, 1 A up to 60 VDC	
f) 230 VAC on inverter output			
g) Input voltage ripple too high			



Digital Multi Control Panel

A convenient and low cost solution for remote monitoring, with a rotary knob to set PowerControl and PowerAssist levels.

Computer controlled operation and monitoring

Several interfaces are available:



Color Control GX

Monitoring and control. Locally, and also remotely on the [VRM Portal](#).



MK3-USB VE.Bus to USB interface

Connects to a USB port (see ['A guide to VEConfigure'](#))



VE.Bus to NMEA 2000 interface

Connects the device to a NMEA2000 marine electronics network. See the [NMEA2000 & MED integration guide](#)



BMV-700 Battery Monitor

The BMV-700 Battery Monitor features an advanced microprocessor control system combined with high resolution measuring systems for battery voltage and charge/discharge current. Besides this, the software includes complex calculation algorithms, like Peukert's formula, to exactly determine the state of charge of the battery. The BMV-700 selectively displays battery voltage, current, consumed Ah or time to go.

Apéndice F. Ficha técnica batería ion-litio 180Ah y 24V



Batería de Litio-Ion de 24V 180Ah

Ventajas de la batería de Litio-Ion sobre las baterías convencionales de plomo-ácido

- Alta densidad de energía: más energía con menos peso;
- Altas corrientes de carga (acorta el tiempo de carga);
- Altas corrientes de descarga (permite, por ejemplo, alimentar una cocina eléctrica con una bancada de baterías pequeña);
- Larga vida útil de la batería (hasta seis veces más que la de una batería convencional);
- Alta eficiencia entre la carga y la descarga (muy poca pérdida de energía debido al calentamiento);
- Mayor continuidad de la corriente disponible.

¿Por qué fosfato de hierro y litio?

Las baterías de fosfato de hierro y litio (LiFePO4 o LFP), son las baterías predominantes de Li-Ion más seguras. La tensión nominal de una celda de LFP es de 3,2V (plomo-ácido: 2V/celda). Una batería de 25,6V se compone de 8 celdas conectadas en serie.



Lynx Ion

Ventajas del sistema de baterías Victron Lynx Lithium-Ion

La utilización de este sistema modular aporta las siguientes ventajas:

- El sistema de baterías de Litio-Ion de Victron es fácil de instalar gracias a su modularidad. No se necesitan complicados diagramas de cableado.
- Se dispone de información detallada en su propia pantalla impermeable Ion Control.
- El relé de 350A del Lynx Ion ofrece la máxima seguridad: en caso de que los cargadores o las cargas no respondan a los comandos del Lynx Ion, el relé de seguridad principal se abrirá para evitar daños permanentes en las baterías.
- Para las instalaciones marinas típicas hay un pequeña salida adicional para poder alimentar la bomba de sentina y desconectar todas las demás cargas domésticas abriendo el relé de 350A.

Sistema completo

Un sistema completo se compone de:

- Una o más baterías de **Litio-Ion de 24V 180Ah**.
- (opcional) El **Lynx Power In**, una barra de bus de CC modular.
- El **Lynx Ion** es el sistema de gestión de baterías (BMS) que controla las baterías. Dentro del Lynx Ion hay un contactor de seguridad de 350 A.
- El **Lynx Shunt VE.Can**, un monitor de baterías que incluye el fusible principal. Se debe tener en cuenta que el fusible se compra por separado.
- (opcional) El **Lynx Distributor**, un sistema de distribución de CC con fusibles.
- (opcional) El **Ion Control**, un panel de control digital.



Ion control: Pantalla principal

Baterías de Litio-Ion de 24V 180Ah

La base del sistema de baterías de Litio-Ion de Victron está formado por baterías independientes de Litio-Ion de 24V/180Ah. Dispone de un Sistema de Gestión de Celdas (BMS) que protege la batería a nivel de cada celda. Hace un seguimiento individualizado de la tensión de cada celda y de la temperatura del sistema, y equilibra de forma activa cada celda. Todos los parámetros medidos se envían al Lynx-Ion, que monitoriza el sistema en su conjunto.

Lynx Ion

El Lynx Ion es el BMS. Contiene el contactor de seguridad de 350A y controla el equilibrio de celdas y la carga y descarga del sistema. El Lynx Ion protege el conjunto de baterías tanto de la sobrecarga como de la descarga completa. Cuando una sobrecarga es inminente, ordenará a los dispositivos en carga que disminuyan la misma o la detengan. Esto se hace mediante el VE.Can bus (NMEA2000) compatible, y también a través de los dos contactos de cierre/apertura disponibles. Pasa lo mismo cuando la batería está casi vacía y no hay fuente de carga disponible. Ordenará la desconexión de las cargas importantes.

Tanto para las sobrecargas como para las descargas profundas existe un último recurso de seguridad, el contactor de 350A incorporado. En caso de que el comando no detenga la inminente sobrecarga o descarga profunda, se abrirá el contactor.

NMEA2000 Canbus

La comunicación con el mundo exterior se hace a través del protocolo VE.Can.

Ion Control

Consulte la ficha técnica propia del **Ion Control** para más información sobre la pantalla.



Ion control: Pantalla del histórico de datos

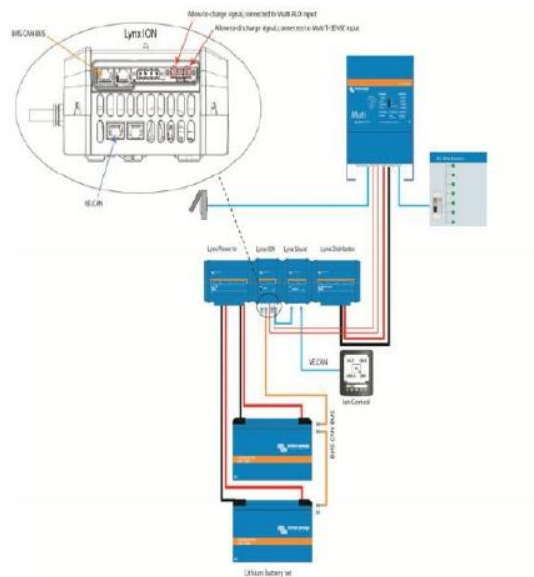


Ion control: Pantalla de estado del Lynx Ion

Baterías de Litio-Ion de 24V 180Ah 4,75kWh	
Tecnología	Fosfato de hierro y litio (LiFePO4)
Tensión nominal	26,4 V
Capacidad nominal	180 Ah
Potencia nominal	4,75 kWh
Peso	55 kg
Ratio potencia/peso	86 Wh/kg
Dimensiones (al x an x p)	625 x 195 x 353 mm
Tensión de corte de la carga a 0,05C	28,8 V
Tensión de corte de descarga	20 V
Corriente de carga/descarga recomendada	54 A (0,3C)
Corriente máxima de carga (1C)	180 A
Corriente máxima de descarga (1,5C)	270 A
Corriente de descarga por pulsación (10s)	1.000 A
Cantidad de ciclos (@80% DOD @0,3C)	2000
Configuración de series	Si, hasta 2 (más series si se solicitan)
Configuración paralela	Si, fácilmente hasta 4 (más en paralelo si se solicita)
Temp. de trabajo para carga	0-45 °C
Temp. de trabajo para descarga	-20-55 °C
Temp. de almacenamiento	-20-45 °C

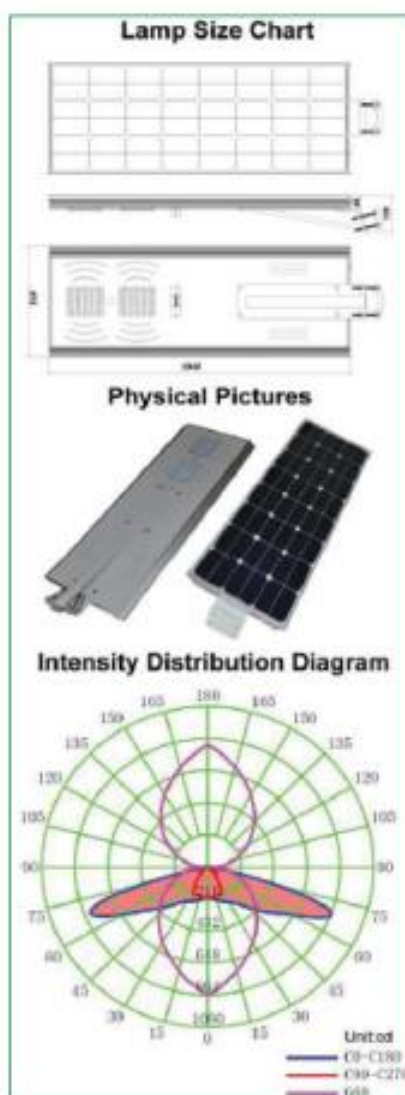
Lynx Ion	
Cantidad máxima de baterías en serie	2
Cantidad máxima de baterías en paralelo	8
Carga	
Peso	1,4 kg
Dimensiones (al x an x p)	190 x 190 x 80 mm
IO	
Contactor de seguridad	350 A
Corriente máx. del contactor de la bomba de sentina	10 A
Corriente máx. del contactor de relé externo	10 A
Contacto de la señal de carga	1A @ 60VDC
Contacto de la señal de descarga	1A @ 60VDC
Normativas	
Emisión	EN 50081-1
Inmunidad	EN 50082-1

Diagrama de bloques del sistema de baterías de Litio-Ion.



Apéndice G. Ficha técnica alumbrado público con sistema fotovoltaico incorporado

Parameter		Value
Solar panel (Sunpower from USA)	Max power	80W
	Life time	25 years
Battery	Type	384WH LiFePO ₄ battery
	Life time	>2,000 Cycles (more than 5 years)
LED Lamp	Max power	40W
	LED chip brand	Bridgelux from USA
	Lumen (LM)	4,000-5,000lm
	Life time	50,000hours
	Viewing Angle	150°/75°
Charging time	by sun(strong)	5-6hours
Discharging time	Full power	>12hours
	Saving mode	3 to 5 days
Working temperature	Range(℃)	-20℃ ~+60℃
Color temperature	Range(k)	6000k-6500k(optional)
Mounting height	Range (m)	5-8m(suggested)
Space between light	Range (m)	15-25m(suggested)
Housing material	Aluminum alloy	
Certificate	CE / ROHS / IP65	
Packing & Weight	Product size	1097*410*138mm
	NW.for one unit	21kg
	Carton size	1150*480*210 mm
	Q'ty/ctn	1sets/ctn
	GW.for carton	25kg
Container load	20GP	240pcs
	40GP	480pcs



Apéndice H. Celda de combustible

Page 11

ElectraGen™ - ME Specifications

BALLARD®

Lifting Hooks

Fuel Cell Stacks (2)

DC/DC Power Converters (2)

Aluminum Enclosure

Customer Connection Panel

Exhaust

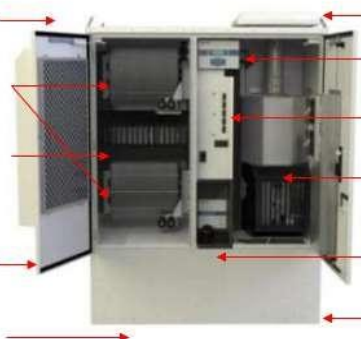
User Interface Display & Keypad

Breaker Panel

Fuel Processing Module Hydrogen Generator

Fuel Fill Port Fuel Gauge

Fuel Storage 225 liters (59 gallons)



ElectraGen™- ME	2.5kW	5kW
Voltage	-48 to -56	-48 to -56, and 24 to 28
Temperature, C	-5 to 46	-5 to 46; optional -40 to 56 cold
Location	Outdoor	
Certifications	CE, ANSI/CSA FC-1, Telcordia GR-63-CORE Seismic Zone 4, UL/CSA/EN 61010-1	
Fuel	HydroPlus™ ; 225L/193kg onboard fuel tank	
Fuel Consumption, L/kWh	1.3	1.1
Run Time at rated load, H	69	40
Communications	SNMP, Dry Contacts, LCD with Key Pad, optional GPRS & SMS modems	
Size, W x D x H, cm	135 x 115 x 176	
Weight (dry), kg	281	295, (309 cold)

Key Features

- Integrated fuel cell (PEM) + reformer system
- 2 x 2.5 kW stack design (alternate usage, redundancy)
- 4,000 hours operating lifetime specification for typical backup power applications
- Customer user interface keypad with LCD display for set-up and diagnostics (no PC required)
- Ripple voltage <100mVpp @ 30MHz bandwidth
- Remote monitoring and diagnostics capability

Apéndice I. Tanque combustible



RENVASA
Reutilización de envases

Q SOBRE RENVASA NUESTROS VALORES

INICIO / TOTES

CATÁLOGO DE PRODUCTOS

- Bidones
- Cubetas
- Estañones
- Pichingas
- Sacos
- Totes**
- Uncategorized

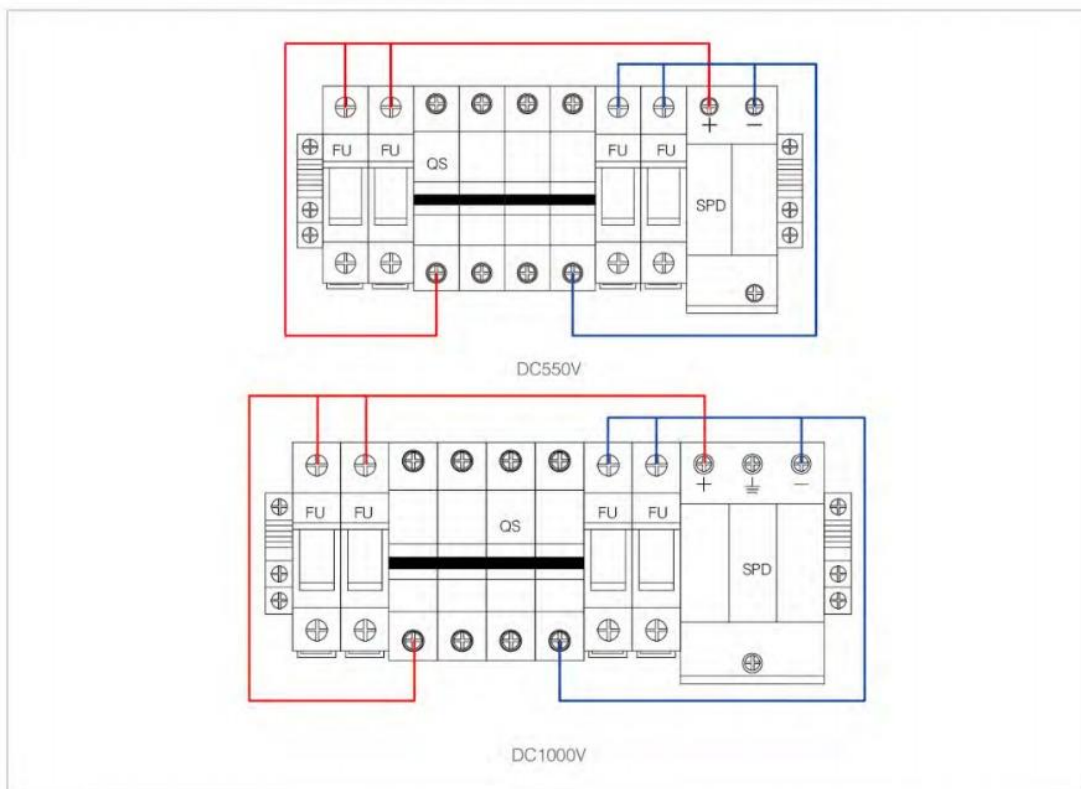


TOTES
TOTES 1000 LTS
€75,000

Apéndice J. Ficha técnica Combiner box

SHLX-PV2/1 DC COMBINER BOX

- High reliability
 - With DC FUSE
 - With DC Surge Protection Device
 - With DC circuit breaker or DC load isolation switch.
- Strong adaptability
 - IP65 design, waterproof, anti dust and anti ultraviolet.
 - Strict test for high and low temperature, used widely.
 - The simple installation, the simplified system wiring, the convenient wiring .
 - The box body is made of cold rolled steel and other metal materials.
- Flexible configuration
 - Used for single crystal silicon solar modules, polycrystalline silicon solar modules, thin film solar modules. Current rating of the photovoltaic fuse, circuit breaker, load isolation switch is modified.



DESCRIPTION

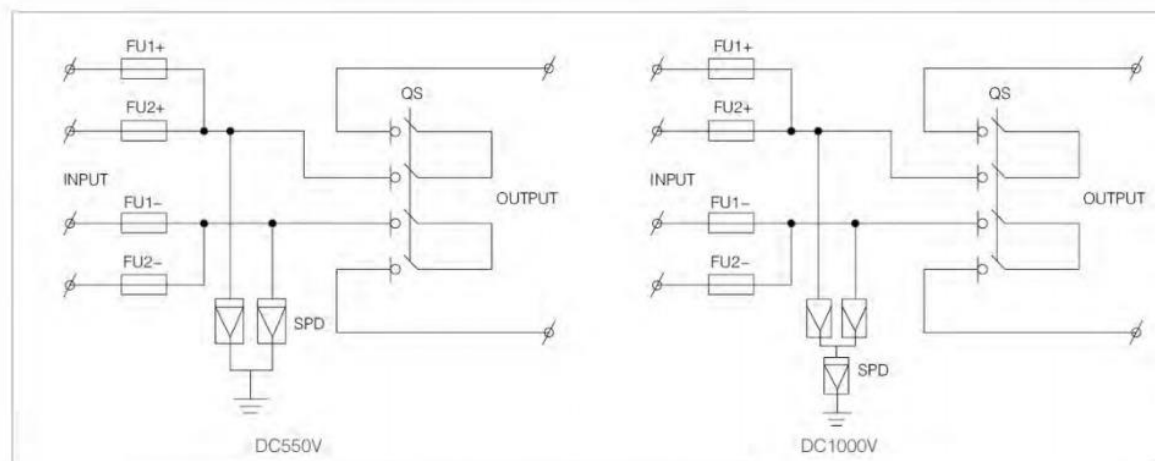
SHLX-PV2/1 combiner box is suitable for inverter (MAX input voltage DC550V/DC1000V, 2 PV input channel, 1 output channel, single MPPT inverter). Box body is made of PVC engineering materials, with test for fire retardant, temperature rise, anti impact, anti ultraviolet, and other testing. IP65 protection grade.

Design and configuration strictly accordance with the "Technical specification for photovoltaic junction equipment " CGC/GF 037:2014. Provide users with a safe, brief, beautiful and applicable photovoltaic system products.

TECHNICAL PARAMETERS

Name	SHLX-PV2/1	
	Electric parameter	
System maximum dc voltage	550	1000
Maximum input current for each string	15A	
Maximum input strings	2	
Maximum output switch current	20A/32A	
Number of inverter MPPT	1	
Number of Output strings	1	
	Lightning protection	
Category of test	II grade protection	
Nominal discharge current	20kA	
Maximum discharge current	40kA	
Voltage protection level	2.8kV	3.8kV
Maximum continuous operating voltage U _c	630V	1050V
Poles	2P	3P
Structure characteristic	Plug-push module	
	System	
Protection grade	IP65	
Output switch	DC isolation switch(standard)/DC circuit breaker(optional)	
SMC4 Waterproof Connectors	Standard	
PV dc fuse	Standard	
PV surge protector	Standard	
Monitoring module	Optional	
Preventing diode	Optional	
Box material	PVC	
Installation method	Wall mounting type	
Operating Temperature	-25℃~+55℃	
Elevation of temperature	2km	
Permissible relative humidity	0-95% , no condensation	
	Mechanical parameter	
Width×High×Depth	300×260×140	

SCHEMATIC DIAGRAM



Apéndice K. Combiner box

