



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS, ELECTRÓNICA E
INDUSTRIAL**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL EN PROCESOS DE
AUTOMATIZACIÓN**

TEMA:

**Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya
para el Centro Agrícola Cantonal del Tena**

Proyecto de Investigación, presentado previo la obtención del título de: Ingeniero Industrial en Procesos de Automatización.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Energías renovables y desarrollo sostenible
PROFESOR REVISOR: Ing. Cesar Aníbal Rosero Mantilla. Mg.

AUTOR: Puma Zúñiga Esteban Gustavo

**Ambato – Ecuador
Noviembre - 2018**

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del Trabajo de Investigación sobre el tema: “Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena”, del señor: Esteban Gustavo Puma Zúñiga., estudiante de la Carrera de Ingeniería Industrial en Procesos de Automatización, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos suficientes para que continúe con los trámites y consiguiente aprobación de conformidad con el numeral 7.2 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.

Ambato noviembre, 2018

EL TUTOR



Ing.Mg. Cesar Anibal Rosero Mantilla.

AUTORÍA

El presente Proyecto de Investigación titulado: "Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena", es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato noviembre, 2018



ESTEBAN GUSTAVO PUMA ZÚÑIGA

CC: 1500804479

DERECHOS DE AUTOR

Autorizo a la Universidad Técnica de Ambato, para que haga uso de este Trabajo de Titulación como un documento disponible para la lectura, consulta y procesos de investigación.

Cedo los derechos de mi Trabajo de Titulación, con fines de difusión pública, además autorizo su reproducción dentro de las regulaciones de la Universidad.

Ambato noviembre, 2018



ESTEBAN GUSTAVO PUMA ZÚÑIGA

CC: 1500804479

APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes, revisó y aprobó el Informe Final del Proyecto de Investigación titulado "Sistema fotovoltaico para una cámara fría para almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena", presentado por el señor Esteban Gustavo Puma Zúñiga, de acuerdo al numeral 9.1 de los Lineamientos Generales para la aplicación de Instructivos de las Modalidades de Titulación de las Facultades de la Universidad Técnica de Ambato.



Ing. Mg. Elsa Pilar Urrutia Urrutia
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL



Ing. Ana María Pilco Salazar
DOCENTE CALIFICADOR



Ing. Freddy Roberto Lema Chicaiza M.Sc.
DOCENTE CALIFICADOR

DEDICATORIA

El presente trabajo se lo dedico a mis padres: Sonia y Gustavo, quienes me sostienen en los momentos difíciles, son un ejemplo de perseverancia y lucha, me inspiran a continuar.

A mi hermana Belén, a mi querida Patricia y mis amigos, por su grata compañía a lo largo de estos años, ustedes hacen de la vida universitaria un tiempo inolvidable, un pensamiento para siempre volver.

Esteban Gustavo Puma Zúñiga

AGRADECIMIENTO

Gracias eternas a mi familia, novia y amigos, por las metas alcanzadas, por estar hombro a hombro, en cada lucha, en cada risa y cada lágrima. Estaremos juntos celebrando glorias mayores.

Gracias a la vida por todo lo que viene.

Esteban Gustavo Puma Zúñiga

ÍNDICE GENERAL

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORÍA.....	iii
DERECHOS DE AUTOR.....	iv
APROBACIÓN DE LA COMISIÓN CALIFICADORA.....	v
DEDICATORIA.....	vi
AGRADECIMIENTO.....	vii
TABLA DE ILUSTRACIONES	xi
ÍNDICE DE TABLAS	xii
RESUMEN.....	xiii
ABSTRACT	xiv
INTRODUCCIÓN	xv
CAPÍTULO 1	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Tema:.....	1
1.2 Planteamiento del Problema	1
1.3 Delimitación Del Problema	3
1.3.1 Delimitación De Contenido.....	3
1.4 Justificación.....	3
1.5 Objetivos.....	4
1.5.1 Objetivo general:.....	4
1.5.2 Objetivos específicos:	4
CAPÍTULO II	5
MARCO TEÓRICO.....	5
2.1 Antecedentes Investigativos	5
2.2 Fundamentación teórica.....	6
2.2.1 Medioambiente.....	6
2.2.2 Energías renovables.....	6
2.2.3 Energía Solar	7
2.2.4 Sistemas Fotovoltaicos	7
2.2.5 Efecto de la temperatura en sistemas fotovoltaicos	9
2.2.6 Herramientas de diseño y análisis de sistemas fotovoltaicos.....	10
2.2.7 Irradiación solar.....	10

2.2.8	Refrigeración.....	12
2.2.9	Rendimiento energético del almacenamiento en frío.....	13
2.2.10	Almacenamiento de productos perecederos	13
2.2.11	Pitahaya	13
2.2.12	Métodos Financieros en Proyectos de Inversión	16
2.2.13	Valor Actual Neto (VAN)	16
2.2.14	La Tasa Interna de Retorno (TIR)	16
CAPÍTULO III		17
METODOLOGÍA		17
3.1	Modalidad de la Investigación.....	17
3.2	Población y Muestra	17
3.3	Recolección de la información.	17
3.4	Procesamiento y análisis de datos.	17
3.4.1	Observación.....	18
3.5	Desarrollo del proyecto	18
Capítulo IV		19
DESARROLLO DE LA PROPUESTA		19
4.1	Producción del sector.....	19
4.2	Irradiación solar.....	20
4.3	Angulo de inclinación y orientación.....	21
4.4	Potencia Frigorífica	23
4.5	Unidad de refrigeración	26
4.6	Determinación de las cargas	27
4.6.1	Selección de la tensión nominal	28
4.6.2	Dimensionamiento del sistema usando PVsyst	28
4.7	Cálculos justificativos.....	35
4.7.1	Calculo del total de paneles solares.....	35
4.7.2	Disposición de los paneles	36
4.7.3	Dimensionado del sistema de acumulación	37
4.7.4	Dimensionado del Regulador e Inversor/Cargador	39
4.7.5	Dimensionado del cableado	41
4.7.6	Tramo Paneles – Caja de Conexión	43
4.7.7	Tramo Caja de Conexión – Regulador.....	44

4.7.8	Tramo Regulador-Batería.....	44
4.7.9	Tramo Inversor – Carga Eléctrica	44
4.7.10	Dimensionado de las protecciones	45
4.7.11	Cálculo de la puesta a tierra.....	45
4.7.12	Puesta a tierra de la estructura de soporte.....	48
4.7.13	Puesta a tierra del armario eléctrico	48
4.7.14	Descripción general de la instalación fotovoltaica aislada.....	49
4.8	Descripción de los elementos para la instalación fotovoltaica	49
4.8.1	Estructura soporte.....	49
4.9	Generador Fotovoltaico	51
4.10	Sistema de regulación y conversión.....	53
4.11	Regulador de carga de 80A.....	54
4.12	Inversor de onda sinusoidal pura	54
4.13	Cargador de batería.....	54
4.14	Sistema acumulador.....	55
4.15	Medidas de seguridad y dispositivos de protección.....	56
4.16	Cajas de conexión	57
4.17	Instalación de puesta a tierra.....	57
4.18	Presupuesto	58
4.19	Retorno de la inversión	59
CAPÍTULO V		61
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		61
5.1	Conclusiones.....	61
5.2	Recomendaciones	62
BIBLIOGRAFÍA		64
ANEXOS		70
	Anexo 1. Resultados PVSyst.....	70
	Anexo 1.1. Parámetros de simulación.....	70
	Anexo 2. Unidad de refrigeración	74
	Anexo 3. Paneles solares	75
	Anexo 3.1. Características generales.....	75
	Anexo 3.2. Especificaciones de los paneles solares.....	76
	Anexo 4. Regulador-Inversor-Cargador.....	77

Anexo 4.1. Características generales.....	77
Anexo 4.2. Especificaciones del Regulador-Inversor-Cargador	78
Anexo 5. Baterías	79
Anexo 6. Caja de conexión	80
Anexo 6.1. Descripción de la caja de conexión	80
Anexo 6.2. Especificaciones de la caja de conexión.....	81

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Esquema de un sistema fotovoltaico.....	8
Ilustración 2. Efectos de la temperatura en las baterías.	10
Ilustración 3. Producción anual de Pitahaya en Ecuador.	15
Ilustración 4. Ubicación del Sistema Aislado	19
Ilustración 5. Promedio Irradiación en Tena.....	21
Ilustración 6. Orientación.....	22
Ilustración 7. Características generales de la cámara.	23
Ilustración 8. Características del producto	24
Ilustración 9. Especificaciones de la cámara.....	25
Ilustración 10. Cargas de la cámara	25
Ilustración 11. Cálculo de la cámara	26
Ilustración 12. Unidad de refrigeración.....	27
Ilustración 13. Tipo de proyecto	29
Ilustración 14. Tipo de sistema	29
Ilustración 15. Selección del lugar de la instalación	30
Ilustración 16. Ingreso manual de datos de irradiación.....	30
Ilustración 17. Definición de la orientación	31
Ilustración 18. Definición del consumo diario.....	32
Ilustración 19. Definición del sistema acumulador.....	33
Ilustración 20. Definición de los paneles y controlador.....	34
Ilustración 21. Simulación e informe	35
Ilustración 22. Tramos de cableado del sistema.....	41
Ilustración 23. Esquema de la puesta a tierra	47
Ilustración 24. Esquema de la instalación fotovoltaica aislada.....	49
Ilustración 25. Soporte en V.....	50
Ilustración 26. Soporte cuadrado.....	51
Ilustración 27. Eficiencia de los paneles	52
Ilustración 28. Características del generador	52
Ilustración 29. Esquema del inversor/regulador/cargador.....	53
Ilustración 30. Disposición del sistema acumulador	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Irradiación en el Tena-Altas Solar del Ecuador	10
Tabla 2. Irradiación Tena-Meteonorm.....	11
Tabla 3. Irradiación en Tena- NASA.....	11
Tabla 4. Ponderación de las bases de datos	20
Tabla 6. Consumo diario	28
Tabla 7. Intensidad máxima admisible	42
Tabla 8. Longitud y caída de tensión de los tramos de conexión	43
Tabla 9. Especificaciones para los tramos del cableado	45
Tabla 10. Presupuesto del proyecto.....	58
Tabla 11. Detalle de exportación	59
Tabla 12. Flujos de efectivo.....	59

RESUMEN

Este trabajo presenta el dimensionamiento de un sistema fotovoltaico aislado para una plantación de frutas tropicales en la selva de la ciudad del Tena, ubicada en la provincia de Napo, destinadas a la exportación. Debido a los altos estándares internacionales de calidad, es imprescindible manejar un adecuado almacenamiento de productos perecederos. Aquí, la refrigeración juega un papel fundamental al momento de asegurar la calidad de los alimentos, sin embargo, debido a las condiciones del sector no se cuenta con un suministro de energía. El sistema propuesto, se apoya en el software PVSyst, y se corrobora a través de cálculos matemáticos, a fin de obtener un sistema fiable. A pesar de que la tecnología solar ha reducido sus costos y mejorado su eficiencia en los últimos años, aún representa una opción onerosa de abordar, no obstante, la promoción de un producto de calidad, que incluye en su proceso productivo el uso de energías renovables, es una alternativa para confrontar la alta inversión inicial y obtener ganancias, además de promover el desarrollo económico del sector de manera sustentable y sostenible.

PALABRAS CLAVE: Energía solar fotovoltaica, sistema aislado, conservación de alimentos, refrigeración.

ABSTRACT

This work presents the sizing of a stand-alone photovoltaic system for a tropical fruits plantation destined to exportation, its located in the jungle at Tena, in Napo-Ecuador. Due to the high international quality standards, it is essential to manage an adequate storage of perishable products. The refrigeration plays a fundamental role when to keep the quality of food, however, due to the conditions of the sector there is no energy supply. The proposed system is sized by the PVSyst software, and corroborated through mathematical calculations, in order to obtain a reliable system. Although solar technology has reduced its costs and improved its efficiency in recent years, it still represents an expensive option, however, the promotion of a quality product, which includes in its production process the use of renewable energies, is an alternative to confront the high initial investment and obtain profits, in addition to promoting the economic development of the sector in a sustainable and sustainable manner.

Keywords: Photovoltaic Solar energy, stand –alone, food preservation, refrigeration.

INTRODUCCIÓN

Desde siempre, la energía, en sus distintas formas, ha sido el motor del mundo, y es vital para garantizar un desarrollo sostenible, hoy, puede ser usada en procesos que contrarresten las amenazas de los impactos medioambientales provocados por la carencia de prácticas de conservación de alimentos; mismos que son cultivos en grandes espacios a las afueras de las ciudades.

Conscientes de que la red eléctrica no alcanza a quienes viven en zonas rurales en las distintas regiones a nivel mundial, se propone superar esta barrera, con nuevas alternativas de producción de suministro eléctrico, amigables con el ambiente, la energía solar fotovoltaica; como un medio al alcance de aquellos que viven en lugares de difícil acceso, con el propósito de que sea usada con fines agrícolas, siendo esta una de las principales actividades económicas en el Ecuador.

La garantía de la evolución, es un trabajo conjunto, el uso de energías limpias para la industrialización supone un gran paso y un marcador diferencial frente a la competencia. Bajo esa premisa, se desarrolla el presente documento, que comprende IV capítulos, con base en una investigación científica, integral, teórica y metodológica, pertinente al objeto de estudio.

CAPÍTULO 1

EL PROBLEMA

1.1 Tema:

Sistema fotovoltaico para una cámara fría para el almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena

1.2 Planteamiento del Problema

En un mundo de aproximadamente siete mil millones de habitantes, la energía es vital para lograr un desarrollo sostenible, dado que ésta es un insumo esencial para el progreso económico de una región[1].

Un cuarto de la población mundial, aún vive a la sombra de los retrasos tecnológicos y económicos por falta de energía eléctrica, se estima que el 83% de éstos viven en zonas rurales[2]. Las zonas rurales aisladas se caracterizan, por su reducida densidad demográfica, población dispersa y falta de servicio de distribución de energía eléctrica[3].

La falta de acceso a la energía eléctrica, entre muchos problemas, impide una adecuada refrigeración de alimentos, lo que provoca el desperdicio de los mismos[4]. Se estima un desperdicio de unas 1.300 millones de toneladas de alimentos en el mundo; de las cuales alrededor del 30% se origina en el sector de producción y procesamiento [5],[6]. Por esta razón los Objetivos de Desarrollo Sostenible, incluyen reducir las pérdidas de alimentos a lo largo de toda la cadena agroalimentaria[7].

Considerando que el desarrollo social y económico debe estar acorde a los principios sustentables que implican reforzar el ahorro de energía para apoyar las tecnologías energéticas con bajas o nulas emisiones de dióxido de carbono, los

sistemas eléctricos han sido objeto de importantes cambios en los últimos años en áreas asociadas a la regulación, operación y la planeación. El aumento del consumo de energía, además de la necesidad para reducir la emisión de contaminantes en la atmósfera mediante el uso de fuentes de energía renovables, ha llevado a un fuerte aumento en el uso de sistemas fotovoltaicos debido a que el sol es la principal fuente de energía renovable[8].

Además, los inversionistas y consumidores demandan cada vez más que las empresas se responsabilicen de los impactos ambientales y sociales derivados de sus operaciones, motivando a desarrollar y promocionar las energías renovables en diferentes etapas, esto como herramienta de competitividad al mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero y alcanzar la sostenibilidad en los agroecosistemas, protegiendo el ambiente [9],[10].

Proveer de energía eléctrica a la población rural constituye un importante reto para el gobierno ecuatoriano, en miras de cumplir los objetivos trazados en el programa del buen vivir de las personas del campo[11]. Algunos estudios señalan que el principal problema para la electrificación de comunidades ecuatorianas radica en las excesivas distancias desde donde se genera hasta donde se sirve la electricidad[12], así se puede apreciar que los sistemas renovables son económicamente mejores, a medida que la longitud de la red se amplía[13].

En el Ecuador, las actividades económicas se han caracterizado por ser principalmente agrícolas[14], se resalta entonces la importancia del cambio de la matriz productiva con el fomento del desarrollo de la agricultura y el cultivo de frutas exóticas que son apetecidas en el mercado internacional.

La pitahaya es una fruta que por sus características tiene un alto potencial de desarrollo y oportunidades de mercado[15], el cultivo de la pitahaya en el Ecuador se realiza principalmente en zonas subtropicales y amazónicas del país. Siendo la ciudad del Tena uno de los productores de este fruto. Las características climáticas inciden directamente en la calidad de la fruta. La demanda internacional de esta fruta ha ido en aumento, sobre todo en los países donde los consumidores son más conscientes al momento de escoger los alimentos[16].

Sin embargo, muchos de los agricultores, no manejan un adecuado proceso de refrigeración, incidiendo en el rechazo de una parte considerable de la producción de pitahaya en dichos mercados, lo que causa pérdidas económicas[17].

La plantación de pitahaya del Centro Agrícola Cantonal del Tena se encuentra ubicado en la vía Archidona, en una zona rural, donde no existe suministro de energía por las características del sector, debido a esto la refrigeración supone un problema. Y al ser la Pitahaya un producto para la exportación depende de un

adecuado proceso de refrigeración sin interrupciones para mantener los estándares de calidad exigidos por mercados internacionales.

1.3 Delimitación Del Problema

1.3.1 Delimitación De Contenido

Área Académica: Ingenierías

Línea de Investigación: Energías renovables y desarrollo sostenible.

Sublínea de Investigación: Fuentes de energías alternativas

Delimitación Espacial: La investigación se llevará a cabo en el centro de acopio de Centro Agrícola Cantonal del Tena que se encuentra ubicado en la vía Archidona, Napo-Ecuador.

Delimitación Temporal: El desarrollo del proyecto se realizará en el periodo académico Marzo – Agosto 2018, en un lapso de seis meses, a partir de la aprobación del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.4 Justificación

La presente investigación es de **interés** en términos industriales, en razón del uso de energías renovables no convencionales en procesos productivos de conservación de alimentos perecibles.

Su **pertinencia**, responde al modelo educativo de la Universidad Técnica de Ambato, mismo que impulsa una formación humanista y académica, a fin de asegurar un proceso de aprendizaje basado en el desarrollo social, que repercuta favorablemente en la inserción de habilidades y compromisos con la colectividad.

La **importancia** de dimensionar un sistema fotovoltaico para una cámara fría de almacenamiento de pitahaya, radica en que, el Centro Agrícola Cantonal del Tena, presenta la necesidad de implementar mecanismos de conservación en frío, que garanticen la calidad de esta fruta para su exportación, y de este modo, ser capaces de ofertar un valor agregado y ser competitivos, en el comercio internacional.

Al impulsar las exportaciones agroindustriales, que son parte estratégica de la matriz productiva del Ecuador, este trabajo de investigación **beneficiará** directamente a los agricultores y sus familias, al asegurar la óptima condición de la pitahaya en la etapa de

post-cosecha, permitiéndole ser apetecible en los mercados extranjeros, al usar energía limpia para su almacenaje.

El sistema de refrigeración alimentado por energía fotovoltaica, tiene un **impacto** positivo en el acopio de las cosechas, sin ocasionar daños al medio ambiente, impulsando el desarrollo agrícola sostenible de las asociaciones productoras de alimentos y con ello, contribuir con el avance económico del Ecuador.

A sabiendas que, el país se proyecta a una considerable inserción de energía solar fotovoltaica en años futuros, dado el alto de potencial de ciertas zonas geográficas, ideales para producción de este tipo de energía, el presente proyecto es **factible**, ya que, se cuenta con el acceso al lugar de investigación y con las condiciones para su realización, además de un amplio respaldo bibliográfico, recursos humanos, materiales y económicos, reales y asequibles.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general:

Dimensionar un Sistema fotovoltaico que alimente una cámara de refrigeración para el almacenamiento de pitahaya para el Centro Agrícola Cantonal del Tena

1.5.2 Objetivos específicos:

1. Realizar un estudio de las características de la pitahaya y la temperatura para su almacenamiento.
2. Establecer los parámetros de irradiación solar en el área seleccionada para la implementación de la cámara.
3. Definir la potencia requerida en función del tamaño y temperatura de operación de la cámara frigorífica.
4. Dimensionar los paneles solares, inversor y batería para la cámara de refrigeración.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Investigativos

Los esfuerzos por detener el cambio climático y la necesidad de proveer de energía a localidades que debido al difícil acceso no cuentan con tendido eléctrico han dado paso a un sinnúmero de investigaciones sobre energías renovables en diferentes campos de aplicación[18],[19].

La energía fotovoltaica se ha fortalecido a nivel mundial en los últimos años, ya que presenta ciertas ventajas como: no emitir ruido, nulas emisiones dañinas o gases contaminantes, además, después de su instalación no necesita mayor mantenimiento y puede conectarse directamente a la red eléctrica de forma descentralizada[3].

Se ha demostrado el alto potencial de las plantas solares utilizando distintas herramientas de evaluación financiera de proyectos, percepción de potenciales clientes, evaluación de los recursos, etc[20], con la comparación de diferentes tecnologías de paneles solares funcionando bajo las mismas condiciones, se demuestra el ahorro que supone la utilización de estas tecnologías[21]. El uso de sistemas de energía solar permite lograr un autoabastecimiento de entre el 30 y 40% por unidad productiva en ciertos sectores[22]. Por lo que se pretende introducir protocolos estandarizados que mejoren los Sistemas Fotovoltaicos y cálculos in situ de plantas fotovoltaicas[23].

La necesidad de almacenamiento de productos perecederos ha impulsado el desarrollo de cámaras frías alimentadas con sistemas fotovoltaicos para ahorrar costos de energía y evitar emisiones de CO₂ al ambiente[24]. Cabe destacar la implementación de cámaras frigoríficas alimentadas con paneles solares en regiones del África donde no existen redes eléctricas y la obtención de energía para refrigeración se vuelve un factor determinante para la economía de los agricultores de dichas regiones[25].

Por otra parte las frutas exóticas son cada vez más apetecidas en mercados internacionales debido al alto contenido de nutrientes, vitaminas y el aporte al cuidado de la salud, por lo

que se han analizado las condiciones económicas, políticas, legales, y financieras para la comercialización de la pitahaya al mercado de la Unión Europea[26].

La pitahaya crece en climas tropicales como la costa y el oriente del Ecuador, sin embargo, se ha observado que mucha de la fruta es rechazada, teniéndose esta que vender en el mercado interno, debido al no cumplimiento de parámetros o normas de la calidad para el ingreso del producto a mercados internacionales[27], siendo la refrigeración un factor esencial para la conservación de calidad de la fruta.

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Medioambiente

Es un sistema complejo y dinámico donde se incluyen elementos naturales y artificiales que se relacionan entre sí; y que pueden verse modificados a partir del comportamiento humano. Se suele clasificar como medio ambiente natural a aquel entorno conformado por elementos que nacen de manera natural, sin intervención humana; a diferencia del medio ambiente construido que es el que comprende modificaciones dadas a partir de la población humana[28],[29].

El uso de los combustibles energéticos deriva en consecuencias ambientales negativas, siendo un foco de preocupación en torno a las reservas y el suministro energético, esto motiva la optimización de la eficiencia en la extracción, la transportación, el consumo, y la conservación de los recursos energéticos, así como la búsqueda de recursos y fuentes de energías renovables [30].

2.2.2 Energías renovables

Las fuentes renovables son recursos que como su nombre lo indica se renuevan. El modelo actual de consumo energético mundial deja secuelas notables en el ecosistema, entre las más visibles, destaca el agotamiento de las reservas de combustibles fósiles, por tanto, el uso de energías alternativas representa la opción más viable. Estas fuentes alternativas incluyen la radiación solar directa, la energía solar indirecta (hidráulica, viento, olas, biomasa, térmica de los océanos), la energía geotérmica, la de las mareas y nuclear[31].

El agotamiento de las energías no renovables (gas natural, carbón, petróleo y energía nuclear) y el impacto que tiene su explotación para el medio ambiente han incrementado la incorporación de energías renovables en el sistema eléctrico. Entre las principales

ventajas de las energías renovables se destacan su naturaleza inagotable y su utilización libre de polución[32].

Las energías renovables son una alternativa sostenible y técnicamente viable, que proporcionan una parte significativa de la producción eléctrica en ciertos países del mundo. Gracias al importante y acelerado desarrollo tecnológico sus costes se han reducido y ha favorecido su expansión a una escala impensable hace algunos años, además sus perspectivas de crecimiento son muy favorables[33].

2.2.3 Energía Solar

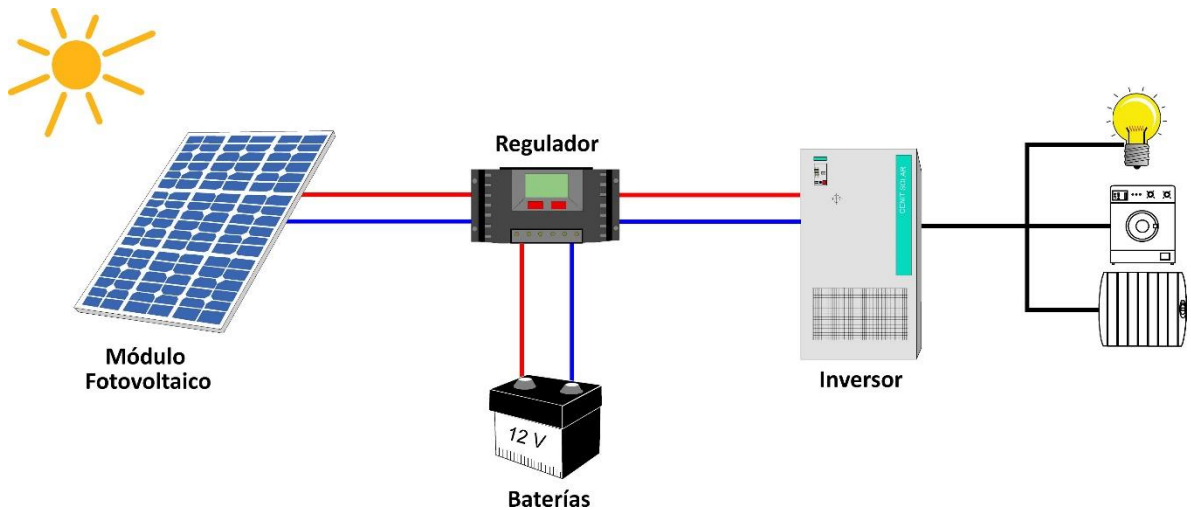
Proviene del sol, esta energía recibida cada 10 días sobre la Tierra equivale a todas las reservas conocidas de petróleo, carbón y gas. Hoy, se cuenta con la tecnología para aprovecharla. Así, la energía solar se abre campo en los sectores comerciales e industriales a fin de proveer electricidad a sectores con cortes de energía continuos o que por su área geográfica son de difícil alcance. Este tipo de energía tiene un gran potencial de desarrollo y se aplica en el sector industrial [34].

2.2.4 Sistemas Fotovoltaicos

Estos sistemas son una fuente de energía renovable que produce electricidad obtenida directamente a partir de la radiación solar, esta energía generalmente se adquiere mediante un dispositivo semiconductor denominado célula fotovoltaica que agrupados forman el panel fotovoltaico. Los componentes de un sistema fotovoltaico son: bloque de generación, bloque de acumulación y bloque de carga[35].

Se debe tener en cuenta que el rendimiento de un sistema fotovoltaico (FV) depende tanto de sus características técnicas (tensión de máxima potencia, corriente de máxima potencia, potencia máxima, tensión de circuito abierto y corriente de corto circuito, entre otros) como de la irradiación solar incidente y la temperatura de operación, entre otros[36].

Ilustración 1. Esquema de un sistema fotovoltaico.



Fuente: Sistemas Fotovoltaicos[37].

Como principales tipos de sistemas fotovoltaicos tenemos:

- SFV directamente conectados a una carga.
- SFV de corriente directa con cargador fotovoltaico y baterías de almacenamiento.
- SFV de corriente directa que alimentan cargas de corriente alterna[38].

Los componentes de un sistema fotovoltaico son:

Paneles Fotovoltaicos: Son dispositivos que aprovechan la radiación solar incidente sobre ellos convirtiéndola en energía eléctrica. Están constituidos por celdas que, mediante el efecto fotoeléctrico generan electricidad. Los paneles solares en un sistema fotovoltaico se comportan como una pila eléctrica, en serie para aumentar la tensión entre los extremos y en paralelo para aumentar la corriente máxima que pueden proporcionar, con el fin de aumentar la potencia total del sistema sin aumentar más la tensión de trabajo. Hay varios tipos de paneles fotovoltaicos dependiendo de su tecnología de construcción y sus componentes: Silicio cristalino, Capa delgada, Silicio amorfo, Teluro de Cadmio, CIGS/CIS[39].

Regulador: Los reguladores impiden sobrecargas y descargas indebidas en las baterías evitando su deterioro y su mal funcionamiento; también impiden las corrientes inversas evitando que las baterías se descarguen a través de los paneles. Existen dos tipos básicos de reguladores; el regulador tipo serie y el regulador tipo paralelo o shunt[40].

Baterías: El proceso de generación de energía eléctrica a partir de energía fotovoltaica es indistinto en respuesta a ciertas variables como: la hora del día, la época del año, la presencia o ausencia de nubes, etc. Por ello, al pensar en el almacenamiento de energía, se considera: la eficiencia de carga y descarga, la velocidad de auto descarga, la profundidad de descarga, el ciclo de carga y el ciclo de vida[41]. Así, el uso de baterías es importante en los sistemas fotovoltaicos, pues permiten que la energía generada por los paneles solares pueda ser almacenada a fin de que pueda usarse cuando la demanda sobrepase la capacidad del generador[42].

Inversor: El uso de un inversor es necesario debido que, la energía solar se transforma en energía eléctrica de corriente directa, y para hacer uso de la misma se requiere corriente alterna.

2.2.5 Efecto de la temperatura en sistemas fotovoltaicos

Un panel trabaja nominalmente cuando la temperatura en la superficie del mismo es 25°C, así los paneles solares no trabajan a su máxima capacidad cuando la temperatura ambiente es muy elevada. Funcionan mejor en un día frío con sol brillante, que en un día caliente con sol brillante. Los paneles solares funcionan al máximo con una temperatura ambiente de 25°C, por cada grado de temperatura superior a ésta, la eficiencia del panel disminuye en 0.5%, además se debe tener en cuenta que la temperatura de las celdas puede llegar a ser de 10 a 15 °C más alta que la temperatura ambiente.

Temperatura ambiente = 35 °C

Temperatura del Panel Solar =50°C

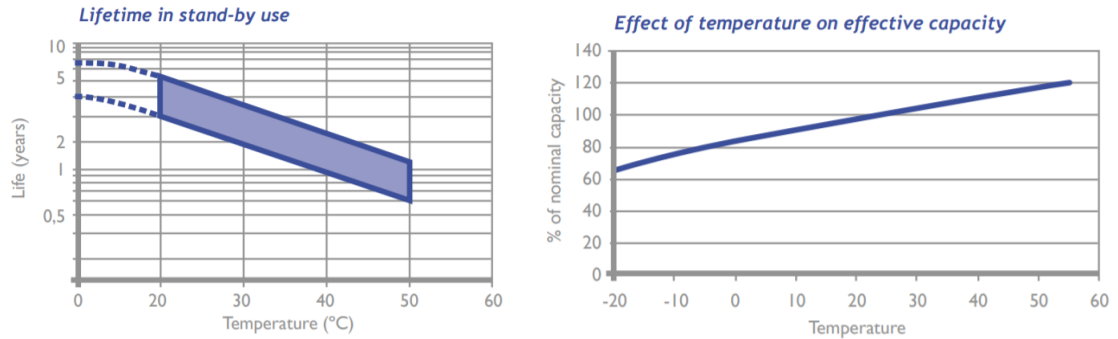
Temperatura del Panel Solar para 100% de eficiencia = 25°C

50°C - 25 °C = 25°C (cantidad de grados de temperatura sobre el óptimo)

25°C x 0.5% = 12,5%, así que la eficiencia del panel es de un 87,5 % a una temperatura ambiente de 35 °C[40].

Por otra parte, las baterías pierden eficiencia a una temperatura menor a 25°C, mientras que con temperaturas elevadas el ciclo de vida disminuye considerablemente, por lo que es importante mantener la temperatura de las baterías en un rango de temperatura cercano a los 25°C.

Ilustración 2. Efectos de la temperatura en las baterías.



Fuente: Energex[43].

2.2.6 Herramientas de diseño y análisis de sistemas fotovoltaicos

Actualmente existen varias herramientas para diseñar y analizar sistemas fotovoltaicos, desde simples herramientas de diseño hasta sistemas complejos usados por científicos e ingenieros para la optimización y diagnóstico[44].

PVSyst.- es un programa de simulación diseñado para ser usado por ingenieros, arquitectos e investigadores, que, a partir de las cargas y la selección de componentes de una base de datos, dimensiona el sistema fotovoltaico y genera un reporte del mismo.

2.2.7 Irradiación solar

Cantidad de energía solar que llega a una superficie, medida en Vatio-hora/metro cuadrado. La irradiación que llega a la superficie terrestre puede ser directa o difusa. A continuación, se presentan los valores de irradiación para la ciudad del Tena obtenidos de diferentes fuentes. Teniendo la energía de la irradiación solar mensual se determina el peor mes, calculando el cociente entre el consumo medio total de energía diario Eelec (Wh/día) y el promedio de la radiación diaria disponible Hs (Kwh/(m2día), el valor más alto de los cocientes de cada mes será el mes más crítico[45].

Tabla 1. Irradiación en el Tena-Altas Solar del Ecuador

Promedio de Irradiación(Hs) en la Ciudad del Tena			
Mes	Irradiación directa	Irradiación difusa	Irradiación
Enero	2400	2600	4650
Febrero	1800	2400	4650
Marzo	2400	2100	4800

Abril	2100	3000	4650
Mayo	2400	2700	4350
Junio	2400	2500	4350
Julio	2400	2600	4350
Agosto	2400	2800	4650
Septiembre	3300	2600	4850
Octubre	3600	2600	5200
Noviembre	3300	2700	5100
Diciembre	3300	2600	5100

Fuente: adaptado del atlas solar del Ecuador del Conelec[46].

Tabla 2. Irradiación Tena-Meteororm

	Irradiación Global	Temperatura	Velocidad del viento
Mes	<i>kWh/m².día</i>	°C	<i>m/s</i>
Enero	4.75	23.4	2.30
Febrero	4.44	23.2	1.80
Marzo	4.77	23.6	1.79
Abril	5.09	23.3	2.00
Mayo	4.63	22.9	2.49
Junio	4.75	21.2	3.00
Julio	4.72	21.2	3.29
Agosto	4.83	21.0	3.40
Septiembre	5.69	20.7	3.49
Octubre	5.49	21.3	3.50
Noviembre	4.94	21.4	3.40
Diciembre	4.6	22.8	3.09
AÑO	4.89	22.2	2.8

Fuente: adaptado de datos de Meteororm

Tabla 3. Irradiación en Tena- NASA

Mes	Temperatura del aire	Radiación solar diaria -horizontal	Velocidad del viento	Temperatura de la tierra
	°C	kWh/m ² /d	m/s	°C
Enero	20.4	3.86	1.4	21.4
Febrero	20.2	3.66	1.3	21.2
Marzo	20.6	3.64	1.4	21.6
Abril	20.3	3.71	1.4	21.3
Mayo	20.3	3.75	1.6	21.2

Junio	19.8	3.76	2.0	20.5
Julio	19.8	3.82	2.1	20.6
Agosto	20.7	4.04	2.1	21.7
Septiembre	21.8	4.11	1.9	23.1
Octubre	22.4	4.11	1.6	23.9
Noviembre	21.6	4.15	1.6	23.1
Diciembre	20.6	3.95	1.6	21.7
ANUAL	20.7	3.88	1.7	21.8

Fuente: adaptado de datos de la NASA

2.2.8 Refrigeración

Se entiende por refrigeración al proceso por el cual se traslada el calor de un lugar no deseado a otro lugar donde resulta indiferente, existen varias aplicaciones para la refrigeración entre ellos la separación de los componentes del aire para obtener oxígeno y nitrógeno licuado, la licuefacción de gas natural y la producción de hielo, sin embargo, la principal aplicación de la refrigeración es la conservación de alimentos[47]. Hay diferentes rangos de temperatura en función de su aplicación: temperatura alta entre 4 y 15°C, temperatura media entre los -2 y 4°C y temperatura baja menor de 0°C.[48].

Los sistemas de refrigeración por compresión son los más difundidos y se basan en la termodinámica. Por sus características de diseño se hace posible el intercambio de calor entre el aire que circula en las cámaras de conservación de productos agroindustriales y el líquido refrigerante, en el evaporador, cuyas propiedades termodinámicas permiten la absorción de calor del aire, logrando la liberación de calor irrecuperable al medio ambiente[49].

El ciclo de refrigeración se basa en tres leyes básicas:

- 1.- Todos los líquidos al evaporarse absorben calor de cuanto les rodea. Se absorbe el calor latente necesario para evaporar un líquido de las sustancias que se desea enfriar.
2. La temperatura a la que hierve o se evapora un líquido depende de la presión que se ejerce sobre dicho líquido. Se puede controlar la temperatura de evaporación de un líquido variando así el grado de frío producido.
3. Todo vapor puede volver a condensarse, convirtiéndose en frío si se comprime y enfría adecuadamente. Se puede comprimir el vapor resultante de la evaporación de un líquido, enfriarlo y a través de un condensador transformarlo en líquido nuevamente, así se puede volver a usarlo y producir frío nuevamente[50].

2.2.9 Rendimiento energético del almacenamiento en frío

Existe una gran variabilidad en el rendimiento de las cámaras frigoríficas. El volumen de la cámara frigorífica es el que tiene la mayor relación con el uso de energía. Las cámaras frigoríficas consumen cantidades considerables de energía. Dentro de las instalaciones de almacenamiento en frío el 60-70% de la energía eléctrica utilizada es para la refrigeración. Se estima que las cámaras frigoríficas utilizan entre 30 y 50 kWh/m³/año[51]. Para una cámara de alrededor de 30m³ el consumo medio es de 1500KW.

2.2.10 Almacenamiento de productos perecederos

El almacenamiento de productos perecederos se lo debe realizar a temperaturas medias y bajas para mantener las propiedades y calidad de los ya que éstos tienen una demanda constante a lo largo del tiempo, por el contrario, su producción al no ser constante es comúnmente almacenada para asegurar el aprovisionamiento de los mercados por el mayor tiempo posible; esto puede entenderse como una estrategia para diferir la oferta del producto hasta que el mercado se encuentre desabastecido y de esta manera obtener mejores precios. De esta manera, la temperatura juega un papel fundamental en el manejo, procesamiento, distribución y almacenamiento de dichos productos[52].

El almacenamiento de estos productos se lo realiza en cámaras refrigeradas que constan principalmente de un refrigerador, evaporador y una unidad condensadora[53].

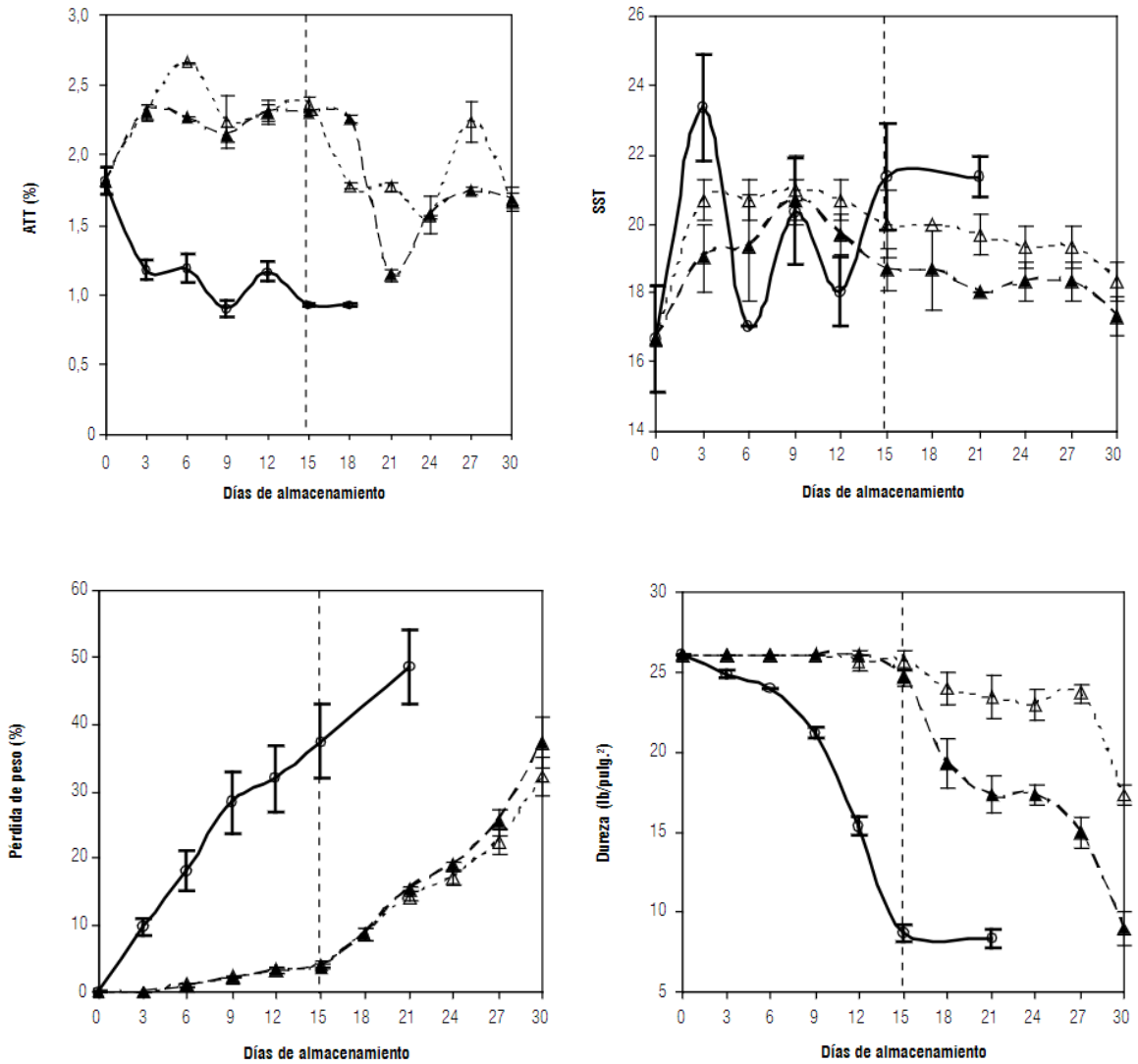
2.2.11 Pitahaya

La pitahaya es una planta rústica de la familia cactácea, mundialmente se la conoce como “la fruta del dragón”[54]. La pitahaya amarilla (*Selenicereus megalanthus* Haw.) es un cactácea silvestre, nativa de la Centroamérica y que se encuentra distribuida geográficamente en Latinoamérica en Bolivia, Perú, Ecuador, Colombia y Venezuela[55].

Por su adaptabilidad a las condiciones ambientales, la pitahaya tiene altas posibilidades de industrialización, productividad, rentabilidad y demanda. No obstante, una vez cosechada, esta fruta tropical, a temperatura ambiente, tiene una vida útil de seis a ocho días, por lo que la logística de transporte desde la cosecha hasta el consumidor final debería ser inmediata. Para comercializarla hay que tener en cuenta el tiempo de deterioro de su calidad y presentación, siendo la frigo conservación la alternativa más viable, el adecuado manejo de la temperatura prolonga la utilidad del producto y es recomendable para retardar la maduración del fruto[56].

Las características sobre las cuales se especifica si la pitahaya conserva sus atributos de calidad son: pérdida de peso de la fruta, firmeza de la fruta, contenido de sólidos solubles totales de jugo, contenido de acidez[57].

Ilustración 3. Comparación de atributos de calidad de la pitahaya almacenada a diferentes temperaturas



En la Ilustración 3, se muestra el resultado obtenido de comparar 3 métodos de almacenamiento post-cosecha:

- Temperatura ambiente
- ▲ Choque térmico
- △ Refrigeración

Donde:

ATT: Acidez total titulable del fruto

SST: Sólidos solubles totales

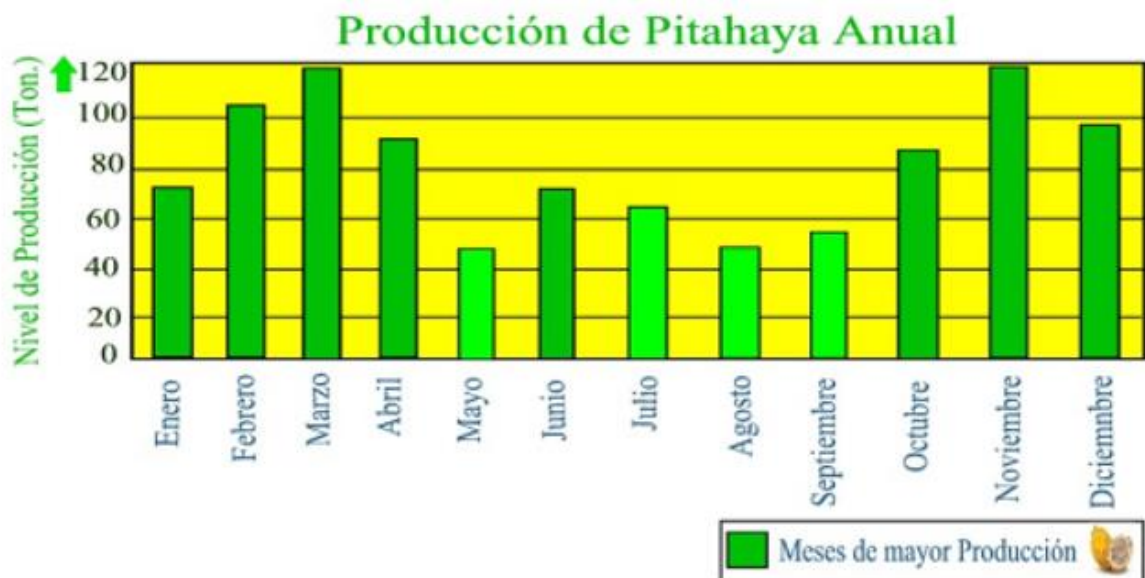
Al refrigerar los atributos se mantienen por mayor tiempo, además cabe destacar que al aplicar choque térmico, la corteza de la fruta tiende a mejorar su apariencia[58].

La conservación de la pitahaya post cosecha en proceso de maduración es de aproximadamente ocho días, mientras que, la de los frutos completamente maduros es de 6 días a temperatura ambiente. El almacenamiento de la fruta a 14 y 20 °C, hace posible mantener sus cualidades de comercialización por dos y una semana respectivamente, y los frutos almacenados a 8 °C tienen mayor vida post cosecha, 19 días[59].

La maduración y los procesos fisiológicos de la pitahaya dependen directamente del tiempo de exposición a la temperatura natural y la frigo conservación[56], se obtienen resultados óptimos al empacar pitahaya verde en polipropileno sin perforar y a 10°C, condiciones en las cuales la fruta alcanza una vida útil de 18 días con un deterioro inferior a 5% y de 21 días con un deterioro inferior al 10% [60].

La pitahaya tiene un rendimiento de 12000 frutas por cada hectárea en condiciones óptimas. El ciclo de producción de pitahaya posee 2 a 3 ciclos anuales de los cuales a partir de los 2 años de producción el ciclo de cultivo se da cada 16 semanas[61].

Ilustración 4. Producción anual de Pitahaya en Ecuador.



Fuente: Aso Pitahaya[62]

El kilo de pitahaya en mercados internacionales es de 9,97 dólares en promedio, sin embargo, este puede variar[63]. Para exportación se cosecha la fruta cuando tiene una madurez de alrededor del 75% con un color verde amarillento y se las coloca en recipientes plásticos de 52x35x18 cm³.

Posterior a esto se las clasifica y se las coloca en cajas de 50*40*11cm³ para ponerlas conservar a una temperatura de 8-10°C[64].

2.2.12 Métodos Financieros en Proyectos de Inversión

Cuando se va a realizar una inversión un proyecto tenemos que tener en cuenta los procedimientos de valoración y evaluación de los mismos ya que involucra ventajas y desventajas al momento de tomar decisiones, para ello existen posibilidades para recuperar la inversión y generar rentabilidad, los métodos más utilizados son el Valor Presente Neto y Tasa Interna de Rentabilidad[65]. Para realizar éstos cálculos se debe determinar una tasa de interés, en este caso se toma el 10,21% que corresponde a la tasa efectiva para créditos productivos y empresariales según banEcuador[66].

2.2.13 Valor Actual Neto (VAN)

También conocido como Valor Presente Neto, este método ayuda a la evaluación de proyectos de inversión, sumando los flujos futuros y restando la inversión inicial, si nos queda utilidades el proyecto es viable caso contrario se rechaza el proyecto. VAN mayor a 0 proyecto rentable VAN menor a 0 proyecto nulo VAN igual a 0 no produce ni pérdidas ni ganancias[65].

2.2.14 La Tasa Interna de Retorno (TIR)

Es la tasa donde el VAN es igual a cero, donde el negocio no tiene ni pérdidas ni ganancias, o es donde el proyecto se encuentra en su punto de equilibrio, mide la rentabilidad de inversión, es decir en porcentaje; si la TIR es superior a la tasa de descuento se acepta el proyecto[67].

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la Investigación

El presente proyecto se sustenta en una investigación aplicada, debido a que se considera como estrategia de solución para el problema planteado el uso de un dispositivo adaptado a la realidad del sector y al fin específico para cual que se requiere.

Este estudio, también se acompaña de la modalidad investigativa bibliográfica-documental, puesto que se recurre a artículos científicos, revistas, Internet, otros; como fuentes fiables que aportan y permiten profundizar en la perspectiva de diferentes autores que abordan la temática expuesta en este documento.

Con el afán de involucrarse en el contexto geográfico, económico y ambiental de la zona, verificar y explayar las opciones para la refrigeración de productos, se aplica una investigación de campo, ya que permite obtener respuestas directas del problema estudiado.

3.2 Población y Muestra

Debido a la naturaleza y características del proyecto no es elemental definir una población o muestra para el desarrollo del mismo.

3.3 Recolección de la información.

La información recopilada para este proyecto se obtiene de las visitas al Centro Agrícola Cantonal del Tena, observación y análisis del proceso de cosecha, almacenamiento y refrigeración de la pitahaya. Además, de datos e información inherente al dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos, extraída de documentos publicados por instituciones afines a esta actividad.

3.4 Procesamiento y análisis de datos.

Los datos recogidos se consiguen siguiendo ciertos procedimientos:

- Revisión crítica de la información recogida, eliminando información no necesaria o incompleta.
- Tabulación o cuadros de la información recolectada.
- Análisis de datos e información.
- Presentación de resultados.

3.4.1 Observación

- Establecer el método de registro de datos
- Organizar la información
- Registrar datos
- Corregir datos
- Tabular datos
- Analizar e interpretar datos
- Elaborar conclusiones

3.5 Desarrollo del proyecto

Las actividades realizadas para el desarrollo del proyecto se describen a continuación:

- Establecer los requerimientos técnicos para la cámara frigorífica alimentada con paneles solares mediante visitas al Centro Agrícola Cantonal del Tena.
- Estudiar las características de la pitahaya y la temperatura para su almacenamiento.
- Realizar una investigación bibliográfica acerca de los sistemas fotovoltaicos.
- Escoger una cámara frigorífica de la oferta del mercado actual para el almacenamiento.
- Definir los parámetros de irrigación solar en el área seleccionada para la implementación de la cámara.
- Definir la potencia requerida en función del tamaño y temperatura de operación de la cámara frigorífica.
- Dimensionar los paneles solares, inversor y batería para la cámara de refrigeración.
- Entrega del dimensionamiento del sistema fotovoltaico a la Asociación.

Capítulo IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

4.1 Producción del sector

Según en Ingeniero Julio Fonseca, Coordinador del Centro Agrícola Cantonal del Tena, la producción de los asociados al centro destinada a la exportación es de aproximadamente 3500Kg de pitahaya a la semana durante los meses de Febrero-Marzo y Noviembre-Diciembre. Por lo tanto, tomando en cuenta las dimensiones y el peso de la fruta promedio se debe tener un espacio de 21m² para almacenar la producción semanal.

Ubicación

La plantación se encuentra ubicado cerca a la vía Archidona con las siguientes coordenadas: 0°58'34.4"S 77°48'46.2"W.

Latitud: -0.976227

Longitud: -77.812823

Ilustración 5. Ubicación del Sistema Aislado



Fuente: Google Maps

La temperatura promedio anual en el Tena de es 23,8°C con temperaturas promedio máximas de 28,1°C.

4.2 Irradiación solar

Las bases de datos tratadas en el marco teórico arrojan diferentes resultados del valor de irradiación, estas variaciones suelen ser comunes y hacen difícil determinar el valor real de irradiación, por lo que se recomienda usar un promedio ponderado para reducir la incertidumbre generada por la dispersión de los datos.

La NASA usa satélites y algoritmos para determinar los datos, sin embargo, dividen la superficie de la tierra en celdas con tiene una resolución de 100Km x 100Km. Los datos proporcionados por el Atlas del Ecuador Nacional son generados por el National Renewable Energy Laboratory - NREL de los Estados Unidos tienen una mejor resolución, sin embargo, cubren un menor periodo de tiempo para la estimación de los datos. Por otra parte, Meteonorm usa un método de interpolación de los valores promedios mensuales obtenidos de estaciones meteorológicas cercanas al punto de interés con ajustes empíricos.

Tabla 4. Ponderación de las bases de datos

Fuente	Ponderación
NASA	0.6
Meteonorm	0.3
Atlas Solar del Ecuador	0.1
Total	1

Fuente: elaborado por el investigador

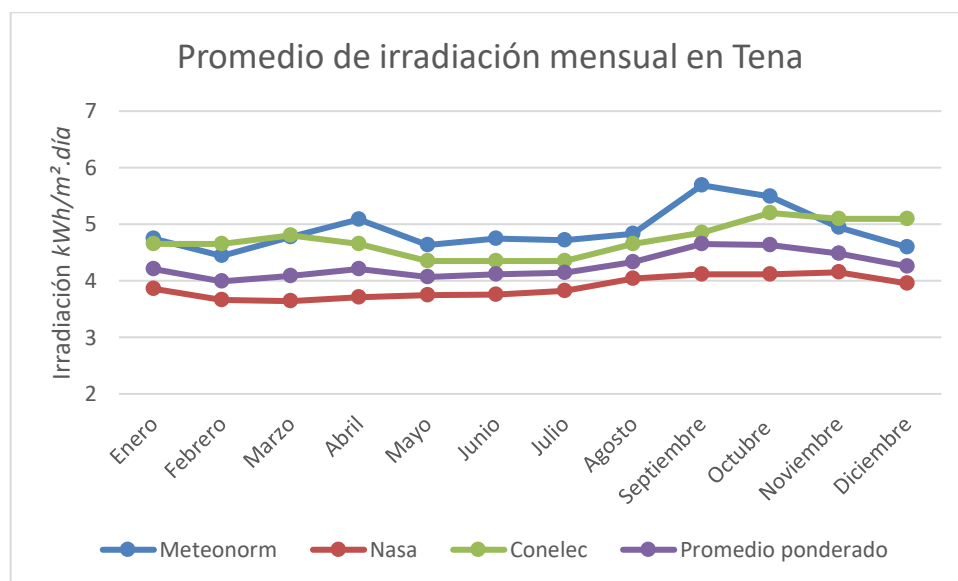
Tabla 5. Promedio ponderado de irradiación solar

Promedio ponderado mensual				
Mes	Meteonorm	Nasa	Conelec	Promedio mensual
Enero	4.75	3.86	4.65	4.21
Febrero	4.44	3.66	4.65	3.99
Marzo	4.77	3.64	4.8	4.09
Abril	5.09	3.71	4.65	4.21
Mayo	4.63	3.75	4.35	4.07
Junio	4.75	3.76	4.35	4.11

Julio	4.72	3.82	4.35	4.14
Agosto	4.83	4.04	4.65	4.33
Septiembre	5.69	4.11	4.85	4.65
Octubre	5.49	4.11	5.2	4.63
Noviembre	4.94	4.15	5.1	4.48
Diciembre	4.6	3.95	5.1	4.26
Promedio anual	4.89	3.88	4.72	4.26

Fuente: elaborado por el investigador

Ilustración 6. Promedio de irradiación mensual en Tena



Fuente: elaborado por el autor

En la ilustración anterior se puede apreciar que el promedio ponderado de irradiación que se usará para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico toma valores relativamente bajos, esto para no sobreestimar la cantidad de irradiación y asegurar que el sistema fotovoltaico genere constantemente la energía necesaria para los equipos de refrigeración, ya que, si se sobreestima la cantidad de producción solar, el sistema no generará la cantidad de energía necesaria y se interrumpirá el proceso de refrigeración.

4.3 Angulo de inclinación y orientación

La situación ideal sería colocar las placas solares de la instalación fotovoltaica en una estructura cuya inclinación y orientación se fuera adaptando progresivamente a cada hora del día y a cada día del año para poder estar siempre perpendicular a la radiación solar

incidente. Esto suele lograrse con sistemas tipo seguidor solar de uno o dos ejes, que, como su nombre ya indica, realizan un trabajo de seguimiento del punto óptimo de inclinación en cada momento.

Sin embargo, debido a que los seguidores solares tienen un mantenimiento elevado y que solamente son utilizados en grandes huertos solares sobre suelo, lo más habitual en instalaciones fotovoltaicas de autoconsumo es utilizar estructura de montaje fija, con un ángulo de inclinación fijo.

Para la instalación del sistema se debe elegir un sitio despejado libre de objetos o árboles que puedan provocar sombras.

La inclinación, o ángulo de inclinación (β), está definido como el ángulo que forma la superficie de los captadores con el plano horizontal.

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69(\alpha) \quad (1)$$

$$\beta_{opt} = 3.7 + 0.69(-0.97)$$

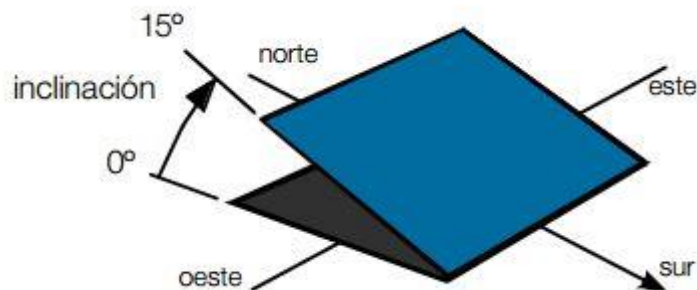
$$\beta_{opt} = 3.03^\circ$$

Donde;

β_{opt} : Angulo de inclinación óptimo.

α : Latitud del lugar de la instalación fotovoltaica, -0.97°

Ilustración 7. Orientación



Fuente: PVSyst

4.4 Potencia Frigorífica

Para una producción de 3500kg semanales la cámara debe tener un tamaño que permita almacenar adecuadamente este volumen, por lo que se propone unas dimensiones de 2.83m de largo por 3.7m de ancho por 2m de altura. La temperatura de mantenimiento óptima de la pitahaya es de 8°C, Por lo tanto, la cámara debe mantener esta temperatura interna en todo momento tomando en cuenta la que la temperatura máxima promedio anual en el exterior de 28,1°C.

Para obtener una guía de la potencia frigorífica requerida por la cámara se usa la calculadora de INTARCON, la cual es una empresa española de equipos de refrigeración cuya misión es desarrollar y ofrecer soluciones innovadoras para la operación más eficiente y sostenible de las instalaciones de refrigeración. Esta aplicación toma en cuenta factores como las aperturas de puerta diarias y la renovación diaria de aire. A continuación, el proceso para el cálculo de la potencia frigorífica:

Primero se definen las características más generales de la cámara: tipo de cámara, dimensiones, espesor de los paneles de aislamiento (generalmente se usa un espesor de 80mm, sin embargo, por las características del medio donde se instalará conviene usar un mayor espesor para evitar pérdidas de temperatura.), la localización y la temperatura ambiente.

Ilustración 8. Características generales de la cámara.

INTARCON

Inicio Producto Cámara Cargas Cálculo Selección ? Cerrar

Tipo de cámara: Cámara modular

Aplicación:

- Cuarto frío o sala de manipulación (15°C)
- Refrigeración a media temperatura (0°C)
- Conservación a baja temperatura (-20°C)

Volumen de cámara: 21 m³

Dimensiones interiores: 3.7 m (largo) x 2.840 m (ancho) x 2 m (alto)

Espesor de aislamiento: 100 mm

Localización: -- sin especificar --

Temperatura ambiente: 30°C

Pulse el botón "calcular" para obtener un primer resultado basado en parámetros por defecto. Siempre podrá consultar, modificar o especificar más datos sobre el producto, características constructivas de la cámara, tasa de renovación de aire, o cargas internas utilizando los enlaces y pestañas correspondientes.

Calcular

Fuente: Intarcon

A continuación, se establecen los parámetros del producto que se almacenará en la cámara tales como tipo de producto, temperatura de conservación, contenido en agua del producto (85% en el caso de la pitahaya), la carga del producto (3500kg de pitahaya) y el tipo de embalaje.

Ilustración 9. Características del producto

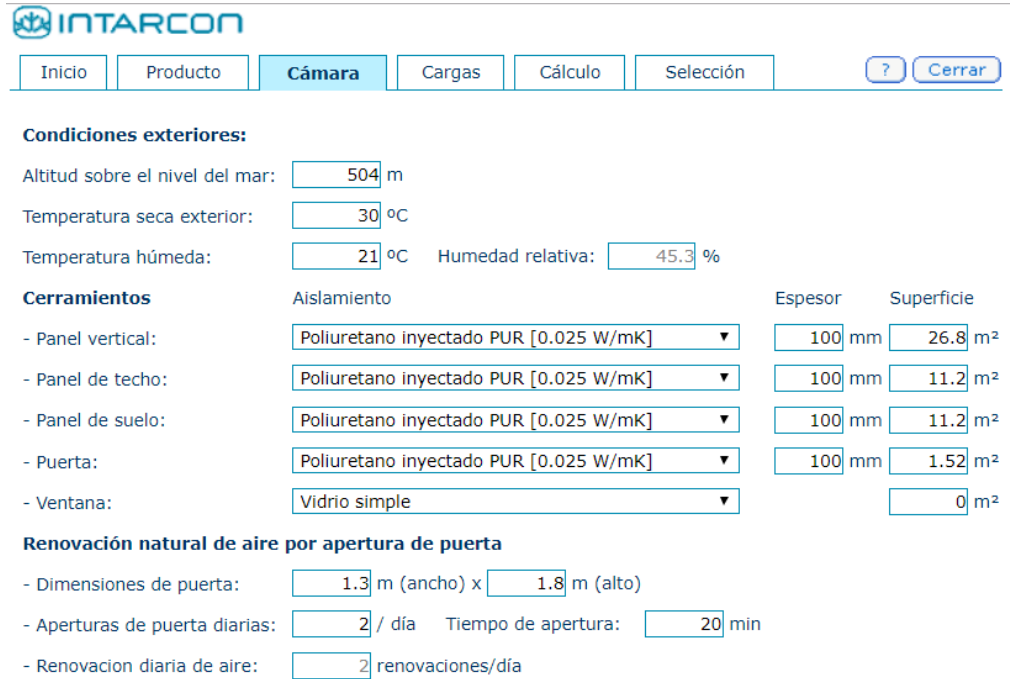
The screenshot shows the INTARCON software interface with the 'Producto' tab selected. The configuration parameters are as follows:

Parameter	Value
Producto almacenado:	GENERICO MEDIA TEMPERATURA
Condiciones de conservación:	8 °C , 85 % HR
Contenido en agua:	85 %
Temperatura de congelación:	-1 °C
Calor de respiración:	0 kJ/kg
Carga de producto:	167 kg/m ³ , 3500 kg
Rotación diaria de producto:	10 %/día
- Entrada de producto:	351 kg
- Tiempo de enfriamiento:	24 horas
- Temperatura de entrada:	30 °C
Tipo de embalaje:	A granel
- Peso del embalaje:	0 kg/m ³

Fuente: Intarcon

Se determinan las especificaciones para la cámara como las condiciones exteriores, el material, y el tiempo de apertura diaria de la cámara.

Ilustración 10. Especificaciones de la cámara



CONDICIONES EXTERIORES:

Altitud sobre el nivel del mar: m
 Temperatura seca exterior: °C
 Temperatura húmeda: °C Humedad relativa: %

CERRAMIENTOS

	Aislamiento	Espesor	Superficie
- Panel vertical:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	100 mm	26.8 m ²
- Panel de techo:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	100 mm	11.2 m ²
- Panel de suelo:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	100 mm	11.2 m ²
- Puerta:	Poliuretano inyectado PUR [0.025 W/mK]	100 mm	1.52 m ²
- Ventana:	Vidrio simple		0 m ²

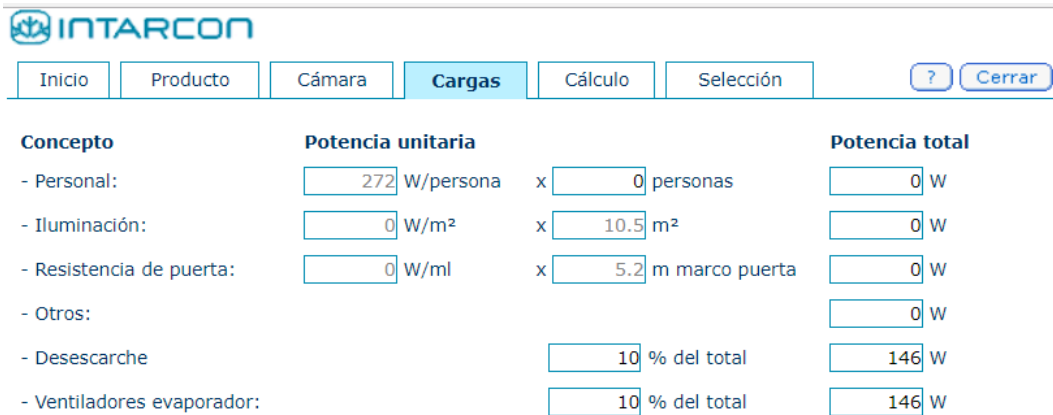
Renovación natural de aire por apertura de puerta

- Dimensiones de puerta: m (ancho) x m (alto)
 - Aperturas de puerta diarias: / día Tiempo de apertura: min
 - Renovación diaria de aire: renovaciones/día

Fuente: Intarcon

Se especifican las cargas extras de la cámara como el personal que estará operando constantemente dentro de la cámara, en este caso no existirá personal dentro de la cámara, ya que solo ingresará al momento de carga y descarga del producto. También se establecen la potencia de desescarche que es comúnmente el 10% del total y la potencia de los ventiladores del evaporador.

Ilustración 11. Cargas de la cámara



Concepto	Potencia unitaria	Potencia total
- Personal:	<input type="text" value="272"/> W/persona x <input type="text" value="0"/> personas	<input type="text" value="0"/> W
- Iluminación:	<input type="text" value="0"/> W/m ² x <input type="text" value="10.5"/> m ²	<input type="text" value="0"/> W
- Resistencia de puerta:	<input type="text" value="0"/> W/ml x <input type="text" value="5.2"/> m marco puerta	<input type="text" value="0"/> W
- Otros:		<input type="text" value="0"/> W
- Desescarche	<input type="text" value="10"/> % del total	<input type="text" value="146"/> W
- Ventiladores evaporador:	<input type="text" value="10"/> % del total	<input type="text" value="146"/> W

Fuente: Intarcon

Por último se realiza el cálculo de la potencia frigorífica total, para lo que se toma en cuenta un margen de cálculo del 20% para evitar un subdimensionamiento, también se determina el tiempo que la unidad de refrigeración funcionará para proveer esta cantidad de potencia a la cámara, usualmente los equipos de refrigeración funcionan 12h al día. Finalmente se obtiene una potencia frigorífica total de 2106W. No se debe confundir la potencia frigorífica con la potencia nominal del compresor. Ya que un compresor de 1hp puede cumplir esta demanda frigorífica

Ilustración 12. Cálculo de la cámara



Fuente: Intarcon

4.5 Unidad de refrigeración

Dado que el sistema se ubicará a la intemperie, se deben usar equipos resistentes a entornos adversos, por esta razón se escoge una unidad de refrigeración AS-R Monobloque que se caracteriza por tener una carcasa y un equipo frigorífico predispuestos para utilizarse en ambiente externo sin ningún tipo de protección contra los agentes atmosféricos. Los compresores utilizados son de tipo hermético estándar con refrigerante R404A. Para escoger el modelo de la unidad de refrigeración se toma en cuenta el valor de potencia frigorífica anteriormente calculada para una cámara de 21m³. El modelo MAS221N1000F es capaz de enfriar una cámara de hasta 23 m³ a 5°C con una temperatura ambiente máxima de 30°C, por lo tanto, se escoge este modelo que presenta una potencia nominal de 0,75KW, sin embargo, hay que tener en cuenta que por la eficiencia y las altas corrientes de arranque del motor la potencia real consumida o demandada de la red es de 1,1KW, este es un factor muy importante para el dimensionamiento del sistema.

Ilustración 13. Unidad de refrigeración

Codice Code		MAS121T1000F	MAS123T1000F	MAS221N1000F			
Potenza nominale Nominal Power		0,43 kW E	0,5 kW E	0,75 E			
Refrigerante Refrigerant		R404A	R404A	R404A			
Tensione Voltage		230/1~/50	230/1~/50	230/1~/50			
Assorbim. nom. Nominal absorption		0,7 kW* 4,3 A	0,8 kW* 5 A	1,1 kW* 7 A			
Sbrinamento Defrost		G	G	G			
Portata d'aria cond. Air flow cond.		700 m ³ /h	700 m ³ /h	1400 m ³ /h			
Portata d'aria evap. Air flow evap.		600 m ³ /h	600 m ³ /h	1200 m ³ /h			
Freccia d'aria Air throw		4 m**	4 m**	4 m**			
Massa Mass		53 Kg	57 Kg	77 Kg			
Tc °C	Ta °C	Pf Watt	V100 m ³	Pf Watt	V100 m ³	Pf Watt	V100 m ³
10	20	1657	16	1921	18	2974	34
	25	1567	15	1831	17	2798	31
	30	1478	14	1742	16	2621	28
	35	1387	13	1652	15	2444	25
	40	1298	11	1562	14	2267	23
	45	1208	10	1470	13	2090	20
5	20	1474	13	1675	15	2631	29
	25	1393	12	1598	14	2463	26
	30	1311	11	1521	13	2296	23
	35	1230	10	1443	12	2128	21

Fuente: Corarefrigeración

4.6 Determinación de las cargas

El funcionamiento típico de una cámara de refrigeración es intermitente, el compresor se mantiene funcionando hasta que alcanza la temperatura deseada, luego se apaga y se vuelve a encender cuando se ha alcanzado el límite de temperatura. La unidad de refrigeración seleccionada presenta un consumo de 1.1KW y en promedio se mantiene encendido 12h al día. Así mismo, se aplica un coeficiente de seguridad de 20% para cualquier pico de potencia demandado por el compresor y que este funcione correctamente.

Tabla 6. Consumo diario

Equipo	Cantidad	Potencia (W)	Uso (horas al día)	Energía (Wh/día)	Margen de seguridad 20%
Cámara de refrigeración	1	1100	12	13200	15840 W/día

Fuente: elaborado por el investigador

$$Carga\ calculada = 15840 \frac{Wh}{día}$$

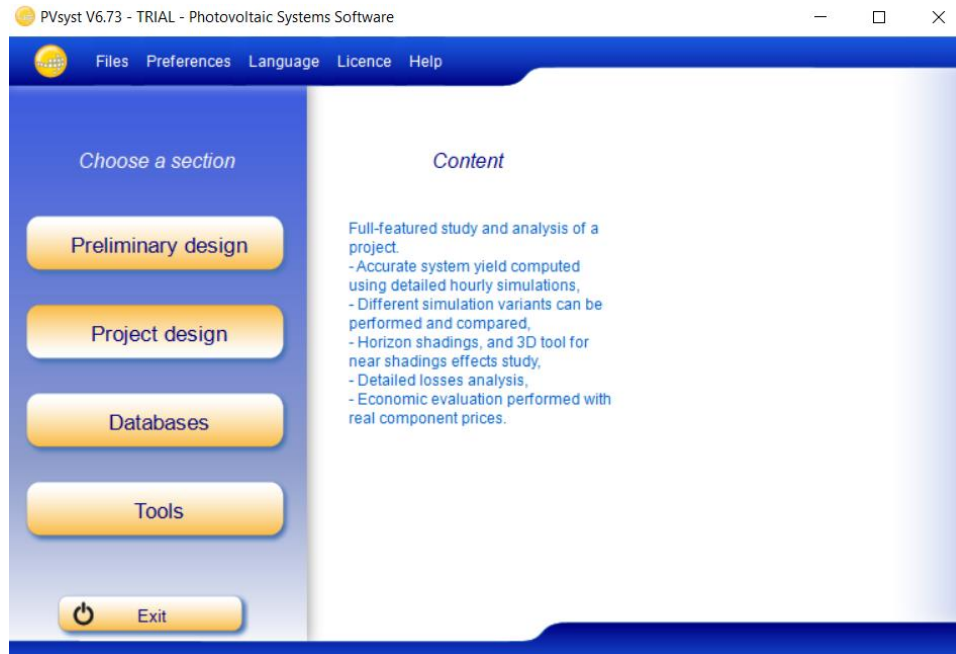
4.6.1 Selección de la tensión nominal

La instalación fotovoltaica tiene dos diferentes tensiones, continua y alterna. Las cargas de consumo eléctrico se alimentan a una tensión de 230V y 50 Hz. La tensión y frecuencia indicadas serán proporcionados por el inversor. Para el presente proyecto se selecciona una tensión de trabajo de 48V que es la adecuada para potencias demandadas por la carga superiores a 1500W.

4.6.2 Dimensionamiento del sistema usando PVsyst

Al iniciar el programa, este nos muestra una serie de opciones, se puede realizar un diseño preliminar sin componentes reales para realizar una evaluación inicial de un sistema, además se pueden acceder a bases de datos meteorológicas de Meteonorm y la NASA. También se puede seleccionar herramientas didácticas e informativas. En este proyecto se escoge diseño de proyecto que realiza un análisis completo del sistema con elementos reales. Una vez se escoge el tipo de proyecto, se elige el tipo de sistema en este caso sistema aislado.

Ilustración 14. Tipo de proyecto



Fuente: PVsyst

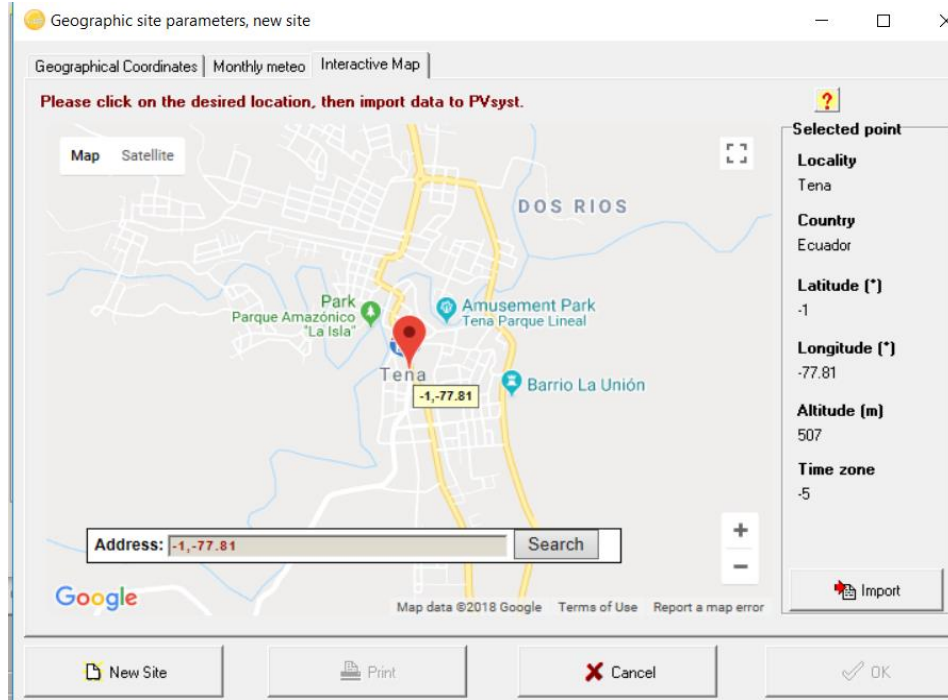
Ilustración 15. Tipo de sistema



Fuente: PVsyst

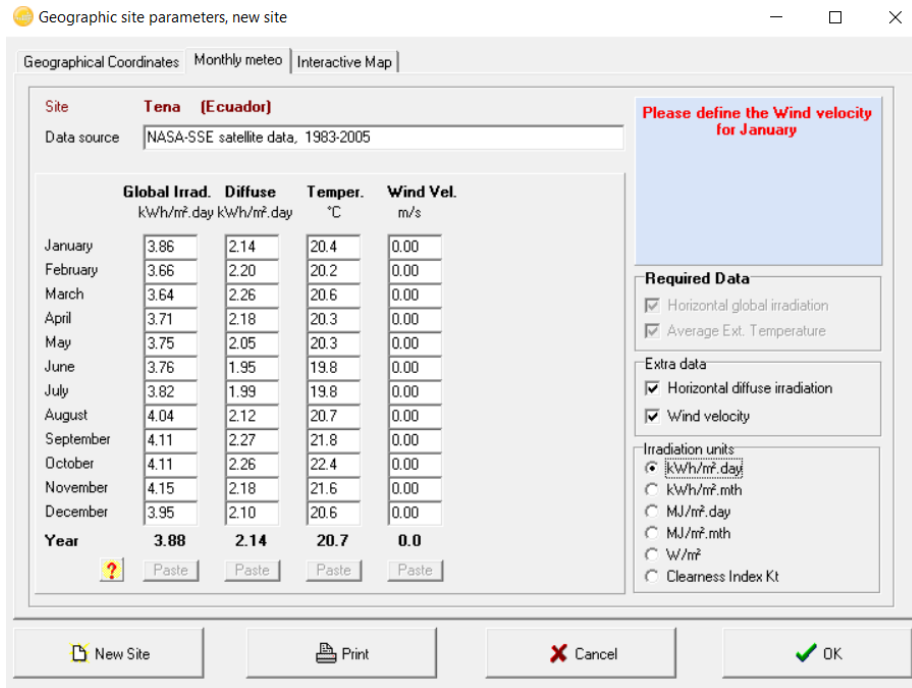
A continuación, se determina el lugar de instalación, se lo puede hacer introduciendo las coordenadas geográficas o navegando a través del mapa.

Ilustración 16. Selección del lugar de la instalación



Fuente: PVsyst

Ilustración 17. Ingreso manual de datos de irradiación

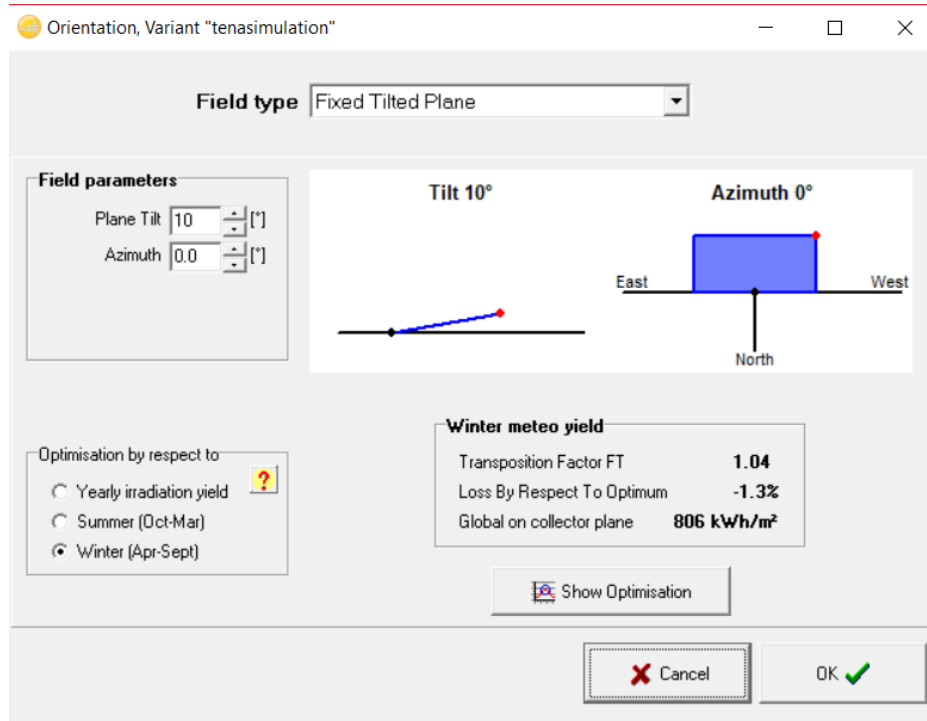


Fuente: PVsyst

Se pueden definir los datos de irradiación mediante las bases de datos de PVsyst vinculadas con Meteonorm, Nasa o ingresando manualmente. En este caso, como lo muestra la Ilustración 7, se ingresan manualmente los valores obtenidos del promedio ponderado previamente calculado.

El programa permite ajustar los parámetros de inclinación de los paneles y de la orientación o azimuth, además muestra la curva de rendimiento según la inclinación y orientación del generador fotovoltaico. Se observa que al variar el ángulo de inclinación del conjunto de paneles en un rango de 0 y 12 grados la pérdida de eficiencia de generación eléctrica es despreciable por lo que se escoge el valor de 10 para facilitar las tareas de limpieza y el flujo de agua producto de la lluvia.

Ilustración 18. Definición de la orientación



Fuente: PVsyst

Se debe ingresar el consumo total diario previamente calculado, una vez hecho esto el software provee un pre dimensionamiento que puede servir de guía al momento de escoger los equipos que conformarán el sistema fotovoltaico, en este apartado se determina los días de autonomía que tendrá el sistema, tomando como referencia los históricos del clima

del sector, se escoge un valor de 2 días de autonomía. Además, se define el voltaje de trabajo del sistema acumulador 48V para este proyecto.

Ilustración 19. Definición del consumo diario

Daily use of Energy, Variant: "New simulation variant"

Definition of Daily Household consumptions, year

Consumptions | Hourly distribution

Daily consumptions

Number	Appliance	Power	Daily use	Hourly distrib	Daily energy
0	Lamps (LED or fluo)	0 W/lamp	0.0 h/day		0 Wh
0	TV / PC / Mobile	0 W/app.	0.0 h/day		0 Wh
0	Domestic appliances	0 W/app.	0.0 h/day		0 Wh
1	Fridge / Deep-freeze	15.84 kWh/day	24.0 h/day	OK	15840 Wh
0	Dish- & Cloth-washers	0.0 W aver.	2.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app.	0.0 h/day		0 Wh
0	Other uses	0 W/app.	0.0 h/day		0 Wh
Stand-by consumers		1 W tot	24 h/day		24 Wh
Total daily energy					15864 Wh/day
Total monthly energy					475.9 kWh/month

Appliances info

Consumption definition by

- Year
- Seasons
- Months

Week-end or Weekly use

- Use only during
- 7 days in a week

Model

Load Save

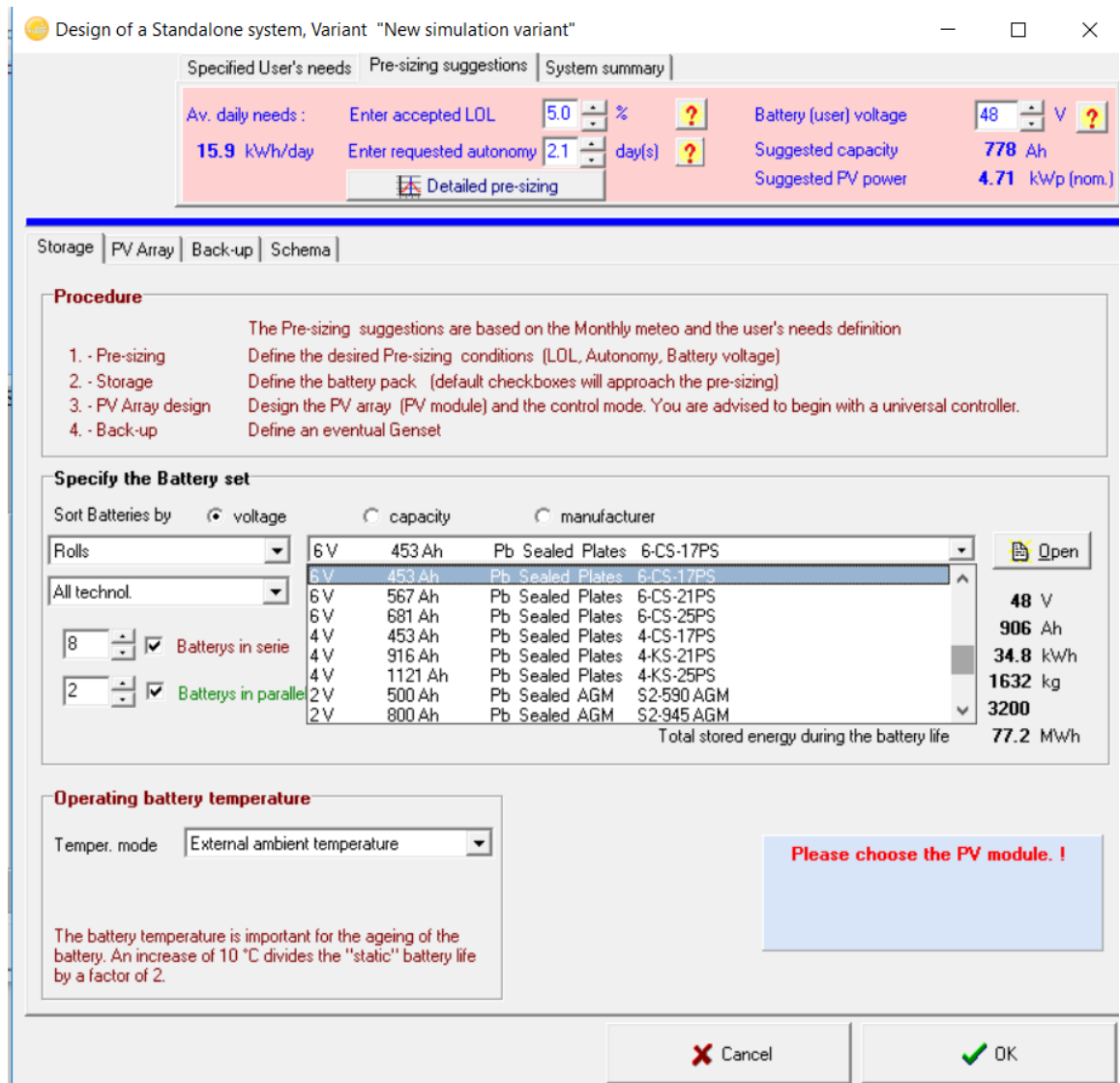
Other profile Cancel OK

Fuente: PVsyst

El programa recomienda iniciar con la elección de los equipos para el sistema de acumulación ya que este es el que se encargará de suministrar energía a la carga en las noches o los días en los que no exista generación eléctrica por parte de los paneles. Para esto se puede elegir la batería en función de sus voltajes, capacidad, o fabricante, en este caso se eligen baterías Rolls que al agrupar dos ramas en paralelo admiten descarga profunda con una capacidad total de 904Ah cercana a la recomendada por el programa 778Ah, dejando un margen de seguridad. Además, en esta ventana se define a la

temperatura de operación de las baterías como la temperatura ambiente ya que es un sistema aislado montado a la intemperie.

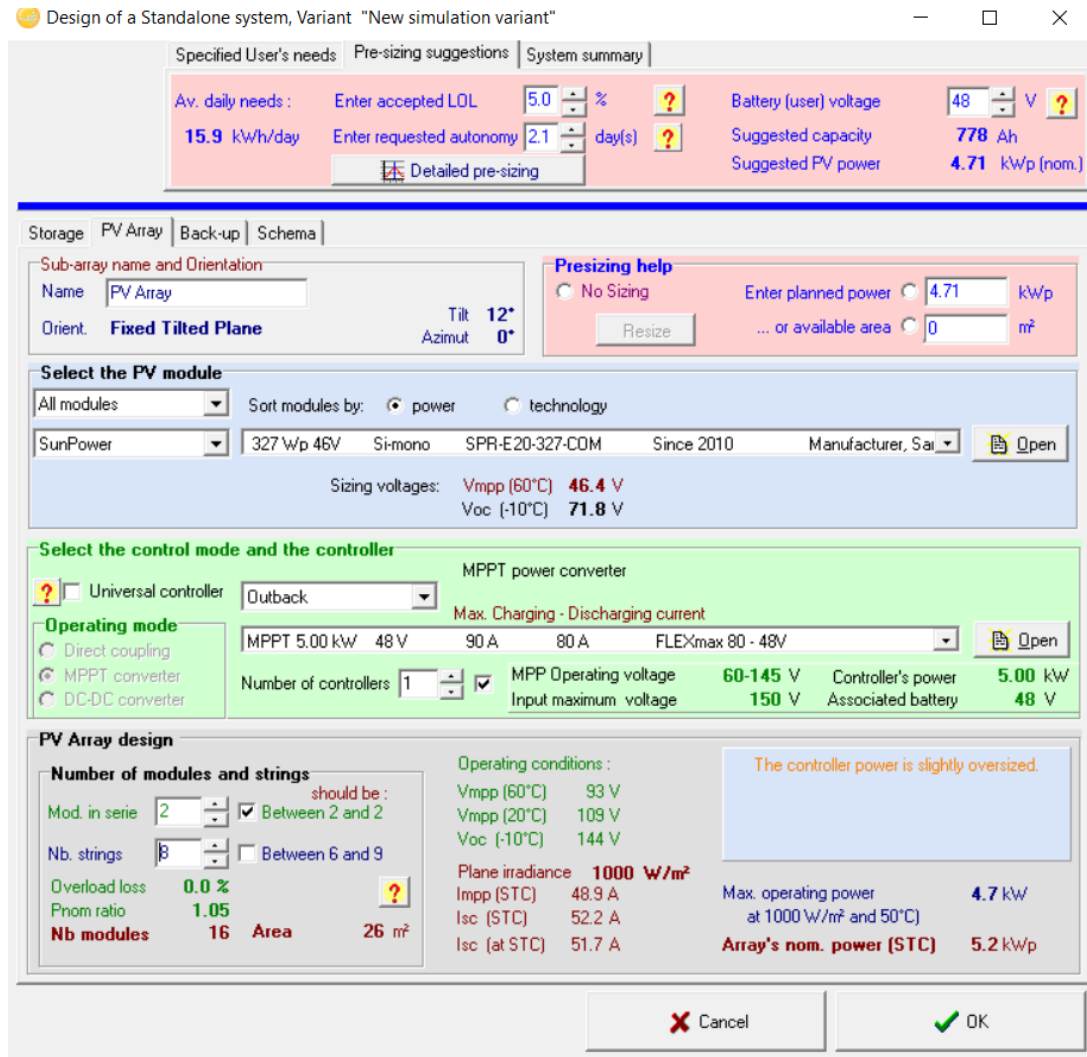
Ilustración 20. Definición del sistema acumulador



Fuente: PVsyst

Una vez se seleccionan los equipos para el sistema de acumulación se procede a escoger los paneles de los que estará compuesto el generador fotovoltaico, en este caso SUNPOWER de 327W a 48V. De igual manera que con las baterías, en esta sección se puede escoger el modelo de paneles aplicando un filtro en función de la potencia o el fabricante. También se debe escoger el controlador que empleará el sistema .

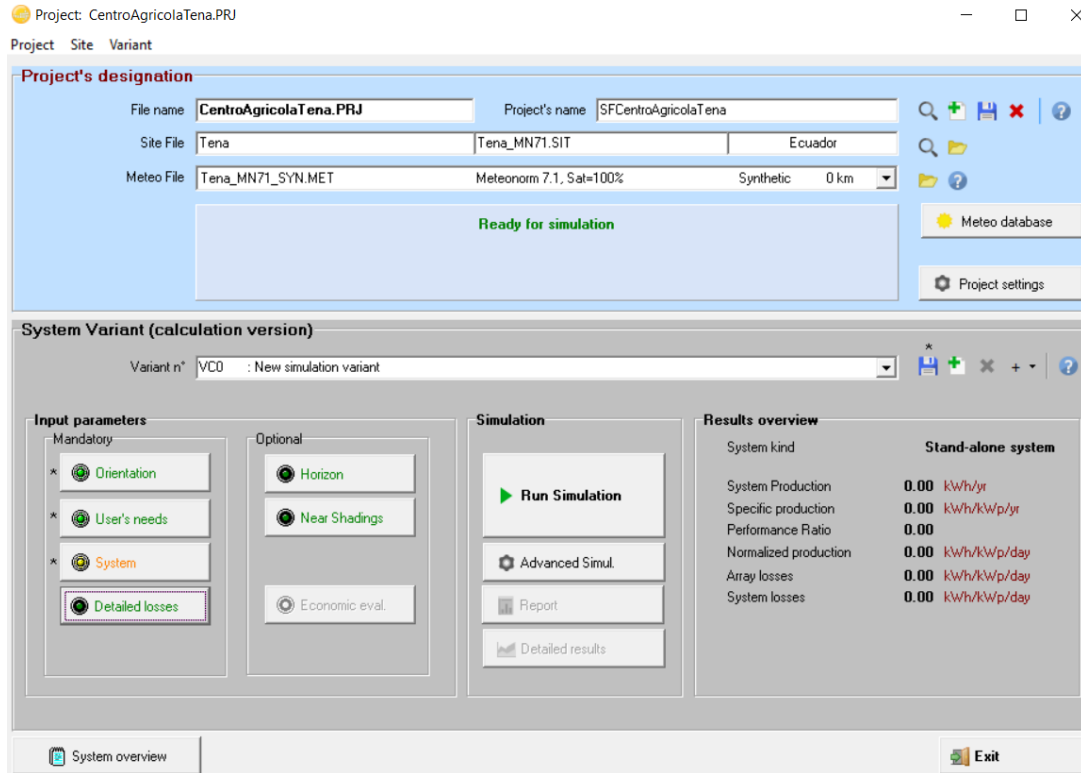
Ilustración 21. Definición de los paneles y controlador



Fuente: PVsyst

Finalmente en la Ilustración 22 se muestra la pantalla para correr la simulación y también se puede acceder a un reporte que muestra las características generales del sistema, la producción de energía total anual y mensual, y la eficiencia del sistema. Así el sistema generará alrededor de 6.73MWh/año superior a la energía requerida por la cámara de refrigeración de 5.69MWh/año. El reporte se presenta en los anexos.

Ilustración 22. Simulación e informe



Fuente: PVsyst

4.7 Cálculos justificativos

4.7.1 Calculo del total de paneles solares

Se elige el panel fotovoltaico en función de su mayor eficiencia, menor tamaño y nivel de tensión. Para el presente proyecto, se escogen los módulos fotovoltaicos SUNPOWER modelo E20 monocristalinos y con una capacidad de 327 Wp. La tensión en el punto de máxima potencia es igual a 54,7V DC, superior a la tensión nominal del sistema en continua de 48V DC.

- Potencia nominal pico: 327 Wp
- Corriente de cortocircuito: 6,46 A
- Corriente en el punto de máxima potencia: 5,98 A
- Tensión de circuito abierto: 64,9 V

- Tensión en el punto de máxima potencia: 54,7 V

Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos se empleará la radiación del peor mes en la ciudad del Tena. Por tanto, se garantizará el suministro de energía, aunque implique un sobredimensionamiento para los restantes meses. Para el cálculo del número de paneles fotovoltaicos es necesario introducir el concepto de “Horas de Sol Pico” o HPS. Las “Horas Sol Pico” se puede definir como el número de horas disponibles para una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m². En este sentido, una hora solar pico “HPS” equivale a 1kWh/m². En otras palabras, es un modo de contabilizar la energía recibida del sol agrupándola en paquetes, siendo cada “paquete” de 1 hora recibiendo 1000 vatios/m².

En el caso de Tena, el mes más desfavorable es febrero con un valor promedio diario de la irradiación solar es 3,99 kWh/m². El cálculo del número total de paneles fotovoltaicos se determina con ayuda de la siguiente formula:

$$N_T = \frac{P_{med}}{P_{mpp} * HSP_{crit} * PR} \quad (2)$$

$$N_T = \frac{15840}{327 * 3.99 * 0.8} = 15.18 = 16 \text{ Paneles}$$

Donde:

P_{med} : Consumo medio diario

N_T : Número total de paneles

P_{mpp} : Potencia pico del módulo en el punto de máxima potencia

HSP_{crit} : Horas de sol pico

PR : Factor global de funcionamiento

4.7.2 Disposición de los paneles

Para el cálculo de los paneles conectados en serie y/o paralelo se emplean las siguientes formulas:

$$N_{serie} = \frac{V_{cc}}{V_{mpp}} \quad (3)$$

$$N_{serie} = \frac{48}{54.7} = 0.88 = 1$$

$$N_{paralelo} = \frac{N_T}{N_{serie}} \quad (4)$$

$$N_{paralelo} = \frac{16}{1} = 16$$

Por lo tanto, se colocan 16 ramas en paralelo con un panel por rama. Adicionalmente, se aplica el criterio de selección por Amperios-hora, Ah con la siguiente formula:

$$Q_{Ah} = \frac{P_{med}}{V_{cc}} \quad (5)$$

$$Q_{Ah} = \frac{15840}{48} = 330 \text{ Ah}$$

$$I_{GFV, mpp} = \frac{Q_{Ah}}{HSP_{crit}} \quad (6)$$

$$I_{GFV, mpp} = \frac{330}{3.99} = 82.7 \text{ Ah}$$

Donde:

V_{mpp} : Tensión en el punto de máxima potencia

V_{cc} : Tensión del sistema

$I_{GFV, mpp}$: Intensidad generada en el punto de máxima potencia

Q_{Ah} : Consumo de energía medio

El modelo de Regulador escogido presenta una intensidad máxima de régimen normal de funcionamiento igual a 80 Amperios. La intensidad que pueden inyectar 16 paneles conectados en paralelo es igual a $16 \times 6,46 \text{ A}$ igual a 103,36 A, superior al valor anteriormente indicado. Por esta razón, para la correcta carga de banco de baterías se conectan dos ramas de 8 paneles en paralelo. De esta manera, la intensidad suministrada será de 51.68A. Este dato concuerda con el obtenido con el simulador.

4.7.3 Dimensionado del sistema de acumulación

Las baterías más recomendadas para las instalaciones solares aisladas son las estacionarias de plomo ácido, con vasos de 2V y 6V cada uno, que se dispondrán en serie y/o paralelo

para completar los 48 V DC, establecidos para el presente proyecto. Las baterías de plomo ácido pueden permanecer largos periodos de tiempo cargadas y soportar descargas profundas esporádicamente.

Se procede al cálculo de la capacidad nominal de las baterías en función de la profundidad de descarga diaria y estacional y el número de días de autonomía con ayuda de la siguientes formulas:

$$C_{NomDiaria} = \frac{P_{carga}}{D_{max,d} \cdot FCT} \quad (7)$$

$$C_{NomDiaria} = \frac{P_{carga}}{D_{max,d} \cdot FCT} = \frac{15840}{0.35 \cdot 1} = 45257Wh$$

$$C_{NomEstacional} = \frac{P_{carga} \cdot N_a}{D_{max,est} \cdot FCT} \quad (8)$$

$$C_{NomEstacional} = \frac{P_{carga} \cdot N_a}{D_{max,est} \cdot FCT} = \frac{15840 \cdot 2}{0.6 \cdot 1} = 45257Wh$$

$$C_{NomEstacional}(Ah) = \frac{C_{NomEstacional}(Wh)}{V_{cc}} = \frac{45257}{48} = 942Ah$$

Donde

$D_{max,est}$: profundidad de descarga máxima estacional, se suele emplear un valor de 0,6-0,7.

$D_{max,d}$: profundidad de descarga máxima diaria, se suele emplear un valor de 0,3-0,4.

N_a : es el Número de días de autonomía, se considerará una autonomía mínima de dos días.

FCT : el factor de corrección por temperatura igual a 1 en el presente proyecto.

Las baterías estacionarias de plomo ácido de la serie Surrette ROLLS de la serie 4000 6V S-605 presentan valores de capacidad de 482 Ah. Para el presente proyecto, se conectan 2 ramas en serie con 8 baterías en paralelo de 482Ah de capacidad y 6 voltios dando como resultado un sistema de acumulación con un total de 964Ah de capacidad y una tensión nominal del sistema de corriente continua igual a 48V.

4.7.4 Dimensionado del Regulador e Inversor/Cargador

El regulador controla la carga y descarga de baterías evitando cargas o descargas excesivas. Funciona como un interruptor, cerrado y conectado en serie entre paneles y batería para el proceso de carga y abierto cuando la batería está totalmente cargada. Los reguladores de carga que utilicen la tensión del acumulador como referencia para la regulación deberán ajustar tensión de desconexión de la carga de consumo del regulador para que la interrupción del suministro de electricidad a las cargas se produzca cuando el acumulador haya alcanzado la profundidad máxima de descarga permitida. La precisión en las tensiones de corte efectivas respecto a los valores fijados en el regulador será del 1 %.

Debe asegurarse una protección contra sobrecargas y descargas excesivas. Los reguladores de carga estarán protegidos frente a cortocircuitos en la línea de consumo. El regulador de carga se seleccionará para que sea capaz de resistir sin daño una sobrecarga simultánea:

- Corriente en la línea de generador: un 25 % superior a la corriente de cortocircuito del generador fotovoltaico.
- Corriente en la línea de consumo: un 25 % superior a la corriente máxima de la carga de consumo.

El regulador de carga debería estar protegido contra la posibilidad de desconexión accidental del acumulador, En estas condiciones, el regulador debería asegurar, además de su propia protección, la de las cargas conectadas.

Las pérdidas de energía diarias causadas por el autoconsumo del regulador en condiciones normales de operación deben ser inferiores al 3 % del consumo diario de energía.

En el proceso de dimensionado del regulador se debe determinar el máximo valor de la corriente que debe soportar a la entrada y salida del dispositivo. Las intensidades máximas de entrada y salida dependerán de la máxima corriente que es capaz de producir el sistema de generación fotovoltaico a la entrada del regulador y de la máxima corriente a la salida.

Las intensidades máximas de entrada y salida permitirán calcular los sistemas de protección, fusibles e interruptores-seccionadores. En el cálculo es necesario tener en cuenta los posibles picos de irradiación o los cambios de temperatura de funcionamiento del panel. Por tanto, para escoger el regulador la intensidad de entrada deberá ser un 15-25% superior a la corriente de cortocircuito procedente del sistema de generación fotovoltaico, *I_{entrada}*.

El empleo de la corriente de cortocircuito en el cálculo de la corriente de entrada al regulador se justifica por la máxima corriente que podrá generar el módulo fotovoltaico. En el presente proyecto, el cálculo de la corriente de entrada al regulador depende del número de ramas en paralelo.

El módulo fotovoltaico seleccionado presenta una corriente de cortocircuito de 6,46A. El sistema generador tiene una intensidad de salida igual a:

$$I_{salida} = 1,25 * I_{panel} * N p \quad (9)$$

$$I_{salida} = 1,25 * 6,46 A * 8 paneles = 64.6 A$$

La selección de una caja de conexiones permite disponer de fusibles en la entrada de la caja con una intensidad corriente continua máxima/borne salida igual a 80A, superior a los valores calculados para la intensidad de entrada al regulador. Los inversores se conectarán a la salida de consumo del regulador de carga o en bornes del acumulador. En este último caso se asegurará la protección del acumulador frente a sobrecargas y descargas excesivas.

El inversor debe asegurar una correcta operación en todo momento una tensión de entrada de 230V. La regulación del inversor debe certificar que la tensión y la frecuencia de salida estén en los siguientes márgenes, en cualquier condición de operación:

- $V_{nom} \pm 5 \%$, siendo $V_{nom} = 230 V$
- $50/60 Hz \pm 2 \%$

El inversor debe arrancar y operar todas las cargas especificadas en la instalación, especialmente aquellas que requieren elevadas corrientes de arranque (motores), sin interferir en su correcta operación ni en el resto de cargas. Los inversores estarán protegidos frente a las siguientes situaciones:

- Tensión de entrada fuera del margen de operación.
- Desconexión del acumulador.
- Cortocircuito en la salida de corriente alterna.
- Sobrecargas que excedan la duración y límites permitidos.

El autoconsumo del inversor sin carga conectada debe ser menor o igual al 2 % de la potencia nominal de salida. Las pérdidas de energía diaria ocasionadas por el autoconsumo del inversor serán inferiores al 5 % del consumo diario de energía. Es recomendable que el inversor tenga un sistema de “stand-by” para reducir pérdidas cuando el inversor trabaja

en vacío (sin carga). La intensidad en el lado de corriente alterna del inversor se calcula aplicando la fórmula:

$$I_{inv} = \frac{P_{CA}}{V_{nomCA}} \quad (10)$$

$$I_{inv} = \frac{1320 W}{230V} = 5.7A$$

Donde:

I_{inv} : es la intensidad que debe suministrar el inversor en la línea de CA

P_{CA} = Es la potencia requerida por la cámara de refrigeración

V_{nomCA} = Es el voltaje nominal de la cámara de refrigeración

Las intensidades de las cargas presentan valores inferiores a la intensidad nominal de salida del inversor seleccionado, igual a 25 A.

4.7.5 Dimensionado del cableado

Se procede al dimensionado del cableado de la instalación solar aislada. A continuación, se presentan los diferentes tramos del dimensionado y cálculo del cableado:

Ilustración 23. Tramos de cableado del sistema



Fuente: elaborado por el investigador

- Tramo en corriente continua entre Paneles- Caja de conexión
- Tramo en corriente continua entre Caja de conexión-Regulador
- Tramo en corriente continua entre Regulador-Batería
- Tramo en corriente alterna Inversor-Carga Eléctrica

La caída de tensión admisible se define cumpliendo el Pliego de Condiciones Técnicas del IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía) para Sistemas Aislados mostrado en la tabla 8, además la intensidad máxima admisible según el tipo de aislamiento y sección del cable presente en la norma UNE 20460-5-523, tabla 7.

Tabla 7. Intensidad máxima admisible

Método de instalación de la tabla 52 – B1	Número de conductores cargados y tipo de aislamiento											
		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A1		PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2						
A2	PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2							
B1				PVC3	PVC2		XLPE3		XLPE2			
B2			PVC3	PVC2		XLPE3	XLPE2					
C					PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2		
E						PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2	
F							PVC3		PVC2	XLPE3		XLPE2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Sección mm ²												
Cu												
1,5	13	13,5	14,5	15,5	17	18,5	19,5	22	23	24	26	–
2,5	17,5	18	19,5	21	23	25	27	30	31	33	36	–
4	23	24	26	28	31	34	36	40	42	45	49	–
6	29	31	34	36	40	43	46	51	54	58	63	–
10	39	42	46	50	54	60	63	70	75	80	86	–
16	52	56	61	68	73	80	85	94	100	107	115	–
25	68	73	80	89	95	101	110	119	127	135	149	161
35	–	–	–	110	117	126	137	147	158	169	185	200
50	–	–	–	134	141	153	167	179	192	207	225	242
70	–	–	–	171	179	196	213	229	246	268	289	310
95	–	–	–	207	216	238	258	278	298	328	352	377
120	–	–	–	239	249	276	299	322	346	382	410	437
150	–	–	–	–	285	318	344	371	395	441	473	504
185	–	–	–	–	324	362	392	424	450	506	542	575
240	–	–	–	–	380	424	461	500	538	599	641	679

Fuente: tomado de UNE 20460-5-523.

Tabla 8. Longitud y caída de tensión de los tramos de conexión

Tramos	Longitud (m)	Caída de tensión admisible máxima
Paneles – Caja de conexión	10	3%
Caja de Conexión – Regulador	5	3%
Regulador - Batería	2	1%
Inversor – Carga Eléctrica	3	1%

Fuente: elaborado por el investigador

Para el cálculo de la sección del conductor en corriente continua y en corriente alterna monofásica, se aplica la siguiente expresión:

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot V} \quad (11)$$

donde:

L : es la longitud en metros.

I : es la intensidad que circula por el conductor en amperios.

ρ : es el valor de conductividad del material empleado, para el cobre es igual 56.

V : es el valor de la caída de tensión máxima admisible en voltios.

4.7.6 Tramo Paneles – Caja de Conexión

La máxima distancia del panel más alejado de la caja de conexión será de 10 metros. La intensidad en cortocircuito de los paneles cada arreglo fotovoltaico es igual a 6.46 A.

$$S = \frac{2 \cdot L \cdot I}{\rho \cdot V} = \frac{2 \cdot 10 \text{ m} \cdot 6.46 \text{ A} \cdot 8}{56 \cdot 0.03 \cdot 54.7} = 11.25 \text{ mm}^2 \rightarrow 16 \text{ mm}^2$$

La intensidad máxima admisible correspondiente a la sección de 16 mm² es igual a 88 Amperios para cables de cobre al aire libre con aislamiento XPLE(90°C). La intensidad admisible del cable seleccionado es muy superior a la máxima intensidad que circulará por el cable igual a 51.68 Amperios.

4.7.7 Tramo Caja de Conexión – Regulador

Desde la caja de conexión al regulador existe una distancia de 10 metros. La sección entre la caja de conexión y el regulador es:

$$S = \frac{2*L*I}{\rho*V} = \frac{2*5m*6.46A*8paneles}{56*0.03*110} = 2.79mm^2 \rightarrow 4mm^2$$

La intensidad máxima admisible correspondiente a la sección de 4 mm² es igual a 36 Amperios para cables de cobre al aire libre con aislamiento PVC. La intensidad admisible del cable seleccionado es inferior a la máxima intensidad que circulará por el cable, 51.68 Amperios. Por lo que se selecciona una sección de 10 mm² que soporta hasta 65A.

4.7.8 Tramo Regulador-Batería

Entre el regulador y la batería, hay una distancia máxima de 2 metros. La máxima intensidad de salida que suministra el regulador a la batería, es igual a 80 Amperios.

La sección entre el regulador y la batería de cada campo fotovoltaico es:

$$S = \frac{2*L*I}{\rho*V} = \frac{2*2m*80A}{56*48*0.01} = 11.94mm^2 \rightarrow 16mm^2$$

La sección de 16mm² permite una intensidad máxima de 87A superior a 80A.

4.7.9 Tramo Inversor – Carga Eléctrica

Entre el Inversor y la carga eléctrica, hay una distancia máxima de 3 metros. La intensidad que exige cada carga eléctrica, asociada al correspondiente cada campo fotovoltaico, es igual 7 Amperios. La sección entre el inversor y la carga eléctrica es:

$$S = \frac{2*L*I}{\rho*V} = \frac{2*3m*7A}{56*230*0.01} = 0.33mm^2 \rightarrow 1.5mm^2$$

La intensidad máxima admisible correspondiente a la sección de 1,5 mm² es igual a 20 Amperios para cables de cobre al aire libre con aislamiento PVC. La intensidad admisible del cable seleccionado es muy superior a la máxima intensidad que circulará por el cable de 7 Amperios.

Es importante indicar que para la protección ante sobrecargas y cortocircuitos en el tramo entre Inversor/Regulador se deberá utilizar un interruptor general de 12 Amperios asociado a cada carga eléctrica. A continuación, se presenta de forma esquemática, la

sección de los diferentes tramos de la instalación fotovoltaica y los correspondientes valores máximos admisibles de las secciones de los conductores seleccionados.

Tabla 9. Especificaciones para los tramos del cableado

Tramos	Sección (mm²)	Intensidad máxima que circula por el cable A	Intensidad máxima admisible, A
Paneles – Caja de conexión	1.5	51.6	88
Caja de Conexión – Regulador	10	51.6	65
Regulador - Batería	16	80	87
Inversor – Carga Eléctrica	1.5	7	20

Fuente: elaborado por el investigador.

4.7.10 Dimensionado de las protecciones

Las protecciones del generador fotovoltaico se encuentran ubicados en la caja de conexión. Puesto que la disposición existente es una conexión de 2 ramas en serie con 8 paneles en paralelo SUNPOWER de la serie E20 327 Wp, los fusibles para las diferentes ramas y el interruptor-seccionador que proporciona la caja de conexión son suficientes para garantizar la protección de los paneles ante sobrecargas y cortocircuitos. Los fusibles sirven para sobrecargas y cortocircuitos. A la salida de la caja de conexión la protección se garantiza con un interruptor-seccionador de 80 A. Por otro lado, el dispositivo regulador proporciona las protecciones y necesarias para evitar descargas superiores a la establecida. Asimismo, el mencionado dispositivo presenta las protecciones para prever sobrecargas y cortocircuitos de intensidad a la entrada del inversor.

4.7.11 Cálculo de la puesta a tierra

La resistencia de aislamiento a tierra de la parte activa no es infinita y por ello es posible que una corriente de retorno que pase por esta resistencia pase también por una persona. Esta intensidad aumenta con la tensión a tierra de la instalación y con el tamaño de la misma, ya que la resistencia de aislamiento a tierra disminuye. Además, la degradación física de los aislantes por el paso del tiempo y la presencia de humedad reduce la resistencia de aislamiento. En las instalaciones con tensiones nominales iguales o superiores a 48 voltios se deberá disponer de una toma a tierra, que estará conectada a la estructura del campo generador y a los marcos metálicos de los módulos fotovoltaicos. En la instalación fotovoltaica será obligatorio el uso de toma de tierra, mediante el uso de un

electrodo o grupo de electrodos enterrados en el suelo. El valor de la resistencia de puesta a tierra se recomienda para un valor inferior a 37Ω .

Existen partes de la instalación consideradas como locales secos y otras como locales húmedos. El armario donde se ubicará el material eléctrico de la instalación fotovoltaica será considerada local seco, ya que no estará expuesto a humedades ni filtraciones de líquidos. En lo referente a la estructura metálica de soporte se considerará local húmedo, puesto que estará a la intemperie. Para la toma de tierra se pueden utilizar electrodos, formados por:

- Placas enterradas.
- Pilas verticales.
- Conductores enterrados horizontalmente.

El tipo y la profundidad de enterramiento de las tomas de tierra deben ser tales que la posible pérdida de humedad del suelo, la presencia del hielo u otros efectos climáticos no aumenten la resistencia de la toma de tierra por encima del valor previsto. La profundidad nunca será inferior a 0,5 metros. Se supone una resistencia lineal del terreno de $50 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$ (terrenos cultivables, terraplenes. Asimismo, en el cálculo de la puesta a tierra se deberá considerar que las cargas eléctricas de la instalación fotovoltaica aislada estarán protegidas por un interruptor diferencial con una sensibilidad de 30 mA.

Según la norma ITC-18 el para el cálculo de puesta a tierra se define la resistencia máxima según la siguiente formula:

$$R_{max} = \frac{V_{max}}{I_d} \quad (12)$$

donde:

- R_{max} es la tensión máxima según el tipo de local, en voltios.
- I_d es la intensidad de defecto, en A.

A continuación, se calcula la resistencia de puesta a tierra con ayuda de la siguiente formulas

$$RT = \frac{\rho}{n*L} \quad (13)$$

Dónde:

- ρ , es la resistividad del terreno, en $\text{Ohm}\cdot\text{m}$.

- n, es el número de picas.
- L, es la longitud de la pica.

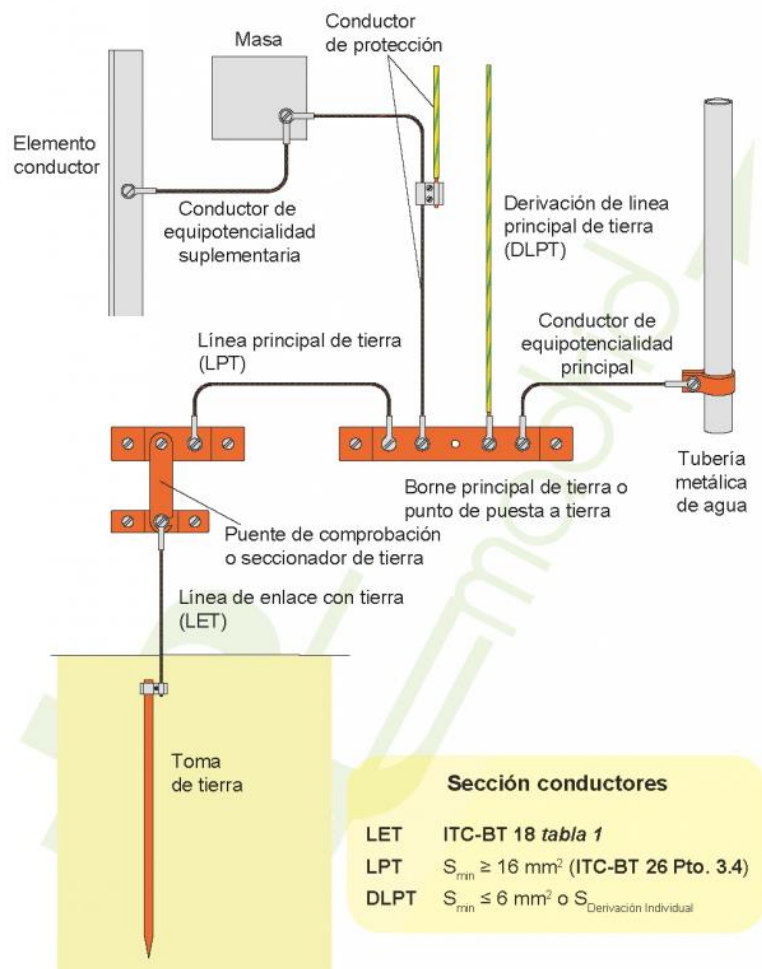
Finalmente, se comprueba que la caída de tensión durante un defecto a tierra es inferior a la tensión preestablecida en función del local:

$$V = RT \cdot I_d < V_{max} \quad (14)$$

Dónde:

- RT es la resistencia de la puesta a tierra, en Ohm.
- Id es la intensidad de defecto, en A.

Ilustración 24. Esquema de la puesta a tierra



Fuente: tomado de plcmadrid.com

4.7.12 Puesta a tierra de la estructura de soporte

Se considera la estructura de soporte como local húmedo, por tanto, el valor de tensión máxima que se deberá considerar es igual a 50 V. Se calcula el valor de la resistencia máxima permitida:

$$R_{max} = \frac{V_{max}}{I_d} = \frac{50V}{0,03A} = 1666,7 \text{ Ohmios}$$

Una vez obtenida la resistencia máxima permitida, se calcula la resistencia que se obtendría con el electrodo de puesta a tierra formado por 2 picas de 2 metros separadas entre sí.

$$RT = \frac{\rho}{n * L} = 50 \frac{Ohm}{2 * 2m} = 12,5 \text{ Ohmios}$$

Finalmente, se comprueba que la tensión de defecto no excede el valor máximo del local seco.

$$V = RT \cdot I_d < V_{max}$$

$$0,375 < 50$$

4.7.13 Puesta a tierra del armario eléctrico

Se considera la estructura de soporte como local seco, por tanto, el valor de tensión máxima que se deberá considerar es igual a 24 V. Se calcula el valor de la resistencia máxima permitida:

$$R_{max} = \frac{V_{max}}{I_d} = \frac{25V}{0,03A} = 833,33 \text{ Ohmios}$$

Una vez obtenida la resistencia máxima permitida, se calcula la resistencia que se obtendría con el electrodo de puesta a tierra formado por 2 picas de 2 metros separadas entre sí:

$$RT = \frac{\rho}{n * L} = \frac{50 \text{ Ohm}}{2 * 2m} = 12,5 \text{ Ohmios}$$

Finalmente, se deberá comprobar que la tensión de defecto no exceda el valor máximo del local húmedo.

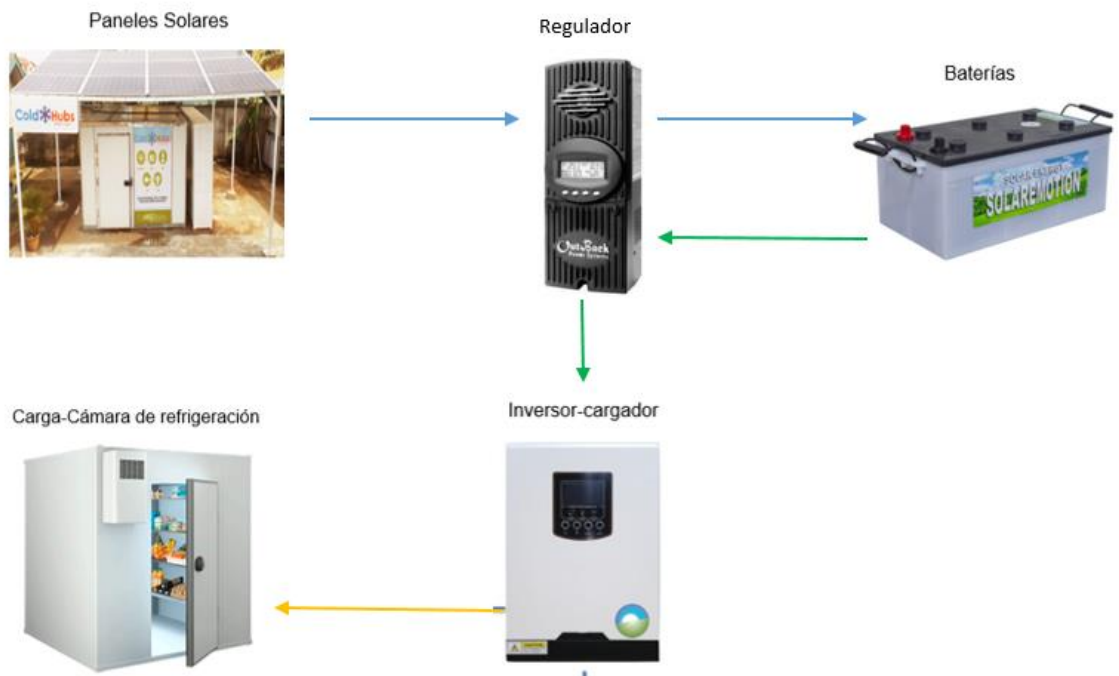
$$V = RT * I_d = 3,75V < 24V$$

4.7.14 Descripción general de la instalación fotovoltaica aislada

Los elementos que conforman el sistema fotovoltaico aislado propuesto en el proyecto se presentan de forma esquemática en la figura:

- Estructura metálica para soporte de paneles solares.
- Paneles fotovoltaicos - Sistema de conversión solar.
- Baterías estacionarias - Sistema de acumulación.
- Regulador e inversor/cargador - Sistema de regulación, control y transformación.
- Carga de consumo eléctrico.

Ilustración 25. Esquema de la instalación fotovoltaica aislada



Fuente: elaborado por el investigador

4.8 Descripción de los elementos para la instalación fotovoltaica

4.8.1 Estructura soporte

La estructura de soporte de los paneles fotovoltaicos cubre la totalidad de la cámara de refrigeración, lo que servirá de protección para los equipos ya que proporcionará sombra a los equipos reduciendo la degradación de los mismos. Se debe considerar el peso de los paneles, el viento y la acción de los agentes ambientales. Según la norma UNE 37-501 y

UNE 37-508 una estructura de hierro galvanizado cumple con las exigencias planteadas. La implantación de la estructura estará a cargo de un contratista.

Debido a la ubicación geográfica, 0.99° de latitud sur, teóricamente no existe ninguna inclinación con respecto a la superficie del terreno. Sin embargo, se establece una inclinación de 10° a la estructura metálica de soporte, para permitir evacuar correctamente el agua de lluvia y evitar el estancamiento sobre los paneles fotovoltaicos.

Ilustración 26. Soporte en V



Fuente: tomado de solarstem

Ilustración 27. Soporte cuadrado



Fuente: tomado de ColdHubs

La estructura de soporte de paneles fotovoltaicos para la instalación solar aislada contará con las siguientes dimensiones:

- Largo: 5 metros
- Ancho: 6,5 metros
- Altura Mínima: 3 metros
- Altura Máxima: 4 metros
- Inclinación: 10°
- Superficie del soporte: 30,25 metros cuadrados

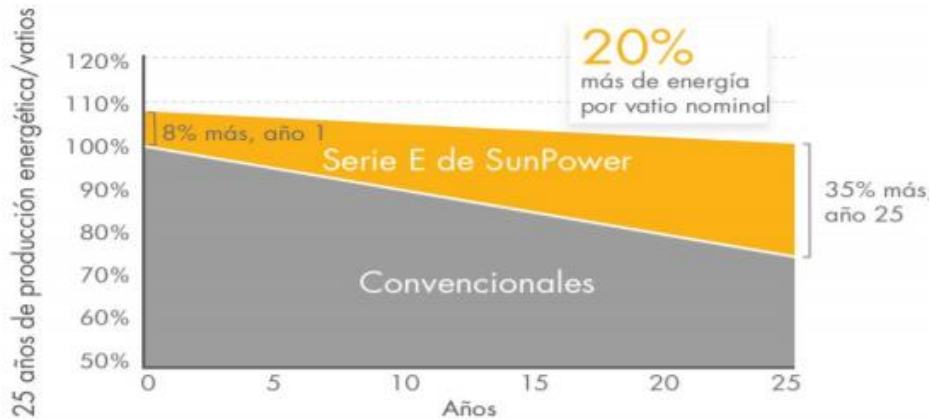
4.9 Generador Fotovoltaico

El generador fotovoltaico se compone de paneles fotovoltaicos los cuales se colocan sobre la estructura de soporte previamente descrita, se localizará en la plantación de Pitahaya del Centro Agrícola del Tena al aire libre.

La instalación fotovoltaica estará conformada por 16 paneles fotovoltaicos SUNPOWER de la serie E20 de silicio monocristalino negro. Cada panel fotovoltaico tiene una potencia nominal de 327 Wp. La potencia nominal total instalada de la instalación fotovoltaica aislada será de 5,232 kWp. Los módulos fotovoltaicos se instalarán en 2 ramas en paralelo compuestos por 8 paneles, respectivamente, conectados en serie.

Los paneles de sunpower han sido especialmente diseñados para ofrecer el máximo de energía en condiciones difíciles, con sombra parcial y altas temperaturas en la cubierta.

Ilustración 28. Eficiencia de los paneles



Fuente: tomado de SUNPOWER

Las características fundamentales del generador fotovoltaico se muestran en la siguiente tabla:

Ilustración 29. Características del generador

Características del generador fotovoltaico	
Número de paneles solares	16 <i>paneles</i>
Superficie ocupada por panel	1,559m x 1,046m
Área ocupada por los paneles	26,09 m ²
Potencia de cada panel	327 Wp
Potencia total	327 Wp x 16 = 5,232 kWp
Peso de las placas	11,4 kg/m ²

Fuente: elaborado por el investigador

Las dimensiones de los paneles fotovoltaicos son de 1,6 metros de largo y 1,05 metros de ancho dando como resultado una superficie total de 1,6 metros cuadrados con un peso de paneles fotovoltaicos, tienen un peso de 18,6 kilogramos, menos de 12 kilogramos por

metro cuadrado, en comparación de los 20 kilogramos que normalmente suelen pesar los paneles estándar. Este peso es importante para no sobrecargar la estructura metálica, para evitar fisuras o roturas, considerando condiciones medioambientales adversas y evitando elevados costes de mantenimiento y reparación.

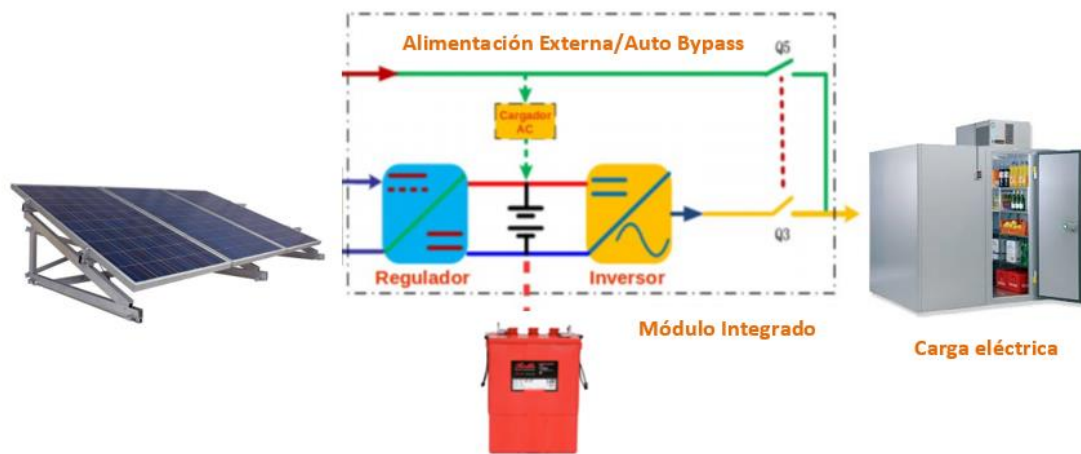
Los documentos técnicos de los paneles SUNPOWER E20 327 Wp se presentarán en los anexos.

4.10 Sistema de regulación y conversión

Este sistema está formado por un dispositivo que está integrado por dos elementos: regulador e inversor. Además, incorpora un cargador de batería que conecta el sistema a una fuente externa de energía (red convencional o algún sistema renovable de energía). Este dispositivo es de especial importancia en el presente proyecto si se desea realizar una ampliación del sistema. Adicionalmente este aparato permite conectar varias unidades entre ellas, multiplicando la potencia nominal del inversor e incrementando el rendimiento total del sistema.

En la figura, se representa el esquema básico del dispositivo inversor/regulador/cargador.

Ilustración 30. Esquema del inversor/regulador/cargador



Fuente: elaborado por el investigador

En la instalación fotovoltaica aislada se emplean dos dispositivos Regulador e Inversor/Cargador integrados en un dispositivo denominado FLEXpower ONE del fabricante americano de equipamiento solar OutBack Power. El modelo del Regulador MPPT seleccionado se denomina FLEXmax80, en tanto, que el modelo del Inversor/Regulador elegido se denomina FXR 3048A.

Los dispositivos presentan una carcasa resistente a la intemperie y un rango de temperatura ampliado para un funcionamiento fiable, incluso en condiciones ambientales extremas.

4.11 Regulador de carga de 80A

Cuenta con una carga máxima hasta 80 amperios. Se recomienda el uso de tensiones de 48V correspondientes a campos solares con una potencia nominal entre 5000Wp y 6000Wp. El regulador dispone de una pantalla que controla en todo momento el nivel de carga de las baterías.

4.12 Inversor de onda sinusoidal pura

Tiene la capacidad de suministrar una potencia máxima durante varios segundos igual a dos veces la nominal, que cubre los altos picos de arranque de los aparatos con motor. La pantalla del dispositivo permite visualizar la potencia real de los aparatos que se conectan a la instalación solar. Esta pantalla también indica el porcentaje de uso del inversor según la exigencia a la que se le haga trabajar en cada momento.

4.13 Cargador de batería

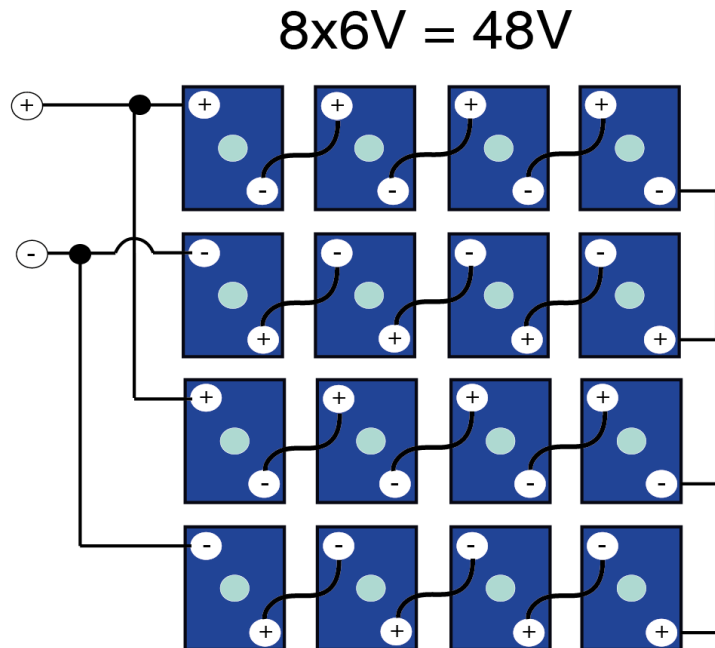
El cargador de baterías permite alimentar la instalación solar con energía externa de apoyo mediante el uso de un sistema renovable de generación eléctrica o grupo electrógeno externo. Este avanzado cargador utiliza múltiples etapas para realizar una recarga rápida de las baterías. Gracias a estas recargas la batería nunca desciende de un determinado nivel de carga con lo que se prolonga su ciclo de vida. El uso de un cargador es ideal para cubrir picos de consumo altos en instalaciones donde existan días puntuales con consumos mucho más altos de lo habitual. De este modo se cubre el consumo y se evita tener que sobredimensionar la instalación solar por esta causa.

Los documentos técnicos de los dispositivos seleccionados, Regulador e Inversor/Cargador Solar, FLEXmax80 y FXR-3048A, agrupados en el módulo integral FLEX power ONE FXR series se presentarán en los anexos del presente proyecto.

4.14 Sistema acumulador

El sistema acumulador estará formado por baterías solares Rolls con una tensión de 6V y con una capacidad de almacenamiento de 482Ah, de plomo-ácido abiertas de carga profunda. Cada pila está montada en una estructura resistente con tapa desmontable. Para la instalación de la batería no son necesarias especiales habilidades o herramientas y las baterías se pueden colocar directamente sobre la tierra sin necesidad de anclajes de metal. Las baterías Rolls de la serie 4000 proporcionan 1280 ciclos para una descarga del 50%. Para satisfacer la tensión de diseño establecido para el sistema de acumulación de 48V se deberá conectar 8 baterías de 6V en serie. Mediante esta conexión, se mantiene la capacidad de la baterías pero se multiplica el voltaje, pasando de 6 a 48V. En el presente proyecto, la conexión de 2 ramas de 8 baterías en serie de 482Ah de capacidad y 6 voltios dará como resultado una batería total de 964Ah de capacidad y de 48V. Para realizar este tipo de conexión se deberá unir el polo positivo de una de las baterías, con el polo negativo de la otra. Los polos restantes servirán de punto de conexión de los cables positivo y negativo que provienen del regulador de carga.

Ilustración 31. Disposición del sistema acumulador



Fuente: elaborado por el investigador

Los cables que se usan para conectar las baterías entre sí y la batería hasta el inversor deben ser lo suficientemente resistentes para soportar altas cargas de energía y reducir las caídas de tensión en este caso xlp de 25 mm de sección.

4.15 Medidas de seguridad y dispositivos de protección

Se debe asegurar, al menos un grado de aislamiento eléctrico básico para equipos y materiales. Además, se debe incluir los elementos necesarios de seguridad para proteger a las personas frente a contactos directos e indirectos. Todas las partes metálicas y masas de la instalación, tanto de la parte de corriente continua como de corriente alterna, deberán estar conectadas a una única tierra. Se deberán utilizar cajas aislantes e inaccesibles para todos los conexionados. Se deben aislar los conductores mediante tubo. Los materiales situados en intemperie se protegerán contra los agentes ambientales, en particular contra el efecto de la radiación solar y la humedad. Todos los equipos expuestos a la intemperie tendrán un grado mínimo de protección IP65, y los de interior, IP20. Por motivos de seguridad y operación de los equipos, los indicadores, etiquetas, etc. de los mismos estarán en alguna de las lenguas oficiales del lugar donde se sitúa la instalación. Cuando las tensiones nominales en continua sean superiores a 48 V, la estructura del generador y los marcos metálicos de los módulos deberán estar conectados a una toma de tierra, que será la misma que la del resto de la instalación. Se incluirán todas las protecciones necesarias para proteger a la instalación frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se instalarán los elementos necesarios para la desconexión, de forma independiente y en ambos terminales, de cada una de las ramas del generador. Los conductores del campo fotovoltaico dispondrán de fusibles seccionadores, fusibles rápidos dimensionados para un valor de intensidad superior a la de cortocircuito. Estos dispositivos de protección se colocarán en cada una de las líneas que vienen del campo fotovoltaico y en la línea del inversor. En operaciones de mantenimiento es necesario advertir que, aunque se abran los fusibles seccionadores pueden aparecer tensiones peligrosas entre los terminales positivos y negativos de las líneas de los campos fotovoltaicos. El acumulador se instala siguiendo las recomendaciones del fabricante.

Cada batería, o vaso, deberá estar etiquetado, al menos, con la siguiente información: - Tensión nominal, V - Polaridad de los terminales - Capacidad nominal, Ah - Fabricante (nombre o logotipo) y número de serie.

Las baterías se protegerán contra sobrecargas y descargas. En general, estas protecciones serán realizadas por el regulador de carga.

4.16 Cajas de conexión

Los equipos expuestos a la intemperie deben tener un grado mínimo de protección IP65 y los de interior sin acceso, IP20. La caja de conexión dispondrá al menos 8 conexiones de entrada. La caja de conexiones del generador que sirve para agrupar las distintas líneas de las cadenas de la instalación fotovoltaica y proporciona las siguientes funciones:

- Protección de las líneas principales y líneas de cadena de corriente continua mediante fusibles para caja de cadenas (estos fusibles deben pedirse aparte según el tipo de módulo y pueden colocarse tanto en el polo negativo como positivo).

La caja de conexión tiene las siguientes características básicas:

- Las cajas de cadenas agrupan todas las líneas de las cadenas. Los fusibles permiten proteger el cable CC y el módulo frente a corrientes de cortocircuito demasiado elevadas.

- Para conectar el protector de sobretensión debe utilizarse un cable con una sección adecuada (según la longitud del cable, mínimo 16 mm²). Por medio de los contactos para telecomunicaciones sin potencial de los descargadores puede incluirse el protector de sobretensión en la monitorización de la instalación.

- Las líneas de salida admiten una conexión de 35 mm² de hilo fino o 50 mm² multifilar. En el caso del modelo con interruptor-seccionador CC pueden conectarse hasta 95 mm².

4.17 Instalación de puesta a tierra

Además de las medidas de protección establecidas se realizará la instalación de puesta a tierra. El objetivo es tomar todas aquellas medidas que sean necesarias encaminadas a hacer de la instalación fotovoltaica una instalación segura contra el daño a las personas y a los equipos que la componen. La tierra de la instalación deberá ser una tierra independiente. La estructura y marco de los módulos fotovoltaicos deberán estar conectadas a tierra. La conexión a tierra de la estructura soporte ofrece una buena protección contra sobrecargas atmosféricas.

4.18 Presupuesto

Tabla 10. Presupuesto del proyecto

N°	Descripción	Unidades	Precio Unitario	Precio Total
1	Paneles Fotovoltaicos SUNPOWER E20-327W	16	327	5232
2	Inversor/Regulador/Cargador FLEX POWER ONE FRX-3048	1	4256	4256
3	Baterías ROLLS SURRETTE S- 605 6V 482	16	375	6000
4	String Box FlexWire PV8	1	120	120
5	DC Fusible Protección 10A	8	3.5	28
6	DC Disconector 25A	1	25	25
7	Barras de Conexión + Pernos	16	20	320
8	Cable FlexPower-Batería 3m	1	110	110
9	Aislantes Polos Baterías	32	9.5	304
10	AC Interruptor 25A	1	30	30
11	Estructura metálica de soporte	1	2000	2000
12	Instalación y puesta en marcha. Puesta a tierra, cableado y pequeño material eléctrico	1	2685	2685
13	Transporte Miami-Guayaquil	1	1890	1890
14	Transporte Guayaquil-Tena	1	500	500
15	Cámara de refrigeración	1	12000	12000
			Total	35500

Fuente: elaborado por el investigador

4.19 Retorno de la inversión

El Centro Agrícola cantonal contará con una cadena de frío que asegurará la calidad del producto con una opción renovable por lo tanto su precio será mayor en 0.5 dólares que equivale a un incremento del 5% en el precio total del producto. Las dimensiones de las cajas para el almacenamiento y exportación son de 0,5m*0,4m*0,11m; cada caja deberá estar adecuadamente etiquetada y contendrá de 10-12 frutas con un peso total de 3,5 kg por caja, la cámara de refrigeración tiene capacidad para 1008 cajas de producto con un peso total de 3528Kg. Se pronostican 10 envíos anuales correspondientes a las 10 semanas de mayor producción en el año.

Los detalles de la exportación se detallan a continuación:

Tabla 11. Detalle de exportación

Detalle		Febrero-Marzo	Noviembre-Diciembre
Cantidad de envíos		5	5
Pallets por envío		9	9
Cajas por pallet		112	112
Cajas por envío		1008	1008
Cajas anuales		10080	10080
Peso de cada caja	Kilogramos	3.5	3.5
	Toneladas	0.0035	0.0035
Peso de cada pallet	Kilogramos	392	392
	Toneladas	0.392	0.392
Peso total por envío	Kilogramos	3528	3528
	Toneladas	3.528	3.528
Peso total por periodo	Kilogramos	17640	17640
	Toneladas	17.64	17.64

Fuente: elaborado por el investigador

Por lo tanto, se tiene una exportación anual de 35,28 toneladas al año. Con lo que se genera ingresos extra de \$17640. A continuación, se muestran los flujos de efectivo del proyecto evaluado a 5 años y se calcula el TIR y el VAN a una tasa de descuento del 10.21%.

Tabla 12. Flujos de efectivo

Período	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	-35500					
Flujo de caja		17640	17640	17640	17640	17640
Flujo Neto	-35500	-17860	-220	17420	35060	52700

Fuente: elaborado por el investigador

$$VAN = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} \quad (15)$$

$$VAN = -35500 + \frac{17640}{(1+0.1021)^1} + \frac{17640}{(1+0.1021)^2} + \frac{17640}{(1+0.1021)^3} + \frac{17640}{(1+0.1021)^4} + \frac{17640}{(1+0.1021)^5}$$

$$VAN = 30961.5$$

Donde:

I_0 : Inversión inicial

F_t : Flujo de caja

r : Tasa de descuento

t : período

$$0 = -33500 + \frac{17640}{(1+TIR)^1} + \frac{17640}{(1+TIR)^2} + \frac{17640}{(1+TIR)^3} + \frac{17640}{(1+TIR)^4} + \frac{17640}{(1+TIR)^5} \quad (16)$$

$$0 = -33500 + \frac{17640}{(1+TIR)^1} + \frac{17640}{(1+TIR)^2} + \frac{17640}{(1+TIR)^3} + \frac{17640}{(1+TIR)^4} + \frac{17640}{(1+TIR)^5}$$

$$TIR = 44,2\%$$

$$ROI = \frac{\text{Utilidad-inversión}}{\text{inversión}} * 100\% \quad (17)$$

$$ROI = \frac{66461 - 23500}{23500} * 100$$

$$ROI = 87,2\%$$

Los resultados obtenidos del TIR y el VAN indican que el proyecto es rentable ya que el VAN toma un valor positivo y el TIR es mucho mayor que la tasa de descuento, además tiene una tasa interna de retorno del 87.2% lo que quiere decir que por cada dólar invertido se genera 0.87 dólares. Y se espera recuperar la inversión a partir del tercer año.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La pitahaya es una fruta tropical que tiene una gran acogida en mercados internacionales, la demanda total no ha sido cubierta, a nivel nacional y en los países bajos solamente el 25% de la demanda ha sido satisfecha, mientras que en países del resto del mundo la demanda varía, con una tendencia al alza, debido a esto, en el Ecuador existen diferentes empresas y asociaciones que han ganado gran terreno en las exportaciones de este fruto, siendo esto una barrera de entrada para el Centro Agrícola Cantonal del Tena, también se debe tomar en cuenta que al momento de exportar es de suma importancia conservar la calidad de los productos por el mayor periodo de tiempo posible, esto se logra manteniendo una cadena de frío que debe empezar en el momento de la cosecha, para la pitahaya producida por el Centro Agrícola Cantonal del Tena la temperatura de conservación debe ser de 8°C.

El Ecuador presenta un gran potencial solar, sin embargo, los datos obtenidos de distintas fuentes presentan una variabilidad considerable, lo que afecta negativamente el desempeño del sistema fotovoltaico, por lo que se debe realizar un promedio ponderado de los datos para asegurar un factor de irradiación más cercano a la realidad, una vez hecho esto, se emplea la irradiación del mes de Febrero de 3,99Wh/día, ya que es el mes en el que menor irradiación existe, así se asegura que el sistema suministre la energía requerida en cada mes. Para captar toda esta energía, en la teoría el ángulo de inclinación del generador fotovoltaico debería ser 3°, sin embargo, para evitar la acumulación de agua y residuos que pueden disminuir la eficiencia y vida de los paneles en la práctica se da una inclinación al generador de 10° con lo cual la pérdida de eficiencia es mínima <0.7%, lo que no afectará la producción energética.

La potencia requerida para una cámara de refrigeración depende de varios factores como la temperatura interna de la cámara, el tamaño, la temperatura ambiente, el tipo de carga,

las renovaciones de aire, etc, adicionalmente cabe señalar que el compresor funciona intermitentemente para mantener la temperatura deseada, el comportamiento típico respecto del tiempo de funcionamiento de los compresores de cámaras de refrigeración es 0.5 del tiempo total que la cámara permanece encendida, por lo tanto, para mantener la temperatura por 24 horas el compresor permanecerá encendido 12 horas al día, para la cámara de 21m² que almacenará 3600kg de pitahaya se requiere una unidad de refrigeración con una potencia nominal de 0,75KW aproximadamente 1hp. Sin embargo, se debe tomar en cuenta que la potencia nominal de una unidad de refrigeración no es la misma que la potencia real absorbida, esto debido a pérdidas de eficiencia y altos picos de potencia al encendido. De esta manera el consumo diario de la cámara de refrigeración es de 15225Wh/día.

El sistema consta de 16 paneles solares agrupados en 2 ramas de 8 paneles en serie cada rama para entregar una intensidad adecuada al inversor, el sistema acumulador está formado por 16 baterías agrupados en dos ramas de 8 baterías en serie cada rama, también se incorpora un inversor-regulador-cargador tres en uno que controla la carga de las baterías y permite la conexión de una fuente externa de energía en caso de emergencia. El sistema cumple con los parámetros de seguridad necesarios para una instalación de este tipo.

La implementación de un sistema fotovoltaico aislado a pesar de su elevada inversión inicial frente a otros sistemas de alimentación resulta rentable al permitir que el Centro Agrícola Cantonal ingrese a mercados internacionales con un producto innovador, ecológico y de calidad ya que la cámara de refrigeración permite mantener las propiedades del producto por dos semanas más, asegurando la calidad del mismo, demostrando que el desarrollo económico sustentable es posible.

5.2 Recomendaciones

Mantener las baterías en un lugar cubierto del sol y donde puedan recibir la mayor ventilación posible para evitar temperaturas elevadas que puedan afectar la vida útil de las mismas elevando los costos del sistema.

Realizar una adecuación del terreno donde se instalará la cámara de refrigeración para mejorar el aislamiento térmico y evitar fugas de frío reduciendo el consumo de energía, esto mejorará la eficiencia del sistema.

Analizar la factibilidad de un sistema fotovoltaico aislado para cámaras de refrigeración comunitaria, donde se pueda almacenar además de alimentos, medicinas y vacunas que permita mejorar la calidad de vida de las comunidades, también se debe analizar el impacto

que tendrían estos sistemas aplicados a las comunidades aisladas que realizan turismo comunitario, con el fin de mejorar el servicio entregado.

Para futuras investigaciones se recomienda la elaboración de un manual de uso y mantenimiento, así como preparar capacitaciones para los beneficiarios del proyecto que les permita realizar mantenimientos preventivos, ya que, por las condiciones de difícil acceso a las locaciones y condiciones ambientales, impiden una intervención oportuna del técnico instalador.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] F. Ricci and A. Macchione Saes, *Electric Power in the Paraíba Valley, Brazil: Companies, Entrepreneurs and the State in the Construction of the Electric Power Sector (1900-1970)*, vol. 42, no. 77. Centro de Investigación, Universidad del Pacífico, 2015.
- [2] J. A. B. Maradiaga, “Energías renovables e innovación para el desarrollo territorial, vientos de esperanza en san nicolás, estelí, nicaragua,” *Rev. Multi-Ensayos*, vol. 3, no. 6, pp. 50–59, Jan. 2018.
- [3] A. K. R. Manrique, Á. I. C. Monroy, and A. J. A. Cardona, “Diseño de sistemas de energía solar fotovoltaica para usuarios residenciales en Chía, Cundinamarca.”
- [4] N. B. M. Caicedo and A. A. R. Ibarra, “Estado actual de los niveles de desperdicio de las cadenas de abastecimiento de alimentos,” *Memorias Congr. UTP*, vol. 0, no. 0, pp. 202–209, Aug. 2017.
- [5] FAO, “Food wastage footprint & Climate Change.” [Online]. Available: <http://www.fao.org/3/a-bb144e.pdf>. [Accessed: 22-Nov-2017].
- [6] A. Carretero García, “¿Desechados Por ‘Feos’? Nueva Plataforma Europea Contra Las Perdidas Y Desperdicios De Alimentos,” *Publicaciones Jurídicas*, pp. 1–26, 2016.
- [7] “Agriculture and Fisheries Council, 27-28/06/2016 - Consilium.” [Online]. Available: <http://www.consilium.europa.eu/en/meetings/agrifish/2016/06/27-28/#>. [Accessed: 22-Nov-2017].
- [8] M. Bárbara, R. Rodríguez, J. Laureano, M. Rodríguez, and J. C. Leite, “Designing a system of photovoltaic panels for a refrigeracion center,” *J. Eng. Technol. Ind. Appl. Ed.*, vol. 08, 2016.
- [9] Tecnura, “Impacto de la penetración de la energía solar fotovoltaica en sistemas de distribución: estudio bajo supuestos del contexto colombiano,” vol. 20, no. 50, pp. 85–95, 2016.
- [10] M. Robles and Z. Torres, “El impacto en el uso de energías renovables en empresas mexicanas como ventaja competitiva.”
- [11] M. R. Gámez, W. C. Jurado, A. V. Pérez, and M. S. Arauz, “Factibilidad económica de la extensión de la red eléctrica. (Comunidades rurales de Chone).,” *Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Technol. RIEMAT ISSN 2588-0721*, vol. 1, no. 2, pp. 14–19, Jul. 2016.
- [12] A. M. V. Quiroz, “Estudio de la Eficiencia de los sistemas fotovoltaicos y su impacto socio económico en la zona rural del Cantón Chone, Manabí, Ecuador,”

Rev. Investig. en Energía, Medio Ambient. y Tecnol. RIEMAT ISSN 2588-0721, vol. 3, no. 1, pp. 23–29, Jul. 2018.

- [13] L. M. Guachún Villalta, “Estudio de factibilidad de un sistema de energía renovable aplicado a un nodo de servicio de telecomunicaciones,” 2018.
- [14] A. E. M. Rios, J. Mora, and R. Mora, *Ventajas y desventajas del cambio de la matriz productiva y su incidencia en el sector cafetero de la provincia de El Oro*, vol. 30, no. 1. Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL), 2017.
- [15] R. L. Martínez and C. Tijerina, “Fenología y constante térmica de la pitahaya,” *J. Control. Release*, vol. 169, pp. 10–16, 1992.
- [16] PROECUADOR, “Análisis Sectoriar-Pitahaya 2016.” [Online]. Available: https://docs.google.com/viewerng/viewer?url=http://www.proecuador.gob.ec/wp-content/uploads/2016/05/PROEC_AS2016_PITAHAYA.pdf. [Accessed: 22-Nov-2017].
- [17] W. A. Morales Sánchez, “Exportaciones del Ecuador a la Unión Europea, caso de la pitahaya del cantón Palora,” Jul. 2017.
- [18] S. Gonzalez, G. Solorio, E. Peralta Escobar, M. R. Espinosa, and D. Rodriguez Licea, “Aprovechamiento De La Energía Cinética Del Flujo De Agua, Caso Especifico Canal De La Presa J. Mujica (Use of the Kinetic Energy of the Flow of Water, Case Specific Channel of the Presa J. Mujica),” *SSRN Electron. J.*, Nov. 2017.
- [19] J. D. Chicaiza Catupamba, “Sistema Fotovoltaico para proveer energía eléctrica al GAD Parroquial de Curaray en la Provincia de Pastaza,” Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial. Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, 2016.
- [20] S. M. Bitar S. and F. Chamas B., “Estudio de factibilidad para la implementación de sistemas fotovoltaicos como fuente de energía en el sector industrial de Colombia,” *reponameRepositorio Col. Estud. Super. Adm.*, 2017.
- [21] H. Wang, “Análisis comparativo del funcionamiento de distintas tecnologías de paneles solares operando en las mismas condiciones,” Universidad Politécnica de Madrid, 2017.
- [22] T. D. J. Guzmán Hernández *et al.*, “Evaluación de sistemas térmicos y fotovoltaicos solares en unidades de producción agropecuaria, Región Huetar Norte, Costa Rica,” *Agron. Mesoam.*, vol. 28, no. 3, p. 535, Sep. 2017.
- [23] J. F. Cardona, L. C. Rivera, S. A. Martínez, and Ó. O. Ramírez, *Implementation of Alternatives for the Proper Installation of Isolated Photovoltaic Systems of the Province of Tequendama, and the Alto Magdalena in the Municipality of Cundinamarca, Colombia*, vol. 2, no. 2. Revists SENA, 2006.

- [24] M. Bárbara, R. Rodríguez, J. Laureano, M. Rodríguez, and J. C. Leite, “Designing a system of photovoltaic panels for a refrigeracion center,” *J. Eng. Technol. Ind. Appl. Ed.*, vol. 08, 2016.
- [25] ColdHubs, “Solar-powered cold storage for developing countries.” [Online]. Available: <http://www.coldhubs.com/>. [Accessed: 01-Dec-2017].
- [26] W. A. Morales Sánchez, “Exportaciones del Ecuador a la Unión Europea, caso de la pitahaya del cantón Palora,” Universidad de Guayaquil Facultad de Ciencias Económicas, 2017.
- [27] V. C. Cabrera Henríquez, “Plan estratégico para incentivar las exportaciones de pitahaya a la Unión Europea a partir del período 2017-2020,” Aug. 2017.
- [28] cumbrepueblos, “Medio Ambiente: Definición e importancia del medio que nos rodea.” [Online]. Available: <https://cumbrepuebloscop20.org/medio-ambiente/>. [Accessed: 26-Jun-2018].
- [29] A. Otero, *Medio ambiente y educación : capacitación ambiental para docentes*, 2a ed. Novedades Educativas, 2001.
- [30] A. Guillen and J. Abreu, “Energías Renovables y Conservación de Energía (Renewable Energies and Energy Conservation),” *Int. J. Good Conscienc. Abril*, vol. 11, no. 1, pp. 141–155, 2016.
- [31] F. Posso, “Energía y ambiente: pasado, presente y futuro. parte dos: sistema energético basado en energías alternativas,” vol. 7, no. 12, pp. 54–73, 2002.
- [32] S. Cortés, S. Cortés, and A. A. Londoño, “Energías renovables en Colombia: una aproximación desde la economía,” *Rev. Ciencias Estratégicas*, vol. 25, no. 38, pp. 375–390, Mar. 2018.
- [33] Á. CÁMARA and M. I. MARTÍNEZ, “Hacia una economía baja en carbono: objetivos para 2030 en energías renovables,” *Reg. Sect. Econ. Stud.*, vol. 17, no. 2, pp. 103–120, 2017.
- [34] C. A. Estrada Gasca, “Transición energética, energías renovables y energía solar de potencia,” vol. 59, no. 2, pp. 75–84.
- [35] S. Salamanca, “Propuesta de diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica. Caso de aplicación en la ciudad de Bogotá,” *Rev. científica*, vol. 3, no. 30, p. 263, Sep. 2017.
- [36] G. Osma, W. Zambrano, J. Reyes, and G. O. Plata, “Mejoramiento del desempeño de paneles fotovoltaicos a partir de la irrigación forzada de la superficie superior,” *Rev. UIS Ing.*, vol. 16, no. 2, pp. 161–172, May 2008.
- [37] “Esquema de principio - Fotovoltaica aislada - Cenit Solar.” [Online]. Available: http://www.cenitsolar.com/fotovoltaica_esquema.php. [Accessed: 26-Sep-2018].

- [38] INTERCOM, “Capacitación e instalación de sistemas fotovoltaicos en las comunidades de Carmen del Emero y Yolosani.”
- [39] P. Pérez Martínez, “Dimensionamiento de un sistema fotovoltaico,” Universidad Carlos III de Madrid., 2015.
- [40] N. S. Chuquín Vasco and F. R. Márquez Sañay, “Diseño, Construcción y Pruebas de un Sistema Publicitario Alimentado con Energía Solar, y Controlado con un Relé Inteligente (Zelio),” Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, 2011.
- [41] O. Carmona López, A. Vidal Santo, A. G. Martínez López, J. Conde, and J. Tinoco Magaña, “Estudio de la viabilidad técnica para la implementación de un sistema de autoconsumo eléctrico basado en paneles fotovoltaicos para una vivienda,” *QUID Investig. Cienc. y Tecnol.*, no. 26, pp. 29–38, 2016.
- [42] C. Pinzón, C. Corral, R. Nájera, and D. Campos, “Selección de un sistema solar fotovoltaico para un vehículo eléctrico,” *CULCyT*, vol. 2, no. 50, pp. 11–26, 2013.
- [43] Energex, “Baterías.” [Online]. Available: <http://www.energex.com.co/productos/baterias/>. [Accessed: 07-Jul-2018].
- [44] D. Guasch Murillo, S. Silvestre Berges, and Universitat Politècnica de Catalunya. Departament d’Enginyeria Electrònica., “Modelado y análisis de sistemas fotovoltaicos,” Universitat Politècnica de Catalunya, 2003.
- [45] S. Gorjian, T. T. Hashjin, and B. Ghobadian, “Estimation of mean monthly and hourly global solar radiation on surfaces tracking the sun: Case study: Tehran,” in *2012 Second Iranian Conference on Renewable Energy and Distributed Generation*, 2012, pp. 172–177.
- [46] CONELEC, “Atlas solar del Ecuador,” 2008.
- [47] M. J. Moran, H. N. Shapiro, J. A. Turégano, and C. Velasco, *Fundamentos de termodinámica técnica*. Editorial Reverté, 2004.
- [48] W. C. Whitman and W. M. Johnson, *Tecnología de la refrigeración y aire acondicionado. II, Refrigeración comercial*. Paraninfo/Thomson Learning, 2000.
- [49] A. Aramburu, “Estudio de un sistema de refrigeración por compresión de vapor aplicado a la industria agroalimentaria,” U N I V E R S I D A D D E P I U R A, 2017.
- [50] J. Alarcón Creus, *Tratado práctico de refrigeración automática*. Marcombo, 1998.
- [51] J. . EVANS *et al.*, “Rendimiento energético del almacenamiento en frío,” vol. 42, no. 471, pp. 3–12.
- [52] A. Contreras, C. Atziry, J. L. Martínez, and D. Sánchez, “Análisis de series de

tiempo en el pronóstico de la demanda de almacenamiento de productos perecederos,” *Estud. Gerenciales*, vol. 32, no. 141, pp. 387–396, Oct. 2016.

- [53] P. A. Sierra Rodríguez and C. D. Ramírez Zambrano, “Diseño de una cámara de refrigeración para el almacenamiento de pieles de becerro, en la empresa Curtipiel en el barrio San Benito,” INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA LOS LIBERTADORES, 2016.
- [54] L. O. Jiménez-Esparza, M. M. González-Parra, Á. W. Yanez-Yanes, S. E. Cruz-Tobar, and L. A. Villacís-Aldaz, *Características organolépticas de frutas de pitahaya amarilla (Cereus triangularis Haw.) bajo dos condiciones de almacenamiento*, vol. 5, no. 2. JOURNAL OF THE SELVA ANDINA BIOSPHERE
Departamento de Enseñanza e Investigación en Bioquímica & Microbiología
Universidad Católica Boliviana “San Pablo”
Fundación Selva Andina Research Society, 2017.
- [55] A. C. M. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Y. P. T. Leon, and Y. M. Coronado, *Bioteología en el sector agropecuario y agroindustrial.*, vol. 15, no. 1. 2017.
- [56] W. Magaña *et al.*, “Efecto de la frigoconservación en el comportamiento fisiológico de frutas de pitahaya (*Hylocereus undatus* Haworth),” *Cultiv. Trop.*, vol. 25, no. 4, pp. 33–39, 2004.
- [57] M. Benitez, M. Benítez Wilberth, S. Duch Enrique, C. García Joel, and S. Veloz Crescenciano, “Variaciones bioquímicas-fisiológicas y variaciones bioquímicas, fisiológicas y físicas de las frutas de pitahaya (*hylocereus undatus*) almacenadas en ambiente natural,” *Rev. Iber. Tecnol. Postcosecha*, vol. 144, no. 2, pp. 139–1485, 2013.
- [58] M. Y. Dueñas, E. C. Nerváez, and L. P. Restrepo, “El choque térmico mejora la aptitud al almacenamiento refrigerado de pitahaya amarilla,” *Redalyc*, vol. 27, no. 1, 2009.
- [59] T. Osuna, M. D. Ibarra, Ma. Emilia Rangel, J. B. Valdez, M. Villarreal, and S. Hernández, *Calidad postcosecha de frutos de pitahaya cosechados en tres estados de madurez*, vol. 34, no. 1. Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C., 2011.
- [60] M. C. García and P. Robayo, *Evaluación del uso de atmósferas modificadas pasivas y temperaturas bajas en la conservación de pitahaya amarilla (Selinicerus megalanthus Shuman)*, vol. 9, no. 1. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, 1996.
- [61] E. Porohnia, “Proyecto de factibilidad comercial, financiera y de producción para exportación de Pitahaya a Francia,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2016.
- [62] Asociación de Productores y Comercializadores de Pitahaya del Ecuador,

“Productores y producción.” [Online]. Available:
<http://www.asopitahaya.com/index.php/es/productoresyproduccion>. [Accessed:
27-Jun-2018].

- [63] V. A. Gillén and E. C. Ponce, “Análisis de la producción de pitahaya para exportación con mira al mercado holandés,” Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Santo Domingo , 2017.
- [64] D. Jordan, J. S. Vásquez, and C. Veliz, “Producción y exportación de la Pitahaya hacia el mercado Europeo,” Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2009.
- [65] G. E. Balcazar, “Determinación de la alternativa rentable en proyectos de inversión: presupuesto de capital, van, tir, pri y costo anual equivalente.” Universidad Técnica de Machala, 2018.
- [66] BanEcuador, “Tasas de Interés.” [Online]. Available:
<https://www.banecuador.fin.ec/tasas-de-interes/>. [Accessed: 15-Jul-2018].
- [67] F. Moreno, “La TIR, una herramienta de cuidado,” *Gac. Sansana*, vol. 1, no. 2, Sep. 2014.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados PVSystem

Anexo 1.1. Parámetros de simulación

PVSYST V6.73		05/07/18		Page 1/4	
Stand Alone System: Simulation parameters					
Project : SFCentroAgricolaTena					
Geographical Site		Tena		Country Ecuador	
Situation		Latitude -1.00° S		Longitude -77.81° W	
Time defined as		Legal Time Time zone UT-5		Altitude 508 m	
Meteo data:		Tena		Prom - Synthetic	
Simulation variant : tenasimulation					
		Simulation date		05/07/18 21h46	
Simulation parameters		System type		Stand-alone system	
Collector Plane Orientation		Tilt		10°	
		Azimuth		0°	
Models used		Transposition		Perez	
		Diffuse		Perez, Meteonorm	
PV Array Characteristics					
PV module		Si-mono		Model SPR-E20-327-COM	
Original PVsyst database		Manufacturer		SunPower	
Number of PV modules		In series		2 modules	
Total number of PV modules		Nb. modules		16	
Array global power		Nominal (STC)		5.23 kWp	
Array operating characteristics (50°C)		U mpp		97 V	
Total area		Module area		26.1 m²	
				In parallel 8 strings	
				Unit Nom. Power 327 Wp	
				At operating cond. 4748 Wp (50°C)	
				I mpp 49 A	
				Cell area 23.5 m²	
PV Array loss factors					
Thermal Loss factor		Uc (const)		20.0 W/m²K	
Wiring Ohmic Loss		Global array res.		33 mOhm	
Serie Diode Loss		Voltage Drop		0.7 V	
Module Quality Loss				Loss Fraction 1.0 %	
Module Mismatch Losses				Loss Fraction 1.0 % at MPP	
Strings Mismatch loss				Loss Fraction 0.10 %	
Incidence effect (IAM): User defined IAM profile					
		0°		50°	
		60°		65°	
		70°		75°	
		82°		88°	
		90°			
		1.000		1.000	
		0.990		0.970	
		0.940		0.890	
		0.770		0.620	
		0.000			
System Parameter					
System type		Stand Alone System			
Battery		Model		S-620	
		Manufacturer		Rolls	
Battery Pack Characteristics		Voltage		48 V	
		Nominal Capacity		964 Ah	
		Nb. of units		8 in series x 2 in parallel	
		Temperature		External ambient temperature	
Controller		Model		FLEXmax 80 - 48V	
		Manufacturer		Outback	
		Technology		MPPT converter	
Converter		Maxi and EURO efficiencies		97.5 / 96.3 %	
		Temp coeff.		-5.0 mV/°C/elem.	
Battery Management control		Threshold commands as		Battery voltage	
		Charging		54.1 / 50.1 V	
		Discharging		47.1 / 48.9 V	
		Corresp. SOC		0.90 / 0.75	
		Corresp. SOC		0.20 / 0.45	
User's needs :					
Daily household consumers		Constant over the year			
average		15.9 kWh/Day			

Anexo 1.2. Necesidades detalladas del usuario

PVSYST V6.73		05/07/18	Page 2/4	
Stand Alone System: Detailed User's needs				
Project :	SFCentroAgricolaTena			
Simulation variant :	tenasimulation			
Main system parameters	System type	Stand-alone system		
PV Field Orientation	tilt	10°	azimuth 0°	
PV modules	Model	SPR-E20-327-COM	Pnom 327 Wp	
PV Array	Nb. of modules	16	Pnom total 5.23 kWp	
Battery	Model	S-620	Technology Lead-acid, sealed, plates	
Battery Pack	Nb. of units	16	Voltage / Capacity 48 V / 964 Ah	
User's needs	Daily household consumers	Constant over the year	Global 5790 kWh/year	
Daily household consumers, Constant over the year, average = 15.9 kWh/day				
Annual values				
	Number	Power	Use	Energy
Fridge / Deep-freeze	1		24 Wh/day	15840 Wh/day
Stand-by consumers			24 h/day	24 Wh/day
Total daily energy				15864 Wh/day
Hourly profile				

Anexo 1.3. Resultados

Stand Alone System: Main results

Project : SFCentroAgricolaTena

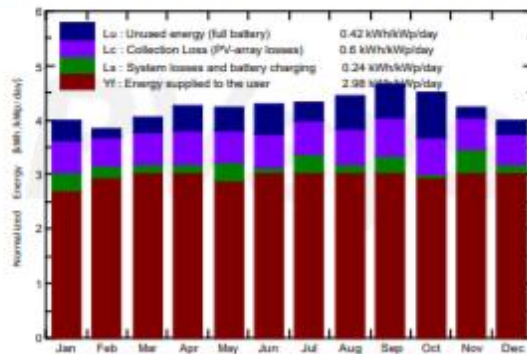
Simulation variant : tenasimulation

Main system parameters		System type	Stand-alone system		
PV Field Orientation		tilt	10°	azimuth	0°
PV modules		Model	SPR-E20-327-COM	Pnom	327 Wp
PV Array		Nb. of modules	16	Pnom total	5.23 kWp
Battery		Model	S-620	Technology	Lead-acid, sealed, plate
Battery Pack		Nb. of units	16	Voltage / Capacity	48 V / 964 Ah
User's needs		Daily household consumers	Constant over the year	Global	5790 kWh/year

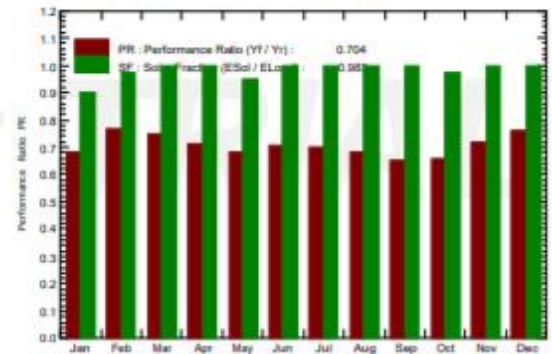
Main simulation results

System Production	Available Energy	6.73 MWh/year	Specific prod.	1286 kWh/kWp/year
	Used Energy	5.69 MWh/year	Excess (unused)	0.80 MWh/year
	Performance Ratio PR	70.39 %	Solar Fraction SF	98.28 %
Loss of Load	Time Fraction	1.7 %	Missing Energy	0.10 MWh/year

Normalized productions (per installed kWp): Nominal power 5.23 kWp



Performance Ratio PR and Solar Fraction SF

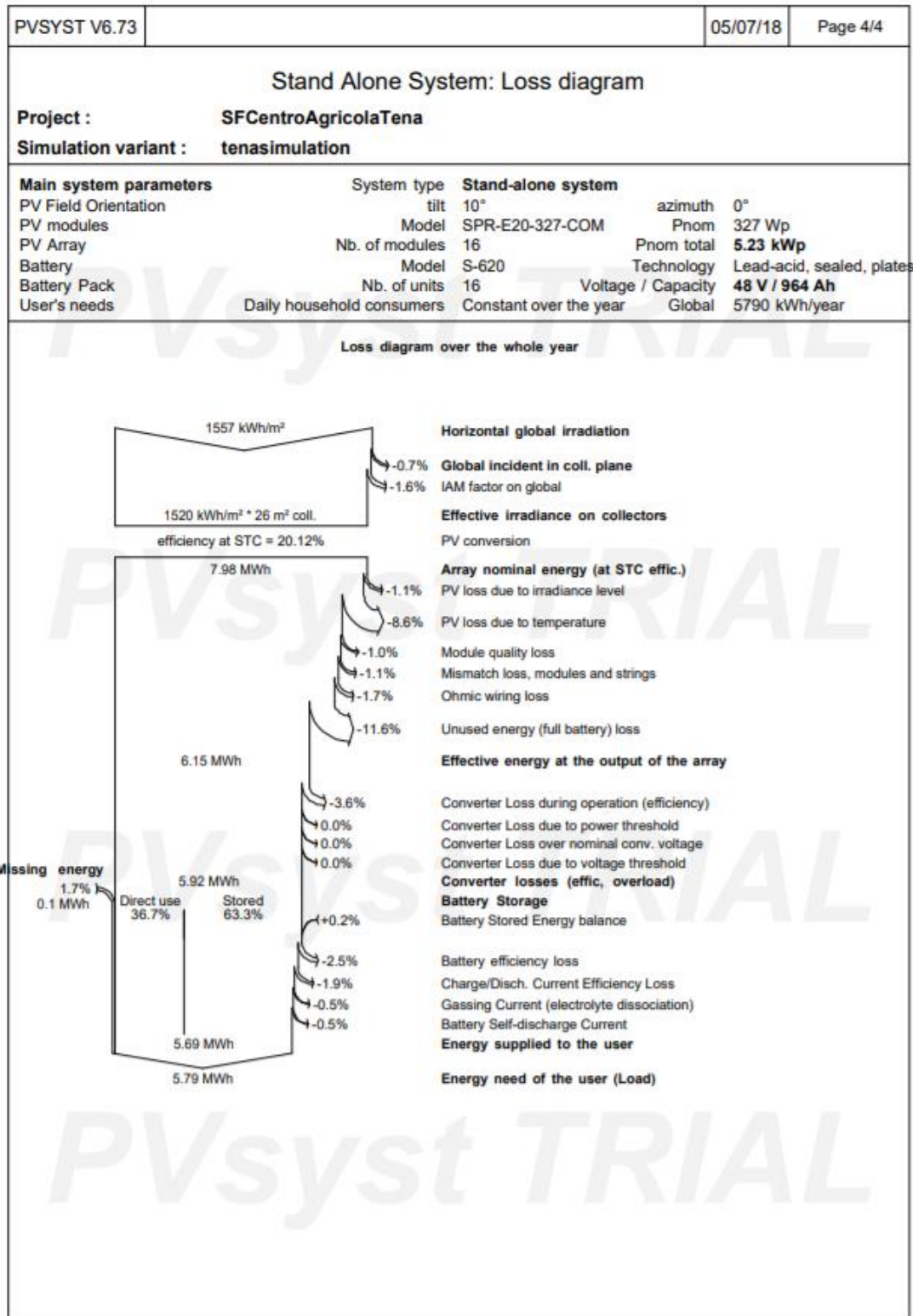


tenasimulation Balances and main results

	GlobHor kWh/m ²	GlobEff kWh/m ²	E Avail MWh	EUnused MWh	E Miss MWh	E User MWh	E Load MWh	SolFrac
January	130.2	121.0	0.536	0.058	0.050	0.442	0.492	0.898
February	111.7	105.7	0.469	0.023	0.012	0.432	0.444	0.973
March	126.8	123.8	0.550	0.047	0.000	0.492	0.492	1.000
April	126.3	125.3	0.557	0.071	0.000	0.476	0.476	1.000
May	126.2	128.5	0.572	0.068	0.024	0.467	0.492	0.950
June	123.3	126.9	0.561	0.084	0.000	0.476	0.476	1.000
July	128.4	131.8	0.587	0.057	0.000	0.492	0.492	1.000
August	134.2	135.3	0.596	0.096	0.000	0.492	0.492	1.000
September	139.5	137.8	0.606	0.098	0.000	0.476	0.476	1.000
October	143.5	137.2	0.603	0.132	0.013	0.479	0.492	0.974
November	134.4	124.9	0.552	0.028	0.000	0.476	0.476	1.000
December	132.1	121.5	0.537	0.039	0.000	0.492	0.492	1.000
Year	1556.6	1519.5	6.726	0.803	0.099	5.691	5.790	0.983

Legends:	GlobHor	Horizontal global irradiation	E Miss	Missing energy
	GlobEff	Effective Global, corr. for IAM and shadings	E User	Energy supplied to the user
	E Avail	Available Solar Energy	E Load	Energy need of the user (Load)
	EUnused	Unused energy (full battery) loss	SolFrac	Solar fraction (EUsed / ELoad)

Anexo 1.4. Diagrama de pérdidas



Anexo 2. Unidad de refrigeración



Codice Code		MAS121T1000F	MAS123T1000F	MAS221N1000F	MAS221T1000F	MAS135T1000F					
Potenza nominale Nominal Power		0,43 kW E	0,5 kW E	0,75 E	0,92 kW E	1,5 kW E					
Refrigerante Refrigerant		R404A	R404A	R404A	R404A	R404A					
Tensione Voltage		230/1~/50	230/1~/50	230/1~/50	400/3N~/50	400/3N~/50					
Assorbim. nom. Nominal absorption		0,7 kW* 4,3 A	0,8 kW* 5 A	1,1 kW* 7 A	1,6 kW* 5 A	2,1 kW* 4,7 A					
Sbrinatorio Defrost		G	G	G	G	G					
Portata d'aria cond. Air flow cond.		700 m³/h	700 m³/h	1400 m³/h	1400 m³/h	1500 m³/h					
Portata d'aria evap. Air flow evap.		600 m³/h	600 m³/h	1200 m³/h	1200 m³/h	2300 m³/h					
Precchia d'aria Air throw		4 m**	4 m**	4 m**	4 m**	10 m**					
Massa Mass		53 Kg	57 Kg	77 Kg	79 Kg	104 Kg					
Tc °C	Ta °C	Pf Watt	V100 m³	Pf Watt	V100 m³	Pf Watt	V100 m³	Pf Watt	V100 m³	Pf Watt	V100 m³
10	20	1657	16	1921	18	2974	34	3337	39	6208	77
	25	1567	15	1831	17	2798	31	3193	37	5801	72
	30	1478	14	1742	16	2621	28	3042	34	5396	67
	35	1387	13	1652	15	2444	25	2886	32	4990	62
	40	1298	11	1562	14	2267	23	2729	29	4585	57
5	20	1474	13	1675	15	2631	29	2861	31	5182	68
	25	1393	12	1598	14	2463	26	2715	29	4872	63
	30	1311	11	1521	13	2296	23	2567	27	4563	58
	35	1230	9,9	1443	12	2129	21	2420	25	4254	53
	40	1150	9	1363	11	1962	18	2273	23	3945	48
0	20	1311	11	1464	13	2324	23	2513	26	4562	60
	25	1236	10	1400	12	2167	21	2378	24	4290	55
	30	1163	9,1	1333	11	2009	19	2244	22	4019	50
	35	1088	8,3	1264	10	1854	18	2108	20	3747	45
	40	1013	7,5	1194	9,5	1699	16	1973	18	3473	41
-5	20	1180	9,0	1259	10	2025	19	2152	21	3926	48
	25	1089	8,3	1201	9,6	1876	18	2037	19	3684	44
	30	1020	7,6	1139	8,9	1729	16	1916	17	3439	40
	35	952	6,8	1078	8,2	1586	14	1792	17	3192	37
	40	885	6,1	1018	7,5	1447	12	1668	15	2943	33
	45	815	5,4	958	6,9	1310	11	1546	14	2694	29

Anexo 3. Paneles solares

Anexo 3.1. Características generales

SunPower® E-Series Commercial Solar Panels | E20-327-COM

More than 20% Efficiency

Captures more sunlight and generates more power than conventional panels.

High Performance

Delivers excellent performance in real-world conditions, such as high temperatures, clouds and low light.^{1,2,4}

Commercial Grade

Optimised to maximise returns and energy production, the E-Series panel is a bankable solution for commercial solar applications.



Maxeon™ Solar Cells: Fundamentally better
Engineered for performance, designed for reliability.

Engineered for Peace of Mind

Designed to deliver consistent, trouble-free energy over a very long lifetime.^{3,4}

Designed for Reliability

The SunPower Maxeon Solar Cell is the only cell built on a solid copper foundation. Virtually impervious to the corrosion and cracking that degrade conventional panels.³

#1 Rank in Fraunhofer durability test.⁹
100% power maintained in Atlas 25+ comprehensive durability test.¹⁰

High Performance & Excellent Reliability



SPR-E20-327-COM



High Efficiency⁵

Generate more energy per square meter

E-Series commercial panels convert more sunlight to electricity by producing 31% more power per panel¹ and 60% more energy per square meter over 25 years.^{1,2,3}

High Energy Production⁶

Produce more energy per rated watt

More energy to power your operations. High year-one performance delivers 7-9% more energy per rated watt.² This advantage increases over time, producing 20% more energy over the first 25 years to meet your needs.³



Year	SunPower E-Series	Conventional
0	100%	100%
1	108%	100%
25	120%	80%



Component	Advantage
Maintains High Power at High Temps	~1.5%
No Light-Induced Degradation	~1.5%
High Average Watts	~1.5%
Better Low-Light and Spectral Response	~1.5%
High-Performance Anti-Reflective Glass	~1.5%
Total Advantage	~7.5%

Anexo 3.2. Especificaciones de los paneles solares

SunPower® E-Series Commercial Solar Panels | E20-327-COM

SunPower Offers The Best Combined Power And Product Warranty



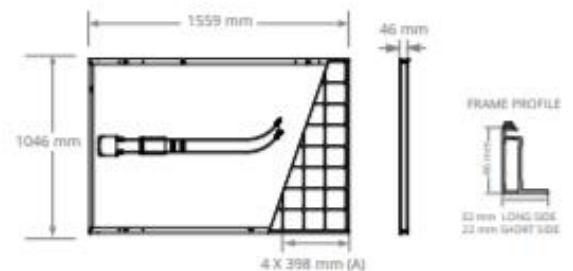
Electrical Data		
	SPR-E20-327-COM	SPR-E19-310-COM
Nominal Power (P _{nom}) ¹¹	327 W	310 W
Power Tolerance	+5/-3%	+5/-3%
Avg. Panel Efficiency ¹²	20.3%	19.3%
Rated Voltage (V _{mpp})	54.7 V	54.7 V
Rated Current (I _{mpp})	5.98 A	5.67 A
Open-Circuit Voltage (V _{oc})	64.9 V	64.4 V
Short-Circuit Current (I _{sc})	6.46 A	6.05 A
Max. System Voltage	1000 V IEC & 1000 V UL	
Maximum Series Fuse	15 A	
Power Temp Coef.	-0.35%/°C	
Voltage Temp Coef.	-176.6 mV/°C	
Current Temp Coef.	2.6 mA/°C	

Tests And Certifications	
Standard Tests ¹¹	IEC 61215, IEC 61730, UL1703 (Type 2 Fire Rating)
Quality Certs	ISO 9001:2008, ISO 14001:2004
EHS Compliance	RoHS, OHSAS 18001:2007, lead free, PV Cycle, REACH SVHC-163
Sustainability	Cradle to Cradle Certified™ Silver
Ammonia Test	IEC 62716
Desert Test	10.1109/PVSC.2013.6744437
Salt Spray Test	IEC 61701 (maximum severity)
PID Test	Potential-Induced Degradation free: 1000 V ⁹
Available Listings	TUV, UL, JET, MCS, CSA, PSEC, CEC

Operating Condition And Mechanical Data	
Temperature	-40° C to +85° C
Impact Resistance	25 mm diameter hail at 23 m/s
Appearance	Class B
Solar Cells	96 Monocrystalline Moxeon Gen II
Tempered Glass	High-transmission tempered anti-reflective
Junction Box	IP-65 Rated, Tyco (PV4)
Weight	18.6 kg
Max. Load	Wind: 2400 Pa, 244 kg/m ² front & back Snow: 5400 Pa, 550 kg/m ² front
Frame	Class 2 silver anodized, stacking pins

REFERENCES:

- All comparisons are SPR-E20-327 vs. a representative conventional panel: 250 W, approx. 1.6 m², 15.3% efficiency.
- Typically 7-9% more energy per watt. BEWONV Engineering "SunPower Yield Report," Jan 2013.
- SunPower 0.25%/yr degradation vs. 1.0%/yr conv. panel. Campeau, Z. et al. "SunPower Module Degradation Rate," SunPower white paper, Feb 2013; Jordan, Dirk "SunPower Test Report," NREL, Q1 2015.
- "SunPower Module 40-Year Useful Life," SunPower white paper, May 2015. Useful life is 99 out of 100 panels operating at more than 70% of rated power.
- Second highest, after SunPower X-Series, of over 3,200 silicon solar panels. Photon Module Survey, Feb 2014.
- 8% more energy than the average of the top 10 panel companies tested in 2012 (151 panels, 102 companies). Photon International, Feb 2013.
- Compared with the top 15 manufacturers. SunPower Warranty Review, May 2015.
- Some restrictions and exclusions may apply. See warranty for details.
- 5 of top 8 panel manufacturers tested in 2013 report, 3 additional panels in 2014. Ferrara, C., et al. "Fraunhofer PV Durability Initiative for Solar Modules: Part 2". Photovoltaics International, 2014.
- Compared with the non-stress-tested control panel Atlas 25+ Durability test report, Feb 2013.
- Standard Test Conditions (1000 W/m² irradiance, AM 1.5, 25° C). NREL calibration Standard: 50MS current, LACCS FF and Voltage.
- Based on average of measured power values during production.
- Type 2 fire rating per UL1703:2013, Class C fire rating per UL1703:2002.



Anexo 4. Regulador-Inversor-Cargador

Anexo 4.1. Características generales

Three Reasons to Choose the FLEXpower ONE from OutBack Power:

1. ENGINEERED FOR RELIABILITY

- **Ideal for small power applications:** cabins, remote communication sites, backup power
- Available in sealed or vented units with die-cast aluminum chassis
- Extensive quality and reliability testing, including Highly Accelerated Life Testing (HALT)
- 15 years of experience manufacturing and improving products for fault-intolerant, mission-critical applications
- Standard 5 year warranty (extended 10 year warranty available)

2. DESIGNED FOR FLEXIBILITY

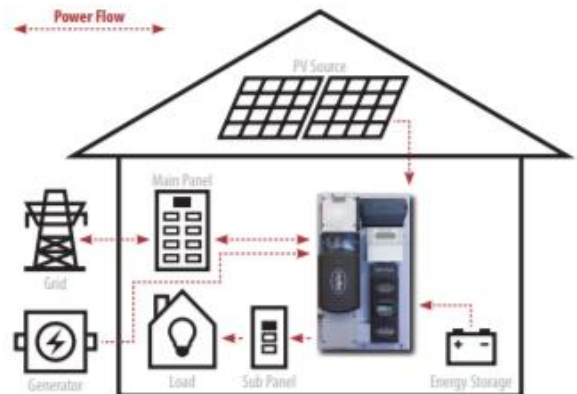
- **Available in six models** for 120VAC or 230VAC applications
- Seven different programmable operational modes, with generator assist
- Advanced Battery Charging (ABC) programmability
- GridZero operating mode minimizes grid dependence in areas where incentives are changing and utility self-back is limited
- Sinewave output in 12V, 24V or 48V versions with a typical operating efficiency up to 93%, field selectable 50Hz/60Hz
- Sealed models available for operating in harsh environments
- **Sealed Models:** 2500VA or 2300VA
Vented Models: 3000VA, 3500VA or 3600VA

3. EASY-TO-INSTALL AND MAINTAIN

- **Factory tested, pre-wired and pre-configured**
- Fast installation—just hang on the wall with included bracket and make all necessary connections
- Field-serviceable modular design and global technical support
- Monitor, command and control from any internet-connected device with OPTICS RE



OutBack FLEXpower ONE Typical System Integration (w/ 1 FXR/VFXR Inverter/Charger):



OUTBACK POWER — MASTERS OF THE OFF-GRID. FIRST CHOICE FOR THE NEW GRID.



MAKE THE POWER

- FLEXpower Integrated Systems
- Inverter/Chargers & Charge Controllers



STORE THE ENERGY

- EnergyCell RE, GH, NC and OPzV Batteries
- Battery Enclosures and Racking



MANAGE THE SYSTEM

- OPTICS RE System Monitoring and Control
- MATE3 System Display and Communications

Anexo 4.2. Especificaciones del Regulador-Inversor-Cargador

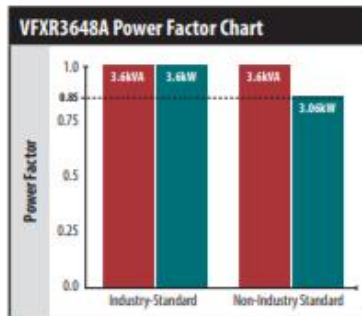
FLEXpower ONE SPECIFICATIONS

04/2017

Details	FLEXpower ONE FXR
Finished Dimensions H x W x D (in./cm)	33.5 x 19.25 x 13.0 / 85 x 50 x 33
Weight (lb/kg)	98 / 44.5

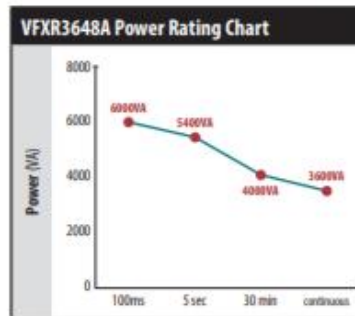
*FLEXpower ONE FXR systems include a mounting bracket, FXR/VFXR inverter/charger, FLEXmax charge controller, MATE3, HUB10.3, FLEInet DC, FLEXware surge protector, AC and DC wiring boxes, battery and PV array breakers, PV GFD, Input-Output Bypass assembly, mounting locations for GFCI outlets and additional AC breakers. Additional configurations available. ** Overcurrent protective device.

For North America	Description	Inverter(s)	FW-X240	Bypass	Outlet	Inverter OCPD**	PV OCPD**	RTS
FP1 FXR2524A	FXR2524A, 2.5kW FLEXpower ONE	FXR2524A	—	120VAC Bypass	NEMA 5-20R	250A	80A	Yes
FP1 VFXR3524A	VFXR3524A, 3.5kW FLEXpower ONE	VFXR3524A	—	120VAC Bypass	NEMA 5-20R	250A	80A	Yes
FP1 FXR3048A	FXR3048A, 3.0kW FLEXpower ONE	FXR3048A	—	120VAC Bypass	NEMA 5-20R	175A	80A	Yes
FP1 VFXR3648A	VFXR3648A, 3.6kW FLEXpower ONE	VFXR3648A	—	120VAC Bypass	NEMA 5-20R	175A	80A	Yes



Power Rating Notes

Inverters that specify power in VA but do not use the unity standard Power Factor (PF) could have misleading power specifications. Volt-Amps (VA) is a total inverter output, while Watts (W) represent the power consumed by the electrical loads. PF, which varies by types of loads, is the ratio of W to VA, and the difference between the two is power in the circuit that does no useful work. At 1.0PF (unity), all power is used. This is the industry-standard used by OutBack Power.



Instantaneous Power Rating

Most stringent, massive load start VFXR3648A: 6000VA

Surge Power Rating

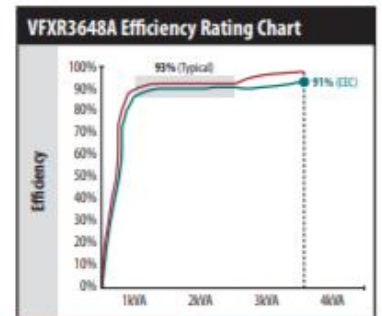
Less stringent load start VFXR3648A: 5400VA

Peak Power Rating

Frequent "heavy duty" load requirements VFXR3648A: 4000VA

Continuous Power Rating

Sustained "real world" load requirements VFXR3648A: 3600VA



INVERTING

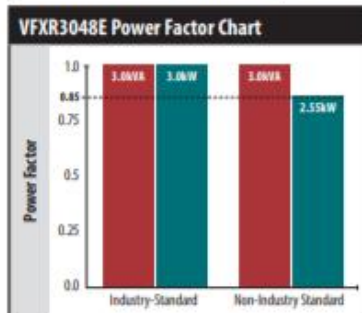
Typical Efficiency Rating

Real world efficiency with variable loads VFXR3648A: 93%

CEC Efficiency Rating

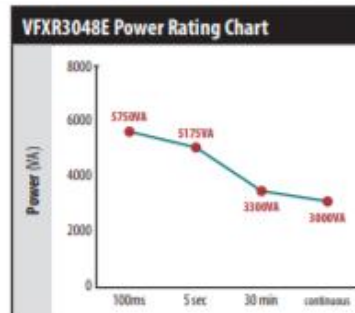
Most stringent US rating VFXR3648A: 91%

For Europe	Description	Inverter(s)	FW-X240	Bypass	Outlet	Inverter OCPD**	PV OCPD**	RTS
FP1 VFXR3024E	VFXR3024E, 3.0kW FLEXpower ONE	VFXR3024E	—	230VAC Bypass	—	250A	80A	Yes
FP1 VFXR3048E	VFXR3048E, 3.0kW FLEXpower ONE	VFXR3048E	—	230VAC Bypass	—	175A	80A	Yes



Power Rating Notes

Inverters that specify power in VA but do not use the unity standard Power Factor (PF) could have misleading power specifications. Volt-Amps (VA) is a total inverter output, while Watts (W) represent the power consumed by the electrical loads. PF, which varies by types of loads, is the ratio of W to VA, and the difference between the two is power in the circuit that does no useful work. At 1.0PF (unity), all power is used. This is the industry-standard used by OutBack Power.



Instantaneous Power Rating

Most stringent, massive load start VFXR3048E: 5750VA

Surge Power Rating

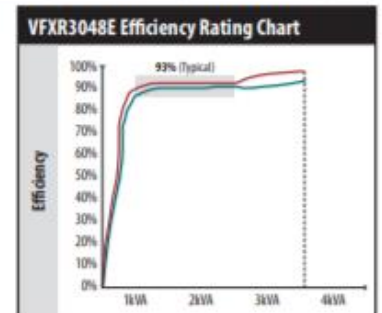
Less stringent load start VFXR3048E: 5175VA

Peak Power Rating

Frequent "heavy duty" load requirements VFXR3048E: 3300VA

Continuous Power Rating

Sustained "real world" load requirements VFXR3048E: 3000VA



INVERTING

Typical Efficiency Rating

Real world efficiency with variable loads VFXR3048E: 93%

Anexo 5. Baterías



FLOODED DEEP CYCLE BATTERIES

S-620



6 VOLTS

CONTAINER:	High Density Polypropylene
COVER:	High Density Polypropylene
TERMINALS:	Flag M
HANDLES:	Rope

WEIGHT DRY:	46 kg	101 Lbs.
WEIGHT WET:	59 kg	129 Lbs.
LENGTH:	318 mm	12 1/2 Inches
WIDTH:	181 mm	7 1/8 Inches
HEIGHT:	425 mm	16 3/4 Inches

PLATE HEIGHT:	293 mm	11.550 Inches
PLATE WIDTH:	143 mm	5.625 Inches
THICKNESS (POSITIVE):	4.32 mm	0.170 Inches
THICKNESS (NEGATIVE):	3.05 mm	0.120 Inches



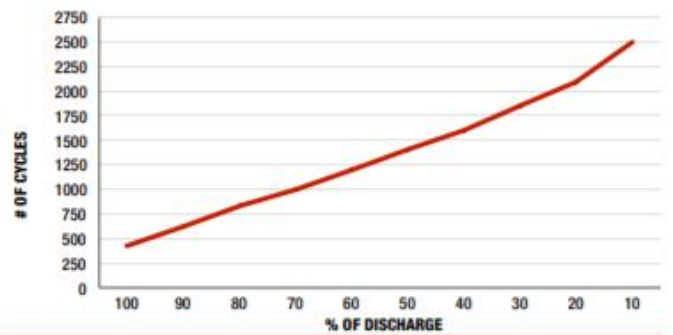
CELLS:	19 Plates/Cell	3 Cell
SEPARATOR THICKNESS:	2 mm	0.062 Inches
GLASS MAT INSULATION:	1 mm	0.02 Inches
ELECTROLYTE RESERVE ABOVE PLATES:	57 mm	2.25 Inches

COLD CRANK AMPS (CCA):	0°F / -17.8°C	1480
MARINE CRANK AMPS (MCA):	32°F / 0°C	1850
RESERVE CAPACITY (RC @ 25A):		1048 Minutes

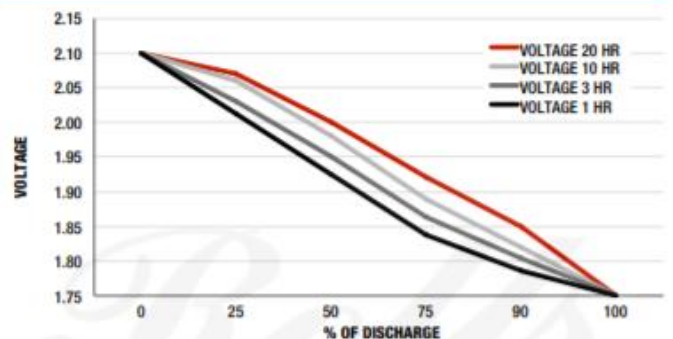
CAPACITY 482 AH

HOUR RATE:	SPECIFIC GRAVITY	CAPACITY / AMP HOUR	CURRENT / AMPS
@ 100 HOUR RATE	1.280	624	6.24
@ 72 HOUR RATE	1.280	590	8.20
@ 50 HOUR RATE	1.280	563	11.26
@ 24 HOUR RATE	1.280	496	20.69
@ 20 HOUR RATE	1.280	482	24.10
@ 15 HOUR RATE	1.280	452	30.14
@ 12 HOUR RATE	1.280	429	35.75
@ 10 HOUR RATE	1.280	410	40.97
@ 8 HOUR RATE	1.280	386	48.20
@ 6 HOUR RATE	1.280	357	59.45
@ 5 HOUR RATE	1.280	337	67.48
@ 4 HOUR RATE	1.280	313	78.33
@ 3 HOUR RATE	1.280	284	94.79
@ 2 HOUR RATE	1.280	246	122.91
@ 1 HOUR RATE	1.280	174	173.52

CYCLE LIFE VS. DEPTH OF DISCHARGE



VOLTAGE VS. DEPTH OF DISCHARGE



Anexo 6. Caja de conexión

Anexo 6.1. Descripción de la caja de conexión

FLEXware™ PV Combiner Box Series

Advanced Photovoltaic Combiner

- Combine Multiple Strings from a Single Array
- Outdoor Rain-Resistant Aluminum Enclosures
- Optimized Wire Routing for Easy Installation
- Tinted Flame-Retardant Polycarbonate Deadfront Panel
- Wall, Roof or Pole Mountable
- Accommodates Dual 2/0 AWG Output Wiring
- Accommodates 150VDC Breakers or 600VDC Fuses

FLEXware PV12

FLEXware PV8

OutBack Power's FLEXware PV Combiner Box Series sets the new standard for PV balance-of-system hardware. Ideal for both small and large systems, the FLEXware PV8 and FLEXware PV12 accommodates the overcurrent protection requirements of your application. From 150VDC breakers for low voltage PV systems, to 600VDC fuse holders for high voltage PV systems, the FLEXware PV Combiner series handles it all.

Designed to survive in outdoor environments, the rainproof, UL type 3R powder coated aluminum chassis can be mounted on a wall, sloped roof or pole. The unique angled negative terminal bus bar design make wiring fast and easy without the common problem of larger output conductors blocking

access to the smaller input terminals. Dual output lug terminals are included for up to 2/0 AWG conductors. The tinted flame-retardant polycarbonate deadfront panel creates a clean appearance while preventing accidental contact with the live terminals and is easily removable during installation.

The FLEXware PV Combiner Box Series makes it easy to take your installation to the next level.

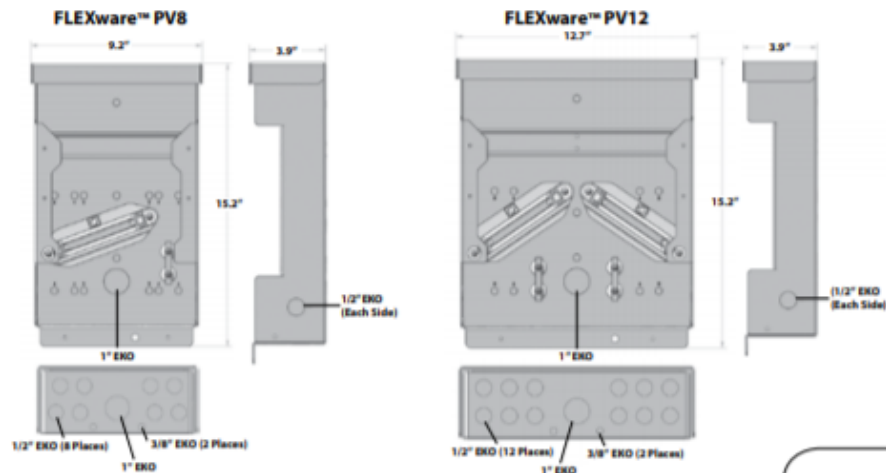
OutBack
POWER
member of The Group™
www.outbackpower.com

Anexo 6.2. Especificaciones de la caja de conexión

FLEXware PV Combiner Box Specifications

	FWPV-8	FWPV-12
Enclosure Material	Powder coated aluminum with stainless steel hardware	Powder coated aluminum with stainless steel hardware
Mounting Options	Vertical wall mount, pole mount or sloped roof mount to 14 degrees incline (3 in 12 roof pitch)	Vertical wall mount, pole mount or sloped roof mount to 14 degrees incline (3 in 12 roof pitch)
Enclosure Rating	Outdoor Rainproof, NEMA 3R	Outdoor Rainproof, NEMA 3R
Enclosure Security	Padlock hole in chassis and cover for up to 3/8 inch padlock	Padlock hole in chassis and cover for up to 3/8 inch padlock
Output Terminals	#14 - 2/0 AWG (2.08-67.4 mm ²) Two box lug terminals included	#14 - 2/0 AWG (2.08-67.4 mm ²) Two box lug terminals included
Number of Separate Circuits	One Circuit	One or Two Circuits
Number of 150VDC Breakers	Up to 8	Up to 12 (two groups of six)
Number of 600VDC Fuse Holders	Up to 6	Up to 8 (two groups of four)
Input Terminal	150VDC Breakers / #14 - 6 AWG (2.08 - 13.3 mm ²)	150VDC Breakers / #14 - 16 AWG (2.08 - 13.3 mm ²)
Certifications	ETL Listed to UL1741, UL67, CSA22.2 #29	ETL Listed to UL1741, UL67, CSA22.2 #29
Weight (lbs/kg)	Unit	4.4 / 2.0
	Shipping	5.5 / 2.5
Dimensions H x W x L (in/cm)	Unit	15.2 x 9.2 x 3.9 / 38.7 x 23.3 x 9.9
	Shipping	4.3 x 9.5 x 19 / 10.9 x 24.1 x 48.3
		4.3 x 13 x 19 / 10.9 x 33 x 48.3

Specifications subject to change without notice



Available From:



Corporate Office:
5917 195th St. NE
Arlington, WA 98223 USA
Phone: (360) 435.6030
Fax: (360) 435.6019

European Office:
Hansastrasses 8
D-91126
Schwabach, Germany
Phone: +49.9133.79889.0
Fax: +49.9122.79889.21

Asia Office:
Suite 1903, 19/F, Tower 1
33 Canton Road, Tsun Sha Tsui
China Hong Kong City, Kowloon
Hong Kong
Phone: +852.2736.8663
Fax: +852.2199.7988

Latin American Office:
15105 Cedar Bluff Pl.
Wellington, FL 33414 USA
Phone: (561) 792.9651
Fax: (561) 792.7157

www.outbackpower.com

02/12