

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA – ELECTROMECAÁNICA



PROYECTO DE GRADO

**“Diseño de un sistema fotovoltaico para un centro de acopio de carne
de pescado en la comunidad de Real Beni”**

POSTULANTE:

Univ. Juan Pablo Vasquez Iriarte

ASESOR ACADÉMICO:

M.Sc. Ing. Ciro Alberto Levy Díaz

La Paz – Bolivia

2019



**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERIA**



LA FACULTAD DE INGENIERIA DE LA UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS AUTORIZA EL USO DE LA INFORMACIÓN CONTENIDA EN ESTE DOCUMENTO SI LOS PROPÓSITOS SON ESTRICTAMENTE ACADÉMICOS.

LICENCIA DE USO

El usuario está autorizado a:

- a) Visualizar el documento mediante el uso de un ordenador o dispositivo móvil.
- b) Copiar, almacenar o imprimir si ha de ser de uso exclusivamente personal y privado.
- c) Copiar textualmente parte(s) de su contenido mencionando la fuente y/o haciendo la cita o referencia correspondiente en apego a las normas de redacción e investigación.

El usuario no puede publicar, distribuir o realizar emisión o exhibición alguna de este material, sin la autorización correspondiente.

TODOS LOS DERECHOS RESERVADOS. EL USO NO AUTORIZADO DE LOS CONTENIDOS PUBLICADOS EN ESTE SITIO DERIVARA EN EL INICIO DE ACCIONES LEGALES CONTEMPLADAS EN LA LEY DE DERECHOS DE AUTOR.

**“Diseño de un sistema fotovoltaico para un centro de
acopio de carne de pescado en la comunidad de Real
Beni”**

**Para obtener el grado académico de Licenciatura en Ingeniería
Electromecánica, por:**

Juan Pablo Vásquez Iriarte

Revisado y Presentado Ante el Tribunal de Grado Académico

APROBADO:

M.Sc. Ing. Ciro Alberto Levy Díaz

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERÍA MECÁNICA – ELECTROMECÁNICA**

**La Paz – Bolivia
2019**

RESUMEN

El presente proyecto muestra el diseño e implementación de un centro de acopio de carne de pescado alimentado con energía fotovoltaica, en la comunidad de Real Beni, ubicado en el municipio de Rurrenabaque (Departamento Beni - Bolivia). El cual busca mejorar la calidad de vida y economía de las familias locales mediante el control sistematizado de la producción de carne de pescado, mejorando los tiempos y costos de refrigeración, e implementando un sistema de cadena de frío para la conservación e inocuidad de los alimentos. Se analizan las alternativas de solución y se escoge a un sistema híbrido fotovoltaico – generador.

Se determinan los parámetros de diseño como ser las temperaturas de la zona, la radiación incidente en el lugar de diseño, y la capacidad de producción de carne de pescado que tiene la comunidad previa a la implementación del proyecto. Posteriormente, se estima el consumo de energía eléctrica realizado por el centro mediante la cantidad de calor a extraer que es necesario para mantener una correcta cadena de frío. Después se dimensionan los distintos componentes de la instalación eléctrica como ser paneles, baterías, regulador de carga, inversor/cargador de corriente, etc. También se muestran los diseños de otros componentes necesarios, pero no comprendidos en el diseño eléctrico, como ser; un arrancador automático del generador a combustible que es activado cuando las baterías necesitan cargarse, un sistema de sincronización de arranques para evitar la sobrecarga de los componentes con las corrientes transitorias de compresores, y las estructuras necesarias para montar los paneles solares.

Para finalizar, se calcula una inversión necesaria de Bs 113.374,50 para implementar y poner en marcha el centro de acopio. Este centro de acopio aparte de mejorar la seguridad alimentaria de las familias del lugar reducirá los costos operativos de la producción de carne de pescado de Bs 6.835,00 al mes; hasta Bs 1.835,40 al mes. Para concluir, con una expectativa de vida útil de la instalación fotovoltaica de 20 años se encuentra al proyecto viable.

DEDICATORIA

Todo esfuerzo mío tiene una raíz, mi familia. Dedico este proyecto junto a toda mi carrera a las personas que motivaron en mí el terminar esta etapa de mi vida. Gracias a mi madre María Elisabeth Iriarte por su manto cálido, y a mi padre Hernán Vasquez por sus sabios consejos. Gracias por saber guiar los pasos de sus hijos, mis hermanos, quienes con su ejemplo impulsaron en mí las ganas de superación que me empujaron a ser una mejor versión de mí mismo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la ONG PRACTICAL ACTION por brindarme la oportunidad de desarrollar este proyecto junto un equipo tan capaz. Especialmente al Ing. Carlos Reza quien me guio durante todo el trayecto que anduve con la institución.

Doy gracias a la universidad por las enseñanzas impartidas en sus aulas. A los amigos que tuve la dicha de conocer y con quienes compartimos esta etapa de la vida. A los docentes que dejaron huella en mí con su conocimiento, uno de ellos mi tutor M.Sc. Ing. Ciro Levy.

A mi madre, gracias por darme tu amor incondicional, por enseñarme a luchar un poco más cada día, por ayudarme a levantarme cuando lo necesité. Todo lo que soy te lo debo a ti, tu eres mi pilar.

A mi padre, gracias por tus enseñanzas y apoyo. Gracias por mostrarme que trabajo honesto y dedicación no hay objetivo que no se pueda cumplir. Sin ti esto no sería posible.

ÍNDICE GENERAL

	Página
CAPÍTULO I.....	1
1 GENERALIDADES	1
1.1 Introducción	1
1.1.1 Comunidad de “Real Beni”: Ubicación y Clima	1
1.1.2 Ámbito Social y Tecnológico del Proyecto.....	3
1.1.3 Sintomatología	3
1.2 Planteamiento del Problema	3
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo General	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Justificación	5
1.5 Fundamentos Teóricos.....	6
1.5.1 Carne de pescado.....	6
1.6 Límites y Alcances.....	11
1.6.1 Límites.....	11
1.6.2 Alcances.....	11
1.7 Alternativas de Solución.....	12
1.7.1 Sistemas fotovoltaicos	12
1.7.2 Sistema de generación eléctrica por generador.....	17
1.7.3 Electrificación por red eléctrica	22
1.7.4 Sistema Híbrido Fotovoltaico y Generador Eléctrico.....	25
1.8 Selección de Alternativa	29
CAPÍTULO II.....	30
2 MARCO TEÓRICO	30
2.1 Energía Solar.....	30

2.1.1	Radiación Solar.....	30
2.1.2	Generación eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos	34
2.1.3	Generadores Fotovoltaicos.....	35
2.2	Sistema de Baterías	42
2.3	Regulador de carga	44
2.4	Dimensionamiento del Inversor.....	45
2.5	Conductores	46
2.6	Protecciones.....	48
2.7	Generador.....	49
2.7.1	Estatórot.....	50
2.7.2	Rotor.....	50
CAPÍTULO III		51
3	INGENIERÍA DEL PROYECTO.....	51
3.1	Parámetros de Diseño.....	51
3.1.1	Producción de carne de Pescado.....	51
3.1.2	Temperaturas de diseño	53
3.1.3	Radiación de diseño	54
3.2	Identificación de Subsistemas.....	56
3.2.1	Subsistema de Generación Fotovoltaica.....	56
3.2.2	Subsistema de Acumulación de Energía.....	56
3.2.3	Subsistema de Transformación de Energía.....	56
3.2.4	Subsistema de Generación de apoyo.....	56
3.2.5	Subsistema de Automatización del generador Eléctrico.....	56
3.2.6	Instalación Eléctrica y Centro de Acopio.....	57
3.3	Cálculos Previos	57
3.3.1	Demanda Térmica del centro de acopio.....	57
3.3.2	Demanda Energética de la Instalación.....	68

3.3.3	Determinación del ángulo de Inclinación de los Paneles solares	71
3.4	Cálculo de Elementos.....	75
3.4.1	Paneles Solares.....	75
3.4.2	Regulador de Carga.....	79
3.4.3	Banco de Baterías.....	81
3.4.4	Generador a Gasolina.....	84
3.4.5	Cálculo de los Conductores.....	84
3.5	Especificaciones de los Componentes.....	87
3.5.1	Especificación de los paneles Solares.....	87
3.5.2	Especificación del Regulador de Carga.....	87
3.5.3	Especificaciones de las Baterías.....	88
3.5.4	Especificaciones del Inversor.....	89
3.5.5	Especificaciones del Generador a Combustible.....	91
3.6	Resumen de Memoria de Cálculo.....	92
3.6.1	Demanda de la Instalación.....	92
3.6.2	Ángulo de Incidencia y Radiación Promedio.....	92
3.6.3	Características de la Instalación.....	93
3.6.4	Equipos a Utilizar.....	93
CAPÍTULO IV.....		94
4	MONTAJE Y OPERACIÓN.....	94
4.1	Procesos de Montaje.....	94
4.1.1	Montaje de los Paneles.....	94
4.1.2	Montaje de las Baterías.....	95
4.1.3	Montaje del Regulador de Carga y las Protecciones.....	96
4.1.4	Montaje del Inversor/Cargador.....	98
4.2	Recomendaciones de Operación y Mantenimiento.....	99

4.2.1	Recomendaciones para los Paneles Solares	100
4.2.2	Recomendaciones para el Grupo de Baterías	101
4.2.3	Recomendaciones para el Tablero Principal	102
4.2.4	Recomendaciones para el Generador Eléctrico	103
4.2.5	Recomendaciones para la Instalación en General.....	103
CAPÍTULO V		105
5	ESTRUCTURA FINANCIERA	105
5.1	Costo de equipos e insumos	105
5.1.1	Costos del subsistema de generación fotovoltaica	105
5.1.2	Costos del subsistema arrancador automático	106
5.1.3	Costos de insumos.....	107
5.2	Gastos de Instalación	108
5.3	Costos Indirectos	110
5.4	Costo Total	111
CAPÍTULO VI		112
6	EVALUACIÓN DEL PROYECTO	112
6.1	Impacto del Proyecto	112
6.1.1	Evaluación previa al proyecto	112
6.1.2	Evaluación con el proyecto implementado	113
6.2	Evaluación Económica	114
6.3	Conclusiones	119
6.4	Recomendaciones	120
ANEXOS		121
BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA		176
REFERENCIAS.....		178

ANEXOS

	Página
Anexo A Programación del Inversor Cargador en VEConfig 3.0	122
Anexo B Arrancador Automático	123
Anexo C Programación en C++ para Arduino (Arrancador automático).....	127
Anexo D Diagramas Eléctricos de la Instalación Eléctrica	129
Anexo E Plano de la Instalación Eléctrica	132
Anexo F Esquema del sistema de sincronización de arranques.....	134
Anexo G Planos de las estructuras	136
Anexo H Mesa para las Baterías	159
Anexo I Tabla Comparativa de escala AWG / kCM x serie métrica IEC (NB777).....	161
Anexo J Capacidad de conducción para alambres y cables de cobre aislados con PVC a 60°C (TW) o PVC 75°C (THW).....	162
Anexo K Registro Fotográfico	163

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Mapa Geográfico de la Provincia José Ballivian	1
Figura 1.2 Actividades económicas del municipio de Real Beni	2
Figura 1.3 Estados post captura del pescado.	9
Figura 1.4 Componentes de un sistema de generación fotovoltaico.	13
Figura 1.5 Elementos de un generador a combustión.....	17
Figura 1.6 Componentes de un sistema de generación eléctrica por combustión.....	18
Figura 1.7 Componentes de una red eléctrica	22
Figura 1.8 Componentes de un sistema híbrido.....	25
Figura 2.1 La distribución espectral de la radiación extraterrestre y a nivel del mar, en comparación con la radiación de cuerpo negro.	31
Figura 2.2 Radiación solar directa, difusa y reflejada sobre una superficie inclinada	32
Figura 2.3 Representación de la Radiación y las Horas solares Pico	33
Figura 2.4 Radiación Global Promedio sobre la Horizontal en el territorio Boliviano.	34
Figura 2.5 Componentes Principales de un panel solar.....	35
Figura 2.6 Curva característica I-V de un panel solar de 100Wp.....	40
Figura 2.7 Curvas de rendimiento por temperatura de operación de un panel solar de 100Wp tipo.	40
Figura 2.8 Comportamiento de carga con regulador.....	44
Figura 2.9 Onda periódica de forma cuadrada.....	46
Figura 3.1 Transferencia de calor por Conducción y Convección.....	60
Figura 3.2 Curva Presión Vs Entalpia para R-134A para refrigerar pescado DA 550 METALFRIO.....	65
Figura 3.3 Curva Presión Vs Entalpia para R-134A para producir hielo DA 302 METALFRIO	66
Figura 3.4 Conexionado de los 12 paneles solares de 150Wp.....	78
Figura 3.5 Potencia Aprovechada por los reguladores PWM y MPPT	79
Figura 3.6 Regulador de Carga tipo PWM EP VS6048AU.....	88
Figura 3.7 Batería TOYO BAT 12150 tipo VRLA	89

Figura 3.8 Inversor Cargador MultiPlus C24/1600/40 de la marca Victron Energy.....	90
Figura 3.9 Generador HONDA EB3000S	91
Figura 4.1 Esquema de Conexión de los paneles solares. Elaboración Propia (AUTOCAD ELECTRICAL).....	94
Figura 4.2 Montaje de las baterías.	95
Figura 4.3 Esquema de Conexión del grupo de baterías.....	96
Figura 4.4 Esquema de Conexión del Regulador de Carga y sus protecciones.....	97
Figura 4.5 Convertidor MK2 a USB de la marca Victron Energy	98
Figura 4.6 Entorno de Configuración del Inversor/Cargador. (VEConfig 3.0)	99

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Contenido de proteínas y aminoácidos del pescado.....	7
Tabla 1.2 Hielo necesario para enfriar 10kg de carne de pescado.....	9
Tabla 1.3 Características Físico Térmicas del Pescado	10
Tabla 1.4 Elementos de un sistema fotovoltaico.	13
Tabla 1.5 Etapas y tiempo de implementación para la electrificación por sistemas fotovoltaicos.....	14
Tabla 1.6 Características nominales de un panel fotovoltaico.	15
Tabla 1.7 Características nominales de una batería.....	15
Tabla 1.8 Características nominales del regulador.	15
Tabla 1.9 Costo de Inversión de un sistema fotovoltaico puro.....	15
Tabla 1.10 Costos de inversión y reposición de los equipos de un sistema fotovoltaico puro.....	16
Tabla 1.11 Análisis de costos para una proyección de 20 años de un sistema fotovoltaico puro.	16
Tabla 1.12 Ventajas y desventajas del sistema fotovoltaico	16
Tabla 1.13 Componentes de un sistema de generación eléctrica por combustión.....	18
Tabla 1.14 Etapas y tiempo de implementación por sistemas de generación eléctrica por combustión	19
Tabla 1.15 Características del generador a combustión.....	20
Tabla 1.16 Características de los componentes de electrificación con generador a combustión	20
Tabla 1.17 Costo de un sistema de generación a combustión	20
Tabla 1.18 Análisis de consumo de combustible anual	21
Tabla 1.19 Costos y gastos en 20 años de un sistema de generación eléctrica por combustión.....	21
Tabla 1.20 Ventajas y desventajas del sistema de generación por combustión.....	21
Tabla 1.21 Elementos de una extensión de red eléctrica	23
Tabla 1.22 Etapas y tiempo de una extensión de red eléctrica.....	23
Tabla 1.23 Costo de la extensión de red eléctrica	24

Tabla 1.24 Costos de una extensión de red eléctrica en 20 años	24
Tabla 1.25 Ventajas y desventajas de la extensión de red eléctrica	24
Tabla 1.26 Elementos de un sistema híbrido.	25
Tabla 1.27 Etapas y tiempo de implementación para la implementación de un sistema híbrido	26
Tabla 1.28 Costo de Inversión de un sistema híbrido.	27
Tabla 1.29 Costos de inversión y reposición de los equipos de un sistema híbrido.....	27
Tabla 1.30 Análisis de costos para una proyección de 20 años de un sistema fotovoltaico puro.	28
Tabla 1.31 Ventajas y desventajas del sistema fotovoltaico	28
Tabla 1.32 Comparación de alternativas	29
Tabla 2.1 Radiación emitida por un cuerpo negro, y por el sol.	30
Tabla 2.2 Inclinación y orientación de los paneles solares según la Norma Bolivia NB 1056	41
Tabla 2.3 Valores recomendados de descarga máxima.	43
Tabla 2.4 Resistividad de algunos materiales	47
Tabla 2.5 Caídas de tensión permitidas en un sistema fotovoltaico (NB 1056).....	48
Tabla 3.1 Registro de pesca semanal de la comunidad de Real Beni.....	52
Tabla 3.2 Cantidad de Pescado y Hielo Diario y semanal	53
Tabla 3.3 Temperaturas máximas promedio en °C en el municipio de Rurrenabaque.	53
Tabla 3.4 Radiación incidente sobre distintas superficies inclinadas en la comunidad de Rurrenabaque.	55
Tabla 3.5 Propiedades Fisicoquímicas del pescado Promedio.....	57
Tabla 3.6 Características fisicoquímicas de Agua.....	58
Tabla 3.7 Características del Congelador DA 550 METALFRIO	60
Tabla 3.8 Características del Congelador DA 302 METALFRIO	62
Tabla 3.9 Renovación de aire del equipo DA 550 METALFRIO.	63
Tabla 3.10 Renovación de aire del equipo DA 302 METALFRIO.	63
Tabla 3.11 Resumen de Cargas Térmicas de los Congeladores.....	67
Tabla 3.12 Tiempo de funcionamiento de los equipos	67

Tabla 3.13 Tiempo de funcionamiento de los equipos DA 550 y DA 302 METALFRIO	68
Tabla 3.14 Cálculo de demanda de energía para el mes de octubre.	68
Tabla 3.15 Demanda diaria promedio mensual de la instalación eléctrica. ...	69
Tabla 3.16 Rendimiento de los componentes del sistema de generación.	70
Tabla 3.17 Demanda energética diaria y mensual del centro de acopio.	71
Tabla 3.18 Relación de la demanda energética y la radiación óptima incidente.....	73
Tabla 3.19 Radiación incidente sobre una superficie inclinada 14° para el municipio de Rurrenabaque.....	75
Tabla 3.20 Características de un panel Fotovoltaico de 100Wp.....	76
Tabla 3.21 Características principales del panel solar PS150-12V de la marca SunLink.	78
Tabla 3.22 Características del Controlador MPPT 100/50 marca Victron Energy.....	80
Tabla 3.23 Características del Controlador PWM VS6048AU de la marca EPSOLAR.....	81
Tabla 3.24 Comparación de Precios de los Reguladores	81
Tabla 3.25 Especificaciones técnicas de las Baterías a usar.	82
Tabla 3.26 Días de autonomía brindados a la instalación por un grupo de 450Ah a 24V	83
Tabla 3.27 Características mínimas necesarias para el generador a adquirir.	84
Tabla 3.28 Corriente que circula por cada tramo de la instalación fotovoltaica	85
Tabla 3.29 Dimensionamiento del calibre de cada conductor.....	86
Tabla 3.30 Especificaciones técnicas de un panel Solar a adquirir para el proyecto.	87
Tabla 3.31 Coeficientes de pérdida por temperatura del panel a adquirir. ...	87
Tabla 3.32 Características del Regulador de Carga a adquirir.	87
Tabla 3.33 Características de las baterías TOYO BAT12150.....	88
Tabla 3.34 Características del Inversor de corriente a adquirir.....	89
Tabla 3.35 Características del sistema Cargador.	90

Tabla 3.36 Características del Generador a adquirir para el sistema híbrido.	91
Tabla 3.37 Demanda energética del centro de acopio.....	92
Tabla 3.38 Características Principales del Sistema Híbrido	93
Tabla 3.39 Equipos a Adquirir para realizar la instalación	93
Tabla 4.1 Mantenimiento Preventivo y Correctivo de los paneles solares... ..	100
Tabla 4.2 Mantenimiento Preventivo y Correctivo del grupo de Baterías. ...	101
Tabla 4.3 Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Tablero Principal.....	102
Tabla 4.4 Mantenimiento Correctivo de la instalación en general.	103
Tabla 4.5 Mantenimiento Preventivo de la instalación en general.	104
Tabla 5.1 Costos de Adquisición de los equipos para la generación fotovoltaica	105
Tabla 5.2 Costos de Adquisición de los materiales para fabricar el arrancador automático.....	106
Tabla 5.3 Costos asociados a los insumos para la instalación del sistema fotovoltaico.	107
Tabla 5.4 Costos de adquisición de los equipos congeladores.	108
Tabla 5.5 Síntesis de costos de adquisición de equipos e insumos.	108
Tabla 5.6 Personal a emplearse en el proyecto.	108
Tabla 5.7 Duración de horas empleadas por viaje.	109
Tabla 5.8 Tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto.....	110
Tabla 5.9 Costos Indirectos	111
Tabla 5.10 Resumen de costos e inversiones.....	111
Tabla 6.1 Evaluación del Proceso antes de la implementación del proyecto.	115
Tabla 6.2 Costos de Operación de la actividad pesquera antes de la implementación del proyecto.	116
Tabla 6.3 Costos asociados al reemplazo de equipos.....	117
Tabla 6.4 Costo de operación mensual después de la implementación del proyecto.	118
Tabla 6.5 Factibilidad de la Inversión.	118

ÍNDICE DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 3.1 Temperaturas Máximo Promedio desglosado por meses	54
Gráfica 3.2 Radiación Incidente sobre el Plano Horizontal en el municipio de Rurrenabaque.....	55
Gráfica 3.3 Radiación incidente sobre superficies inclinado en ángulos óptimos para el municipio de Rurrenabaque.....	71
Gráfica 3.4 Ángulos óptimos de inclinación para el municipio de Rurrenabaque	72
Gráfica 3.5 Comparación de la demanda energética y la Radiación promedio óptima	73
Gráfica 3.6 Radiación Promedio diaria sobre un plano inclinado 14°	92

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Introducción

1.1.1 Comunidad de “Real Beni”: Ubicación y Clima

La comunidad “Real Beni” se encuentra ubicada en el distrito rural de Comunidades Originarias dentro del municipio de Rurrenabaque. El municipio de Rurrenabaque se encuentra en el departamento de Beni-Bolivia, en las coordenadas 14°26’32”S 67°31’42”O a una altura de 274 m.s.n.m. Rurrenabaque cuenta con 19.195 habitantes según el último censo realizado en 2012¹ y una estimación de 23.540 habitantes para el 2018. Es considerado una puerta al Parque Nacional Madidi, un fascinante lugar donde la flora y fauna silvestre abundan, hogar de aves hermosas y paisajes exuberantes, de flores exóticas y acaudalados ríos; por lo que es necesario tomar consciencia y buscar alternativas amigables con el medio ambiente para realizar proyectos en esta zona.

Figura 1.1 Mapa Geográfico de la Provincia José Ballivian



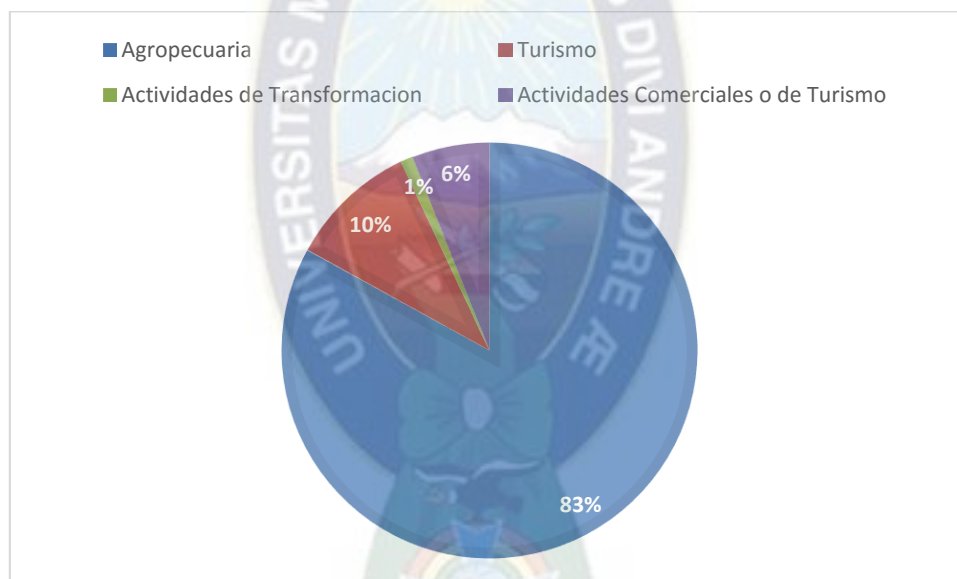
Fuente: <https://www.educa.com.bo/geografia/provincia-gral-jose-ballivian-mapa>

¹ (Instituto Nacional de Estadística, 2012) <http://censosbolivia.ine.gob.bo>

El clima predominante es cálido y húmedo, con una temperatura máxima de 38°C, y una mínima de 7°C cuando llegan los frentes fríos o también llamados “surazos”. La temperatura media es de 25,8°C con una humedad relativa alta. Se presentan varias configuraciones topográficas en la zona como ser; serranías, pie de monte y llanuras, pero son los montes y selvas las que cubren la mayor parte del terreno.

Rurrenabaque es un municipio cuya actividad principal como centro poblado es la agricultura. No obstante, tienes muchas otras actividades económicas como la forestal, el turismo y la pesca. Esta última realizada por las comunidades vecinas al centro poblado, como es el caso de Real Beni. En la figura 1.2 se muestran las actividades realizadas por el municipio de Rurrenabaque en el área urbana del mismo.

Figura 1.2 Actividades económicas del municipio de Real Beni²



*Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de: (Norte Paceño, 2017)
<http://www.nortepaceno.org/municipios/san-buenaventura>*

La comunidad de Real Beni se encuentra orillas del Río Beni por lo que la pesca es una de sus mayores actividades. Y uno de los principales medios de subsistencia económica y fuente de alimento para sus habitantes.

² (Norte Paceño, 2017) <http://www.nortepaceno.org/municipios/real-beni>

Cabe resaltar que la comunidad de Real Beni se encuentra alejada de la red eléctrica más cercana, además que no está contemplada en los planes de electrificación rural a mediano plazo. Y como se vio anteriormente la pesca es una actividad comercial importante dentro de esta comunidad. Dicha actividad se ve muy afectada por causa de las altas temperaturas del lugar, temperaturas que echan el producto a perder muy rápidamente si este no es almacenado correctamente.

1.1.2 Ámbito Social y Tecnológico del Proyecto

El ámbito al cual este proyecto apunta es el ámbito social y económico de la comunidad de Real Beni mejorando la calidad de vida de las familias incrementando la seguridad alimenticia, y al mismo tiempo brindando herramientas para mejorar su economía. Todo lo anterior pretende alcanzarse mediante la implementación de un centro de acopio de carne de pescado, no solo la tecnología sino las herramientas de gestión y operación necesarias para que este proyecto alcance su objetivo. En cuanto al ámbito tecnológico se considera la generación de energía eléctrica en base fuentes renovables de manera sostenible y amigable con el medio ambiente, el cual por su ubicación, es un lugar lleno de flora y fauna propias del lugar las cuales no deben ser alteradas.

1.1.3 Sintomatología

Se observa un deficiente proceso de captura y post captura del pescado el cual conlleva problemas de alimentación y costos muy elevados asociados al acopio (Sección 5 - Estructura Financiera). Se sabe que no existen técnicas, ni procedimientos de manufactura para manejar al pescado por lo que su manipulación acelera el proceso de descomposición y disminuye la calidad del producto. Si bien la comunidad puede tolerar esta situación, se observa una oportunidad de mejora tanto de manera directa a la alimentación de las familias, como a su economía. Es importante ver que este proyecto se enfoca a una oportunidad de mejora y solución a un problema actual y latente.

1.2 Planteamiento del Problema

Se busca mejorar la calidad de vida de estas personas a corto plazo. Mejorando no solo la calidad de la comida que ingieren, sino el comercio que estas familias

tendrían si pudieran refrigerar y conservar la carne de pescado que ellos producen para posteriormente venderla. La tarea de mantener la carne de pescado fresca y en condiciones adecuadas se dificulta aún más debido a la imposibilidad de conectar la comunidad a la red eléctrica de distribución más cercana, por lo cual el acopio de carne de pescado es muy costoso e ineficiente.

Lo que conlleva a formular la siguiente pregunta:

¿Es posible mejorar la calidad de vida de las familias de la comunidad Real Beni ubicado en el municipio de Rurrenabaque mediante la mejora y control sistematizado de la producción de carne de pescado?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Implementar un centro de acopio de carne de pescado en la comunidad de Real Beni para la mejora de la calidad de vida y economía de las familias locales, mediante el uso de un sistema de generación de energía híbrido fotovoltaico-generador que abastezca la demanda de energía requerida.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Calcular la demanda térmica necesaria para refrigerar y conservar la carne de pescado producida por la comunidad de Real Beni, mediante el correcto dimensionamiento del volumen de producción de la comunidad.
- Diseñar el sistema de alimentación eléctrica para el centro de acopio de carne de pescado, mediante el correcto dimensionamiento de los componentes necesarios asegurando la continuidad del servicio.
- Implementar un plan de mantenimiento y operación para la correcta administración del sistema de alimentación energético del centro de acopio.
- Realizar una transferencia tecnológica completa hacia las familias de la comunidad de Real Beni mediante el uso de capacitaciones de nivel técnico y gerencial brindando las herramientas necesarias para que la comunidad finalmente se apodere del centro de acopio.

1.4 Justificación

Esta comunidad se encuentra asentada junto al Río Beni, y la pesca fue identificada como actividad económica de alta relevancia. Algunas familias tienen pequeños equipos de refrigeración para el acopio de la carne de pescado, pero alimentan a estos equipos con generadores eléctricos a gasolina. El gasto de funcionamiento de estos equipos llega a un acumulado de 1200 Bs al mes solamente en combustible, lo que representa un costo adicional para estas familias. El costo por kilogramo de pescado está a 12 Bs dentro de la comunidad y a 18Bs en los centros poblados de Rurrenabaque y San Buenaventura, pero debido a la descomposición de esta carne las familias lo venden por debajo al precio de mercado a 9 Bs a acopiadores externos. Por otra parte el precio de pescado se incrementa en época de veda llegando a costar 25 Bs³.

Real Beni es una comunidad que no cuenta con una estación de gasolina, y el litro de gasolina puesto en la comunidad cuesta 6 Bs. Se necesitan 50 litros de combustible a la semana para refrigerar la carne de pescado. Por otro lado, otros métodos de refrigeración actualmente usados (hielo en bolsas) por la comunidad conllevan costos de 3780 Bs al mes llegando a un total de 5300 Bs aproximadamente.

Con este proyecto se presenta la refrigeración solar como alternativa de solución para evitar la pronta descomposición de la carne de pescado y ponerla en funcionamiento. Cabe resaltar que esta iniciativa tiene un alto impacto en las comunidades cercanas que sufren las mismas condiciones, siendo este un proyecto piloto que indicará la factibilidad de su implementación en comunidades vecinas. Por tanto, al ejecutar este proyecto se comprueba las ventajas de las energías renovables en zonas aisladas de las comunidades de Rurrenabaque y San Buenaventura.

³ Reza, C. (2017). Uso productivo de la energía en la Amazonía Boliviana: Refrigeración Solar. La Paz: Soluciones Prácticas ONG.

1.5 Fundamentos Teóricos

1.5.1 Carne de pescado

En lugares como Rurrenabaque, ubicados en las riveras, la pesca constituye una actividad económica muy importante. Sin embargo, esta actividad pocas veces cumple con los estándares de calidad, o medidas que protegen al consumidor. Es por este motivo que con el uso de la electricidad se pretende mejorar la conservación del pescado. En el caso del pescado, el uso de hielo y de cámaras de frío, posibilita que los pescadores puedan mejorar la calidad de sus productos, acceder a mercados más distantes y obtener mejores precios.

¿Por qué es importante el pescado en la dieta en general? El pescado es uno de los alimentos más saludables y completos por su aporte nutritivo. Dentro de sus principales características principales están las siguientes:

- Presenta un alto contenido de proteína fácilmente digerible.
- Es pobre en carbohidratos (no crea depósitos de grasa).
- Carece de tejido conjuntivo (tendones).
- Contiene grasas como el ácido graso insaturado Omega 3 necesario para la formación y mantenimiento de la visión y la piel.
- En el pescado se encuentran aminoácidos esenciales que no se encuentran en otros alimentos.
- Posee vitaminas y minerales indispensables para una buena actividad metabólica

Además de que 100 gramos de carne de pescado proporcionan cerca de la mitad del total de proteína requerida diariamente por el organismo humano, por lo que se recomienda consumirlo dos veces por semana.

Tabla 1.1 Contenido de proteínas y aminoácidos del pescado

Proteínas: Aminoácidos Esenciales	Grasas
Valina	Ácido Graso
Leucina	EPA
Metionina	DHA
Fenilalanina	
Triftofano	
Isoleucina	
Lisina	

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos del "Manejo y conservación de productos pesqueros en la amazonia, Miguel Aréstegui"

1.5.1.1 Higiene del pescado:

Cualquier alimento puede ser vehículo para enfermedades, pero los alimentos con alto contenido proteico pueden ser tóxicos por su naturaleza. El pescado es un excelente medio para el desarrollo de microorganismos que causan enfermedades.

Si bien el pescado proporciona sustancias indispensables para la vida y es un alimento de primera calidad, su consumo en malas condiciones puede causar enfermedades de tipo infecciosas, intoxicaciones o infecciones parasitarias. Por su alto nivel de proteínas se acelera el desarrollo de los microorganismos que causan enfermedades, siendo así uno de los alimentos potencialmente peligrosos.

Para identificar un alimento inseguro es necesario identificar el contenido microbiológico, físico y químico. El contenido microbiológico, bacterias o algún fondo de toxinas, se dan en el ambiente acuático y que podría causar una intoxicación o envenenamiento en quien lo coma. En la parte física hay que inspeccionar en busca de vidrio o cualquier objeto que pueda causar algún daño físico al consumidor. En cuanto a la parte química es necesario buscar pesticidas, antibióticos o desinfectantes que podrían causar algunas enfermedades a la persona que lo ingiera.

Por la naturaleza de los productos pesqueros, es indispensable el buen manejo y manufactura del mismo. De esta manera se garantiza la obtención de un alimento seguro y que al mismo tiempo tenga una buena apariencia comercial y calidad nutricional.

Es aquí donde es necesario introducir el concepto de cadena de frío, el cual ayudara a mantener el pescado en óptimas condiciones. Es básicamente un tratamiento adecuado a los productos pesqueros el cual, usando las cantidades de hielo apropiadas, y no permitiendo que los productos sufran fluctuaciones en su temperatura se asegura una conservación adecuada de la carne.

1.5.1.2 Métodos de conservación del pescado

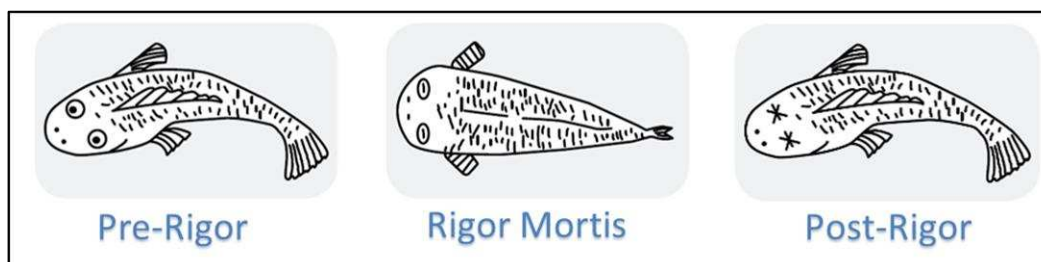
Para empezar, tan pronto como el pez muere empieza el proceso de descomposición. Empieza a mostrar cambios que afectan a la calidad de su carne por lo que debemos tomar los siguientes procesos de deterioro en cuenta:

- a) Oxidación de las grasas por oxígeno: El oxígeno atmosférico es capaz de actuar sobre los tejidos musculares provocando cambios indeseables en el color y sabor del pescado. Al oxidarse la grasa del pescado esta se torna rancia y provoca una coloración en la carne que es amarillenta. Este color indica el grado de descomposición de la carne.
- b) Descomposición química por las enzimas: Cuando los peces están vivos tienen unas enzimas que ayudan a convertir su alimento en energía. Pero cuando el pez muere estas mismas enzimas siguen actuando sobre los tejidos musculares del pescado, ayudando a las bacterias a penetrar en dicho tejido y empezando a descomponerlo desde adentro.
- c) Descomposición biológica o microbiana: Es provocada por las bacterias, que son microorganismos que se encuentran en todos lados. La mayoría de las bacterias son bastante inofensivas, pero existen otras que son peligrosas y perjudiciales. Estas son capaces de alterar los alimentos, producir enfermedades derivadas de intoxicaciones alimentarias y causar un daño físico, originado por la descomposición o deterioro del pescado.

Las alteraciones físicas aparecen principalmente por ruptura de las células y por la variación de las estructuras internas del alimento, de manera que se permite la entrada de microorganismos que producen el deterioro. La contaminación física consiste en la incorporación de cuerpos extraños al alimento que son mezclados accidentalmente durante la manipulación, almacenamiento, exhibición o separación.

Por ejemplo, si las cenizas del cigarro caen sobre un pescado este entonces se contamina.

Figura 1.3 Estados post captura del pescado.



Fuente: Miguel, Aréstegui. (2013). Manejo y aseguramiento de la conservación de productos pesqueros en la Amazonía. Manual de Buenas Practicas. Lima: Soluciones Prácticas ONG.

El proceso de descomposición se divide en 3 etapas que se pueden ver en la figura 1.2. El Pre-Rigor ocurre después de muerto el pescado, todavía es blando y flexible y el musculo se encuentra relajado. El Rigor-Mortis se caracteriza porque el tejido muscular se contrae y se torna duro y rígido. El Post-Rigor se puede identificar cuando el tejido muscular retorna a su estado relajado y en esta fase la descomposición se acelera. El pescado puede ser consumido por el ser humano en las primeras dos etapas, una vez alcanzada el Post-Rigor este es nocivo para la salud.

La cadena de frío empieza cuando el pescado es recolectado en los botes. En ese momento debe empezar el proceso de enfriamiento y la forma más sencilla de hacerlo es con hielo que puede enfriar aproximadamente 3 veces su peso en pescado como se puede ver en la tabla 1.2.

Tabla 1.2 Hielo necesario para enfriar 10kg de carne de pescado.

Peso Pescado [kg]	Temperatura del pescado [°C]	Hielo necesario para enfriar a 0°C [kg]
10	15	1,875
10	20	2,500
10	25	3,125

Fuente: Elaboración propia, en base a los datos del "Manejo y conservación de productos pesqueros en la amazonia, Miguel Aréstegui"

El pescado se puede almacenar a una temperatura en un rango de -1°C y -2,2°C y estar en buen estado de 1 a 2 semanas. El proceso de congelación empieza cuando la

temperatura desciende los $-2,2^{\circ}\text{C}$. Sus propiedades físico térmicas se pueden ver en la tabla 1.3.

Tabla 1.3 Características Físico Térmicas del Pescado

Características Físico Térmicas del Pescado	
Densidad	1075 kg/m ³
Temperatura de Almacenamiento	-1°C a $-2,2^{\circ}\text{C}$
Calor Especifico	3,42kJ/kg · °C

Fuente: Elaboración propia, en base a datos de "Yunus A, Cengel, 2004, TRANSFERENCIA DE CALOR, University of Nevada, Reno".

Muchos pescados pueden ser consumidos crudos, a condición de que estén casi inmediatamente capturados o de otro modo, que se hayan preservado frescos mediante refrigeración o sistemas de vacío. Sin embargo, se han requerido métodos de acopio de pescado para largas temporadas, los más usuales han sido la salazón y el ahumado. Ambos métodos resultan a la larga nocivos para los consumidores: la salazón afecta a los riñones y es altamente arriesgada para la población afectada de hipertensión.

El sistema de hielo; para la conservación del pescado fresco desde que se pesca hasta su exhibición y consumo, una vez extraído o capturado, el pescado debe ser acondicionado en las bodegas pesqueras con hielo molido o hielo en escamas (escarcha). Esta hace que el pescado se enfríe, pero no se congele. Una vez en tierra, se los dispone en cajones o en envases, distribuyendo el hielo por debajo y por encima. Cuando el pescado llega a la pescadería se lo almacena en cámaras de frío, pero sin congelarlo. Luego se lo exhibe también acondicionados con hielo en escamas o molido. Luego el consumidor debe conservarlo en el refrigerador hasta prepararlo en la cocina, sabiendo que el tiempo de conservación en fresco es limitado.

Congelación; la industria de la alimentación ha desarrollado cada vez más las técnicas de congelación para una gran variedad de alimentos: frutas, verduras, carnes, pescados y alimentos El fundamento de la congelación es someter a los alimentos a temperaturas iguales o inferiores a las necesarias de mantenimiento, para congelar la mayor parte posible del agua que contienen. Prácticamente no se pierden vitaminas ni minerales debido a que la congelación no afecta ni a las proteínas, ni a las vitaminas A y D, ni a los minerales que ellos contienen.

De los últimos dos métodos se extrapola la cadena de frío, la cual combina la conservación con escamas de hielo y la refrigeración en el lugar de almacenamiento evitando que haya incrementos de temperatura desde su captura. Por otro lado, el uso de escamas de hielo evita el contacto directo entre pescados, lo cual previene que haya una transmisión microbiológica entre ambas carnes.

1.6 Límites y Alcances

1.6.1 Límites

- El actual proyecto no contempla la realización del diseño civil o de la infraestructura de las obras a ser utilizadas en el centro de acopio.
- Un límite que se tiene es la notable falta de documentación y registros sobre la comunidad de Real Beni y su producción de carne de pescado.
- El avance del proyecto, como de la implementación del mismo, se verá limitada por el cronograma de la comunidad de Real Beni. Entendiendo que al ser un proyecto social parte de la mano de obra debe provenir de la comunidad.
- En el diseño de la instalación eléctrica no se contempla otros productos que no sean propios al autoconsumo y comercialización del pescado, productos que es posible que la comunidad decida acopiar como ser otros tipos de carne o bebida.
- La información demográfica del lugar es limitada por lo que realizar una evaluación social basada en la seguridad alimenticia para evaluar el impacto del proyecto en la seguridad alimenticia no será posible.

1.6.2 Alcances

- El presente proyecto tiene el alcance de proveer una fuente de energía confiable y continua para el centro de refrigeración que se construirá en Real Beni.

- El proyecto implementado disminuirá los costos asociados a la refrigeración y almacenamiento de la carne de pescado producida en el poblado.
- Se garantiza que la instalación eléctrica sea segura para todos los usuarios, sabiendo de que la gente que lo manipulara no es gente entendida en el tema eléctrico.
- Se seguirá la conservación por cadena de frío para el diseño de la instalación de generación de energía.

1.7 Alternativas de Solución

Por las características de la zona del proyecto y recursos de los medios que se pueden utilizar para generar energía eléctrica se tiene el sistema fotovoltaico, generador eléctrico a combustión y la extensión de red como soluciones tecnológicas a evaluar. Para tomar una decisión acertada, se procederá a realizar el dimensionamiento de los sistemas para posteriormente poder realizar un análisis comparativo entre las alternativas.

La energía de suministro a la que todos los sistemas se someterán a evaluación será de 4.5 kWh/día. Los factores que definirán el sistema adecuado serán:

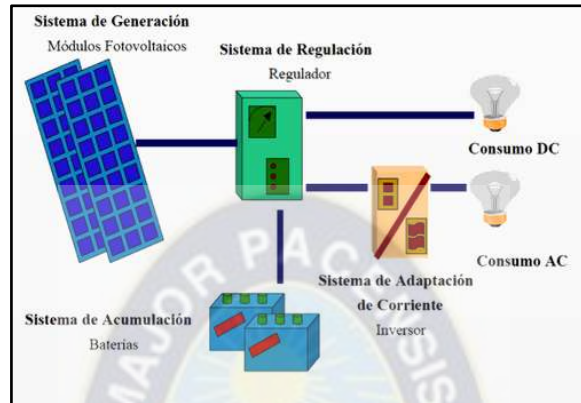
- Componentes del sistema
- Etapas y tiempo de implementación
- Análisis de costo
- Operación y mantenimiento
- Ventajas y desventajas del sistema

1.7.1 Sistemas fotovoltaicos

El sistema fotovoltaico es un conjunto de componentes que aprovechan la luz solar y la convierten en energía eléctrica para su uso directo y/o su almacenamiento. La generación de electricidad depende de las características y cantidad de paneles fotovoltaicos instalados, orientación, ángulo de inclinación, radiación solar en el lugar

y el rendimiento de la instalación. Hay que tener en cuenta que para asegurar la continuidad del suministro de energía se debe contar con un gran banco de baterías el cual provea la continuidad del servicio. Los componentes de un sistema fotovoltaico se ven en la figura 1.4.

Figura 1.4 Componentes de un sistema de generación fotovoltaico.



Fuente: Sun Fields (2018). Manual de Cálculo de sistemas fotovoltaico aislados.
<https://www.sfe-solar.com/baterias-solares/manual-calculo/>

Tabla 1.4 Elementos de un sistema fotovoltaico.

Nº	Componente	Característica
1	Módulos fotovoltaico	<p>El panel o modulo fotovoltaico es el componente más importante del sistema, es el encargado de transformar la luz solar en electricidad.</p> <p>Existen paneles de silicio con tecnología cristalina (monocristalina, policristalina) y amorfa.</p>
2	Regulador	<p>El regulador o controlador es el equipo que controla el voltaje y la corriente de carga proveniente del panel fotovoltaico hacia la batería, protegiéndola de sobrecargas y descargas profundas.</p> <p>Las intensidades máximas de entrada y salida del regulador dependerán de la corriente máxima definida del módulo fotovoltaico.</p>
3	Batería	<p>Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el módulo fotovoltaico para poder disponer de ella en horas nocturnas.</p> <p>Las más recomendadas para este tipo de instalaciones son las baterías de ciclo profundo estacionarias de plomo ácido, con vasos de 2V cada uno, que se dispondrán en serie y/o paralelo para completar los 12, 24 o 48 Vcc.</p>

4	Inversor	El inversor es el equipo que convierte la corriente continua (CC) que proviene de la batería a corriente alterna (CA) para su utilización final.
---	----------	--

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1.4 se verifica que el sistema fotovoltaico tiene 5 componentes para su funcionalidad. Los sistemas fotovoltaicos para su implementación presentan las etapas y tiempos estimados en la zona del proyecto que se muestran en la tabla 1.5.

Tabla 1.5 Etapas y tiempo de implementación para la electrificación por sistemas fotovoltaicos

N°	Etapa	Característica	Tiempo
1	Análisis y evaluación de la zona.	Calcular el consumo energético de la zona mediante evaluación y encuestas.	La Visitas y encuestas para definir un sistema de línea base en 1 mes.
2	Propuesta de diseño de sistema de electrificación	Se selecciona todos los componentes del sistema.	El tiempo de selección y dimensionamiento de 3 semanas
3	Compra de los equipos del sistemas fotovoltaicos.	Se realiza la evaluación de costos y posteriormente las compra.	Desde la cotización hasta la compra de los sistemas fotovoltaicos 3 semanas.
4	Implementación en campo	Con un sistema de implementación se procede a montar los sistemas fotovoltaicos.	Desde la entrega de los equipos del sistema y su implementación 1 mes
5	Capacitación y transferencia tecnológica	Se entregan las obras a la comunidad en condiciones que ellos se puedan hacer cargo.	Capacitación en campo a las familias de la comunidad 2 semanas.
Tiempo total			4 meses

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1.5 se verifica que para implementar un sistema fotovoltaico se necesita 5 etapas sistemáticas para tener electrificación en el lugar. El tiempo aproximado promedio de una electrificación con sistemas fotovoltaicos asciende a meses.

El costo del sistema fotovoltaico depende del dimensionamiento y selección de cada componente. Para la selección y dimensionamiento se toma en cuenta la energía de 4,50 kWh/día como se vio al principio del inciso. Los componentes seleccionados presentan las características que se pueden ver en las tablas 1.6 1.7 y 1.8.

Tabla 1.6 Características nominales de un panel fotovoltaico.

Características de un Panel	
Potencia pico del módulo fotovoltaico	150 [Wp]
Corriente Pico	8,72 [A]
Voltaje Pico	17,2 [Vdc]

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.7 Características nominales de una batería.

Características de una Batería	
Capacidad energética	120 Ah
Profundidad de descarga	50 %
Días de autonomía	3 días
Voltaje nominal	12 Vdc

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.8 Características nominales del regulador.

Características de un regulador	
Numero de reguladores	1
Voltaje de arreglo	24 V
Potencia	2000W

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 1.9 muestra el costo de la inversión de un sistema fotovoltaico:

Tabla 1.9 Costo de Inversión de un sistema fotovoltaico puro

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio U.	Total
20	pieza	Panel solar de 150 Wp	1 500,00	30 000,00
24	pieza	Batería de 160 Ah	1 900,00	45 600,00
1	pieza	Regulador de 24V/2000W	2 000,00	2 000,00
1	pieza	Estructura metálica para 20 paneles	2 500,00	2 500,00
1	pieza	Inversor de corriente 24V/1600VA	10 000,00	10 000,00
1	otros	Insumos	2 000,00	2 000,00
Total			Total	92 100,00

Fuente: Elaboración Propia

La inversión para la electrificación del centro de acopio de carne de pescados asciende 92.100,00Bs. El análisis de costos para la inversión y la reposición de equipos del sistema fotovoltaico puro se ven en la tabla 1.10. y haciendo una proyección de 20 años.

Tabla 1.10 Costos de inversión y reposición de los equipos de un sistema fotovoltaico puro.

Descripción	Total	Tiempo de Vida [años]	Costo Anual
Panel solar de 150 Wp	30 000,00	20	1 500,00
Batería de 160 Ah	45 600,00	5	9 120,00
Regulador de 24V/2000W	2 000,00	7	285,71
Estructura metálica para 20 paneles	2 500,00	20	125,00
Inversor de corriente 24V/1600VA	10 000,00	10	1 000,00
Insumos	2 000,00	10	200,00
Total	92 100,00		12 230,71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.11 Análisis de costos para una proyección de 20 años de un sistema fotovoltaico puro.

Costo de inversión y Reposición de Equipos	
Inversión inicial [Bs]	92 100,00
Gasto de componentes y otros en 20 años	244 614,29
Total	336 714,29

Fuente: Elaboración Propia

Los aspectos positivos y negativos observados anteriormente acerca de los sistemas fotovoltaicos se describen en la tabla 1.12, se puede observar que tiene 4 ventajas y 2 desventajas.

Tabla 1.12 Ventajas y desventajas del sistema fotovoltaico

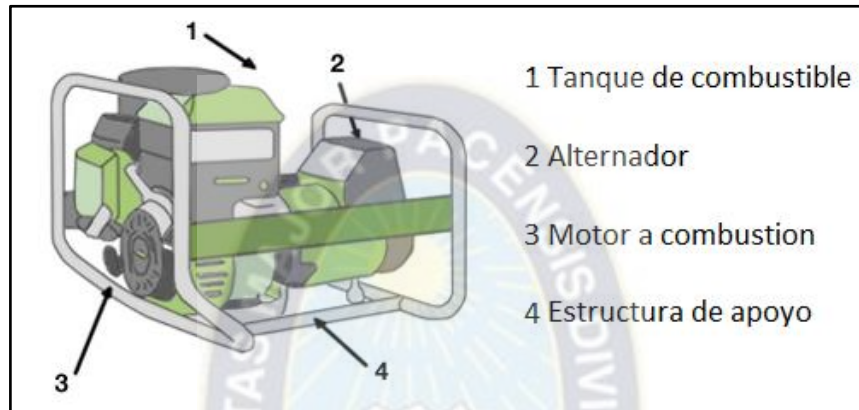
Parámetros	Ventajas	Desventajas
Tiempo de instalación	Rápida	Relativamente Baja
Numero de etapas de instalación	Bajo	
Potencia de instalación		Limitada
Costo de implementación	Medio	
Disponibilidad de energía		
Mantenimiento y Operacion	Medio	

Fuente: Elaboración Propia

1.7.2 Sistema de generación eléctrica por generador

Un generador a combustión, es un equipo capaz de producir energía eléctrica a partir de energía mecánica. El generador consta de un motor a combustión que desarrolla una fuerza capaz de mover un alternador que convierte la energía mecánica en eléctrica. A continuación, se detallan los elementos generales que integran un generador a combustión

Figura 1.5 Elementos de un generador a combustión

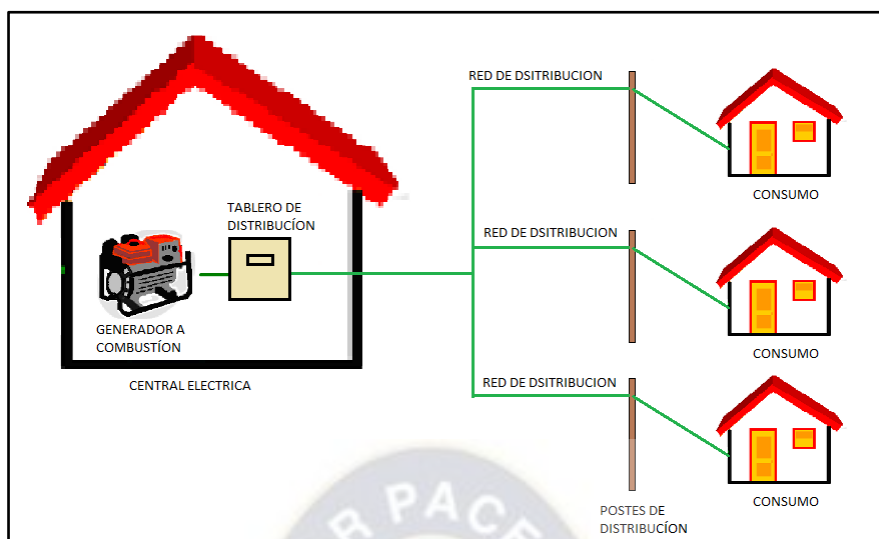


*Fuente: WATTSON. Funcionamiento de los generadores eléctricos.
[Http://www.wattson.com.ar /funcionamiento-de-los-generadores-eléctricos](http://www.wattson.com.ar /funcionamiento-de-los-generadores-eléctricos)*

- **Motor:** Proporciona la fuente de energía mecánica para permitir que gire el alternador. Dicho motor puede ser de gasolina o diésel.
- **Regulación de motor:** es un dispositivo mecánico que mantiene una velocidad constante en el motor dependiendo de la carga que se le aplique al generador.
- **Alternador:** es un dispositivo capaz de transformar la energía mecánica proporcionada por el motor a combustión, en energía eléctrica.

La figura 1.6 muestra los componentes de generación eléctrica a combustión, que se requiere para electrificar una zona definida desde su generación hasta el punto de consumo.

Figura 1.6 Componentes de un sistema de generación eléctrica por combustión



Fuente: MI EE.RR. (2018). Captar y Almacenar – Utilizar y Amortizar – Ahorrar y Capitalizar. (EE.RR., 2018)

Tabla 1.13 Componentes de un sistema de generación eléctrica por combustión

Nº	Componente	Característica
1	Generador Electrico	Un equipo que genera energía eléctrica mediante energía mecánica.
2	Tablero de distribución	Un tablero metálico de forma rectangular recubierto con pintura aislante, que distribuyen los conductores median barras y borneras.
3	Casa de máquina	El en caso de la generación por combustión, la estructura aloja a todo el equipo mecánico; lo protege del medio, las inclemencias del tiempo y del contacto humano.
4	Red de distribución	Son conductores que distribuyen la energía desde el punto de distribución eléctrica hasta el punto de consumo eléctrico.
5	Postes de distribución	Postes de madera que sirven de apoyo a los conductores eléctricos a distancias largas, que reducen la tensión longitudinal a lo largo de todo el tramo provocado por el peso del conductor.

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1.13 se verifica que el sistema de generación eléctrica a combustión, tiene 5 componentes para su funcionalidad. Los sistemas de generación eléctrica a combustión para su implementación presentan las etapas y tiempos para su implementación que se ven en la tabla 1.14.

Tabla 1.14 Etapas y tiempo de implementación por sistemas de generación eléctrica por combustión

N ^a	Etapa	Característica	Tiempo
1	Análisis y evaluación de la zona.	Calcular el consumo energético de la zona mediante evaluación y encuestas.	La Visitas y encuestas para definir un sistema de línea base en 1 mes.
2	Propuesta de diseño de sistema de electrificación	Se selecciona todos los componentes del sistema.	El tiempo de selección y dimensionamiento de 2 semanas
3	Compra de todos los componentes	Se realiza la evaluación de costos y posteriormente las compra.	Desde la cotización hasta la compra de los sistemas fotovoltaicos 3 semanas.
4	Implementacion en campo	Se fijan los postes a distancias determinadas, también se prepara la central eléctrica. Se distribuyen los conductores en toda la red planificada. Se arma el tablero del centro y se realizan las conexiones	Incluyendo el preparacion de los elementos a usarse, el tendido de la red y el montado del generador a combustion 6 semanas.
5	Capacitación y transferencia tecnológica	Se entregan las obras a la comunidad en condiciones que ellos se puedan hacer cargo.	Capacitación en campo a las familias de la comunidad 1 semanas.
Tiempo total			4 meses

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1.14 se verifica que para implementar un sistema de generación eléctrica por combustible necesita de 5 etapas sistemáticas para tener electrificación en la zona. El tiempo aproximado promedio de una electrificación con un sistema de generación a combustión asciende a 4 meses.

El costo del sistema de generación a combustión depende del dimensionamiento y selección de cada componente: del análisis de inversión en tiempo de vida y gastos en el tiempo de operación. Para la selección y dimensionamiento se toma en cuenta la energía de 4,5kWh/día para alimentar el centro de acopio de carne de pescado. Los componentes seleccionados presentan las características mostradas en la tabla 1.15.

Tabla 1.15 Características del generador a combustión

Características Nominales	
Potencia del motor	6,5 HP
Tipo de motor	OHV
Cilindrada del motor	196 cc
Combustible	Gasolina
Capacidad de tanque	15,12 Litros
Horas de operación al 50% con tanque lleno	12 horas
Potencia A/C salida	3000 W
A/C voltaje	120/240 Vac
A/C frecuencia	60 Hz
Amperaje A/C promedio a 120 V	25

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.16 Características de los componentes de electrificación con generador a combustión

Componentes	Material	Dimensión	Cantidad
Casa de maquinas	Madera	2x2x2,5 metros	1 estructura
Tablero de distribución	Plancha de acero, de forma rectangular recubierta con pintura aislante	25x30x20 cm	1 unidad
Postes	Madera	L=4 m D=0,25 m	12 unidades
Red de distribución	Conducto de cobre recubierto de PVC	AWG 10	230 metros

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 1.17 muestra el costo de la inversión de un sistema de generación a combustión:

Tabla 1.17 Costo de un sistema de generación a combustión

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio U.	Total
1	pieza	Generador a Combustión de 6,5 HP de 3000 W	17 400,00	17 400,00
1	pieza	Casa de maquinas	6 700,00	6 700,00
12	pieza	Postes de madera de 4 metros de alto	783,00	9 396,00
1	pieza	Tablero de distribución pequeño	210,00	210,00
500	Metros	Conductores AWG 10	7,00	3 500,00
			Total	37 206,00

Fuente: Elaboración Propia

Se debe tomar en cuenta el gasto de combustible para mantener un sistema de generación a combustión, que se muestra en la tabla 1.18:

Tabla 1.18 Análisis de consumo de combustible anual

Consumo de Gasolina		
Capacidad de tanque	15,12	litros
Consumo del tanque lleno	12	horas
Costo del combustible (en el lugar)	6	Bs/Litro
Electrificación diaria	8	horas
Consumo de combustible	12,6	Litros
Consumo de combustible diario	75,6	Bs
Consumo de combustible mensual	2268	Bs
Consumo de combustible anual	27216	Bs

Fuente: Elaboración Propia

El análisis de costos del sistema de generación eléctrica a combustión en tiempo de vida útil de 10 años; pero para comparar correctamente con un sistema fotovoltaico puro sus gastos se calculan en un ciclo de 20 año. Los gastos de operación y adquisición se ven en la tabla 1.19.

Tabla 1.19 Costos y gastos en 20 años de un sistema de generación eléctrica por combustión

Análisis de Costo para Generador Eléctrico	
Inversión inicial [Bs]	37 206,00
Gasto de Reposición [Bs]	86 540,00
Costo de la Gasolina [Bs]	544 320,00
TOTAL	668 066,00

Fuente: Elaboración Propia

Los aspectos positivos y negativos del sistema se describen en la tabla 1.20 donde se puede ver que se tiene 2 ventajas y 4 desventajas el sistema de generación por combustión.

Tabla 1.20 Ventajas y desventajas del sistema de generación por combustión

Parámetros	Ventajas	Desventajas
Tiempo de instalación	Medio	
Numero de etapas de instalación		Medio
Potencia de instalación		Baja
Costo de implementación	Baja	
Disponibilidad de energía		Limitada
Mantenimiento y Operación		Alto

Fuente: Elaboración Propia

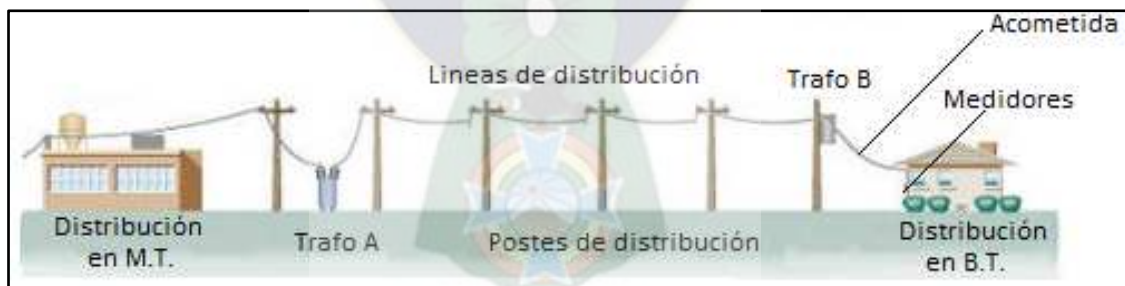
1.7.3 Electrificación por red eléctrica

Una red eléctrica es una red interconectada que tiene el propósito de suministrar electricidad desde los proveedores hasta los consumidores. Consiste de tres componentes principales:

- Las plantas generadoras que producen electricidad de combustibles fósiles (carbón, gas natural, biomasa) o combustibles no fósiles (eólica, solar, nuclear, hidráulica)
- Las líneas de transmisión que llevan la electricidad de las plantas generadoras a los centros de demanda
- Los transformadores que reducen el voltaje para que las líneas de distribución puedan entregarle energía al consumidor final.

La red eléctrica requerida para el suministro energético en la zona del proyecto engloba desde las líneas de transmisión hasta el punto de consumo. La figura 1.7. muestra los componentes toda la red de electrificación que se requiere para electrificar la zona del proyecto.

Figura 1.7 Componentes de una red eléctrica



*Fuente: Tecnología e Informática (2018). Red Eléctrica.
<http://www.wangiecollazos.blogspot.com/2013/03/red-electrica.html>*

Tabla 1.21 Elementos de una extensión de red eléctrica

Nº	Componente	Característica
1	Líneas de distribución	Son las encargadas de transportar la energía eléctrica en M.T. de 3 a 30 kV a distancias largas. Las líneas de distribución son un conjunto de elementos (conductores y protecciones) que hacen posible un eficiente transporte de energía eléctrica.
2	Postes de distribución	Dependiendo a las características de la zona pueden ser metálicos, de concreto y de madera. Son de apoyo para los conductores eléctricos a distancias grandes, que reducen la tensión longitudinal a lo largo de todo el tramo provocado por el peso del conductor.
3	Trafo B	Transforma la energía eléctrica de media tensión (M.T.) a baja tensión (B.T.)
4	Acometida	La acometida es la derivación desde la red de distribución de la empresa suministradora hacia la edificación o propiedad donde se hará uso de la energía eléctrica
5	Medidores	Es un contador de consumo eléctrico, un dispositivo que mide el consumo de energía eléctrica de un circuito o un servicio eléctrico.

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.21 se verifica que la extensión de red eléctrica tiene 5 componentes para su funcionalidad. La extensión de red eléctrica para llegar al punto de consumo presenta las etapas y tiempos que se ven en la tabla 1.22.

Tabla 1.22 Etapas y tiempo de una extensión de red eléctrica

Nª	Etapas	Característica	Tiempo
1	Análisis y evaluación de la zona a electrificar	Calcular el consumo energético de la zona mediante evaluación y encuestas	2 meses considerando la topografía y el medio.
2	Propuesta de diseño de sistema de electrificación	Se selecciona todos los componentes del sistema.	El tiempo de selección y dimensionamiento de 1 mes.
3	Extensión de líneas de distribución	Extensión de red desde el punto de suministro hasta el punto de transformación a baja tensión	Distancia estimada de 17 kilómetros, 15 meses.
4	Instalación del transformador	Después de la extensión de líneas eléctricas hasta la zona se monta el transformador requerido.	2 semanas dependiendo a la logística de transporte del transformador.
5	Distribución de red eléctrica.	Se realiza un tendido desde las líneas de distribución de baja tensión hasta los medidores.	2 semanas al conectar todas las viviendas a la red eléctrica.
Tiempo total			1 año y 4 meses

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 1.22 se verifica que para realizar una extensión de red eléctrica hasta la zona del proyecto se tiene 5 etapas sistemáticas. El tiempo aproximado promedio de una electrificación por la extensión de red asciende a 1 año y 4 meses en campo y diseño. El costo de una extensión de red eléctrica se describe en la tabla 1.23.

Tabla 1.23 Costo de la extensión de red eléctrica

Costo de la extensión de Red		
Monofásico	50000-60000	Dólares/km
Trifásico	10000-12000	Dólares/km
Transformador 5 KVA	2.300,0	Dólares
17 kilómetros de largo	330.000,0	Dólares

Fuente: Empresa Nacional de Electricidad Bolivia ENDE, mayo 2015

El análisis de costos de la extensión de red eléctrica en un tiempo de 20 años; costo durante el ciclo de vida durante este tiempo, y gastos de operación se muestra en la tabla 1.24:

Tabla 1.24 Costos de una extensión de red eléctrica en 20 años

Análisis de Costo para Red Eléctrica	
Inversión inicial [Bs]	2 296 800,00
Gasto de componentes y otros en 20 años [Bs]	30 000,00
TOTAL	2 326 800,00

Fuente: Elaboración propia

Los aspectos positivos y negativos del sistema se describen en la tabla 1.25 donde se observa que se tiene 3 ventajas y 3 desventajas en la implementación de la extensión de red eléctrica.

Tabla 1.25 Ventajas y desventajas de la extensión de red eléctrica

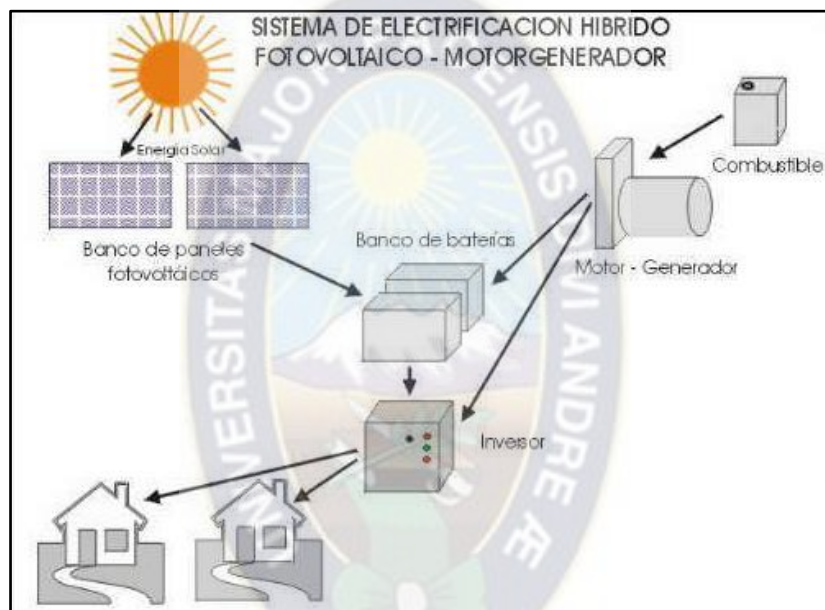
Parámetros	Ventajas	Desventajas
Tiempo de instalación		Alto
Numero de etapas de instalación		Medio
Potencia de instalación	Baja a media	
Costo de implementación		Alto
Disponibilidad de energía	Ilimitada	
Mantenimiento y Operación	Baja	

Fuente: Elaboración propia

1.7.4 Sistema Híbrido Fotovoltaico y Generador Eléctrico

El sistema híbrido Fotovoltaico y Generador eléctrico, como su nombre lo dice, es una mezcla entre las dos formas de electrificar. La generación de electricidad depende de las características y cantidad de paneles fotovoltaicos instalados, pero no dependerá totalmente de la instalación de los paneles solares. Para asegurar la continuidad del servicio eléctrico se usa el generador eléctrico el cual permite reducir el número de paneles y de baterías considerablemente. Los componentes de un sistema híbrido se pueden ver en la figura 1.8.

Figura 1.8 Componentes de un sistema híbrido.



Fuente: DOCPLAYER (2018). Sesión 5 Energía Solar. <https://docplayer.es/16315985-Sesion-5-energia-eolica-gonzalo-guerron.html> (Axaopoulos, 2017)

Tabla 1.26 Elementos de un sistema híbrido.

Nº	Componente	Característica
1	Módulos fotovoltaico	El panel o modulo fotovoltaico es el encargado de transformar la luz solar en electricidad. Existen paneles de silicio con tecnología cristalina (monocristalina, policristalina) y amorfa.
2	Regulador	El regulador o controlador es el equipo que controla el voltaje y la corriente de carga proveniente del panel fotovoltaico hacia la batería, protegiéndola de sobrecargas y descargas profundas.
3	Batería	Se encargan de acumular la energía eléctrica generada por el módulo fotovoltaico para poder disponer de ella en horas nocturnas y días nublados.

4	Inversor / Cargador	El inversor es el equipo que convierte la corriente continua (CC) que proviene de la batería a corriente alterna (CA) para su utilización en la instalación. También recibe corriente del generador y la transforma en corriente continua (CC) para cargar las baterías.
5	Generador Eléctrico	Es el equipo capaz de transformar la energía mecánica proveniente del motor alimentado a gasolina y transformarlo en energía eléctrica.

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1.26 se verifica que el sistema híbrido tiene 5 componentes para su funcionalidad. Los sistemas híbridos para su implementación presentan las etapas y tiempos estimados en la zona del proyecto que se ven en la tabla 1.27.

Tabla 1.27 Etapas y tiempo de implementación para la implementación de un sistema híbrido

N°	Etapas	Característica	Tiempo
1	Análisis y evaluación de la zona.	Calcular el consumo de la zona mediante evaluación y encuestas.	La Visitas y encuestas para definir un sistema de línea base en 1 mes.
2	Propuestas de electrificación.	Se selecciona todos los componentes del sistema.	El tiempo de selección y dimensionamiento de 2 semanas
3	Compra de los sistemas fotovoltaicos.	Se realiza la evaluación de costos y posteriormente la compra.	Desde la cotización hasta la compra de los sistemas fotovoltaicos 3 semanas.
4	Implementación en campo	Con un sistema de implementación se procede a montar los sistemas fotovoltaicos.	Desde la entrega de los componentes 1 mes y 1 semana
5	Capacitación y transferencia tecnológica	Se entregan las obras a la comunidad en condiciones que ellos se puedan hacer cargo.	Capacitación en campo a las familias de la comunidad 2 semanas.
Tiempo total			4 meses

Fuente: Elaboración Propia

De la tabla 1.27 se verifica que para implementar un sistema híbrido se necesita 5 etapas sistemáticas para tener electrificación en el lugar. El tiempo aproximado promedio de una electrificación con sistemas híbridos asciende a los 4 meses.

El costo del sistema fotovoltaico depende del dimensionamiento y selección de cada componente; del análisis de inversión en tiempo de vida y gastos en el tiempo de operación. Para la selección y dimensionamiento se toma en cuenta la energía de 4,50 kWh/día equivalente. Los componentes seleccionados son los mismos que en el caso de sistema fotovoltaico puro, y a generador eléctrico. La tabla 1.28 muestra el costo de la inversión de un sistema híbrido:

Tabla 1.28 Costo de Inversión de un sistema híbrido.

Cantidad	Unidad	Descripción	Precio U.	Total
10	pieza	Panel solar de 150 Wp	1500,00	15.000,00
6	pieza	Batería de 160 Ah	1900,00	11.400,00
1	pieza	Regulador de 24V/60A	2650,00	2.650,00
1	pieza	Estructura metálica para 10 paneles	2000,00	2.000,00
1	pieza	Inversor /Cargador 24V/1600VA	12.500,00	12.500,00
1	pieza	Generador Eléctrico	7.200,00	7.200,00
			Total	50.750,00

Fuente: Elaboración Propia

La inversión para la electrificación del centro de acopio de carne de pescados asciende 50.750,00Bs. El análisis de costos para la inversión y la reposición de equipos del sistema fotovoltaico puro se ven en la tabla 1.29 y para una prospección de 20 años.

Tabla 1.29 Costos de inversión y reposición de los equipos de un sistema híbrido.

Descripción	Total	Tiempo de Vida [años]	Costo Anual
Panel solar de 150 Wp	15 000,00	20,00	750,00
Batería de 160 Ah	11 400,00	5,00	2 280,00
Regulador de 24V/60A	2 650,00	7,00	378,57
Estructura metálica para 10 paneles	2 000,00	20,00	100,00
Inversor /Cargador 24V/1600VA	12 500,00	10,00	1 250,00
Generador Eléctrico	7 200,00	5,00	1 440,00
Total	50 750,00		6 198,57

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 1.30 Análisis de costos para una proyección de 20 años de un sistema fotovoltaico puro.

Costo de inversión y Reposición de Equipos	
Inversión inicial [Bs]	50 750,00
Gasto de componentes y otros en 20 años [Bs]	123 971,43
Gastos de en Combustible [Bs]	43 200,00
TOTAL	217 921,43

Fuente: Elaboración Propia

Los aspectos positivos y negativos de los sistemas fotovoltaicos se describen en la tabla 1.31 donde se puede observar que se tiene 5 ventajas y 1 desventajas el sistema fotovoltaico.

Tabla 1.31 Ventajas y desventajas del sistema fotovoltaico

Parámetros	Ventajas	Desventajas
Tiempo de instalación	Rápida	Media
Numero de etapas de instalación	Bajo	
Potencia de instalación	Bajo	
Costo de implementación	Alta	
Disponibilidad de energía	Medio	
Mantenimiento y Operación		

Fuente: Elaboración Propia

1.8 Selección de Alternativa

El análisis comparativo de las soluciones tecnológicas seleccionadas se muestra en la tabla 1.32.

Tabla 1.32 Comparación de alternativas

FACTORES		SISTEMA FOTOVOLTAICO	GENERADO A COMBUSTIÓN	RED ELÉCTRICA	SISTEMA HÍBRIDO
Elementos del sistema		4	5	5	5
Tiempo y etapas		5 etapas en 4 meses	5 etapas en 4 meses	5 etapas en 1 año y 5 meses	5 etapas en 4 meses y 2 semanas
Costo del sistema Proyectado a 20 años	Inversión inicial [Bs]	92 100,00	37 206,00	2 296 800,00	50 750,00
	Costo en vida útil [Bs]	244 614,29	86 540,00	30 000,00	123 971,43
	Costo de Combustible [Bs]	0,00	544 320,00	0,00	43 200,00
	TOTAL	336 714,29	668 066,00	2 326 800,00	217 921,43
Ventajas del sistema		4	2	3	5
Desventajas del sistema		2	4	3	1

Fuente: Elaboración Propia

Considerando estos aspectos, el sistema que mejor se adecua al propósito de energizar el centro de acopio de carne de pescado es un sistema híbrido fotovoltaico apoyado con generador a combustible. Además de cumplir con unas exigencias y requerimientos mínimos, este sistema optimiza la relación costo-beneficio para cumplir el objetivo general del proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Energía Solar

La energía solar es la fuente más grande de energía renovable. Incluso las demás fuentes de energías renovables que conocemos dependen de la energía suministrada por el sol; ya sea la energía eólica, energía mareomotriz, energía geotérmica, hidroeléctrica, incluso la descomposición de los fósiles en petróleo no podría ocurrir sin el calor proveniente del sol. El Aprovechamiento de la energía emitida por el sol se hace a través de la radiación electromagnética procedente del sol.

2.1.1 Radiación Solar

El porcentaje de radiación recibido en el límite exterior de la superficie terrestre, conocida también como radiación extraterrestre se asemeja a la de un cuerpo negro de diámetro $1,39 \times 10^6$ m, mismo diámetro del sol, a una temperatura de 5760K. En la tabla 2.1 se muestra la radiación en los distintos espectros de la luz, infrarroja, visible y ultravioleta emitidos por un cuerpo negro de las mismas dimensiones y temperatura que el sol, y la emitida directamente por el sol.

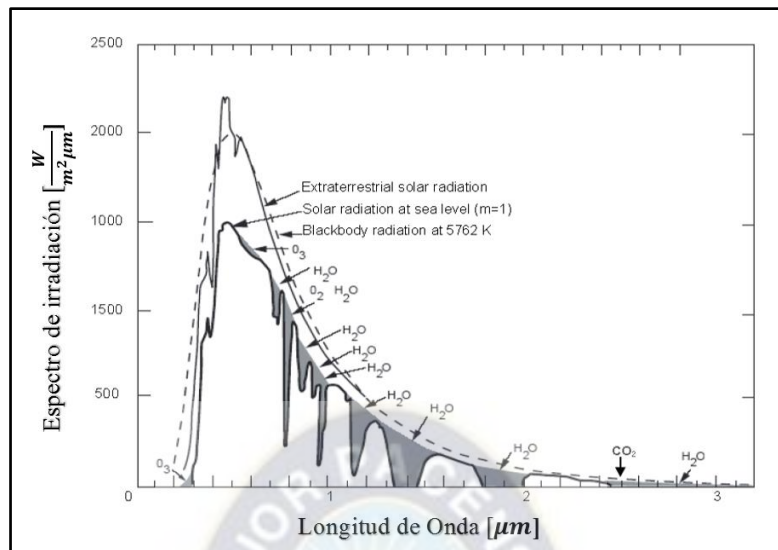
Tabla 2.1 Radiación emitida por un cuerpo negro, y por el sol.

Región Espectral	Radiación Extraterrestre [%]	Radiación Cuerpo Negro [%]
Ultravioleta $\gamma < 0.38\mu\text{m}$	7	9.9
Visible $0.38 < \gamma < 0.78\mu\text{m}$	47.3	46.4
Visible $0.78 < \gamma < 0.78\mu\text{m}$	45.1	43.6

Fuente: Petros Axaopoulos. (enero 2017). El Sol y su Radiación. Atenas: TEI de Atenas Grecia.

En la tabla 2.1 se puede ver que si asumimos la radiación de un cuerpo negro de igual diámetro que el sol se comete un error de 1.9% para el espectro de la luz visible, que es el espectro relevante para producir energía solar. Para un cuerpo negro de esas características la potencia generada por el mismo, según la ecuación para la radiación de Stefan-Boltzmann, produciría en la superficie extraterrestre una potencia de 1.7×10^{14} kW. Con esa potencia se podría generar la energía durante una hora como para alimentar a todo el mundo de energía eléctrica por un año entero.

Figura 2.1 La distribución espectral de la radiación extraterrestre y a nivel del mar, en comparación con la radiación de cuerpo negro.



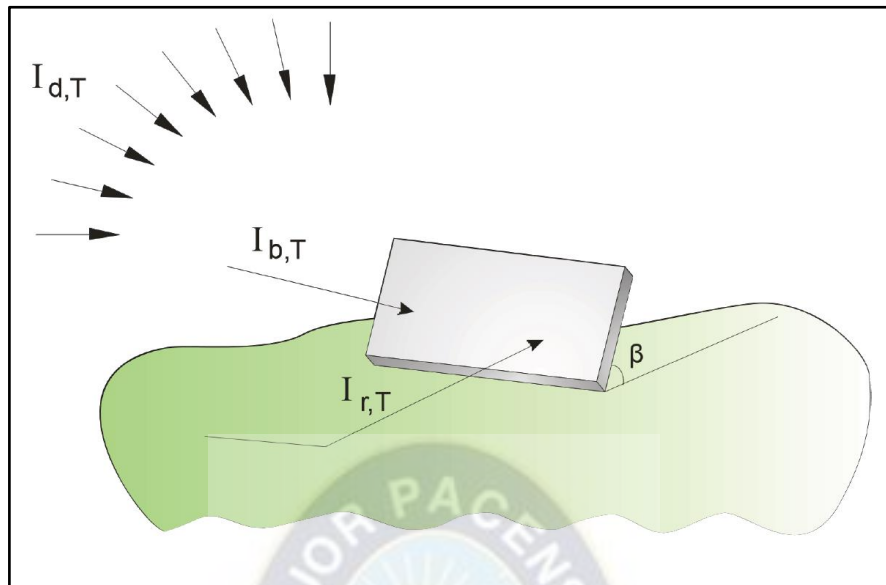
Fuente: Petros Axaopoulos. (enero 2017). *El Sol y su Radiación*. Atenas: TEI de Atenas Grecia.

En la figura 2.1 se puede ver el espectro de radiación de un cuerpo negro, la radiación solar extraterrestre y la radiación que llega a la superficie terrestre a nivel del mar la cual disminuye bastante debido a la influencia de la atmósfera. Efectos tales como la absorción por constituyentes atmosféricos, tales como el CO_2 y el H_2O que absorben la radiación comprendida en un espectro pequeño entre dos longitudes de onda.

El grado de absorción y dispersión de la radiación está ligada intrínsecamente a la distancia de esta con la superficie terrestre y la longitud o cantidad de aire que esta radiación recorra para alcanzar algún punto en la superficie terrestre. Para cuantificar este efecto se creó una cantidad adimensional “m” llamada masa de aire que se define como el cociente de la masa de la atmósfera en la ruta del sol a la tierra. Entonces $m=1$ cuando el sol se encuentra justo arriba del punto de la tierra, y $m=0$ en la superficie extraterrestre porque ahí no hay masa de aire que absorba o disperse la radiación.

La radiación que es captada a nivel superficial en la tierra consta de tres componentes: la radiación directa que es la radiación que llega directamente del sol hasta el punto de interés sin ser reflejada o desviada en el camino, la radiación difusa que es derivada de la proveniente de la bóveda del cielo y la radiación reflejada.

Figura 2.2 Radiación solar directa, difusa y reflejada sobre una superficie inclinada

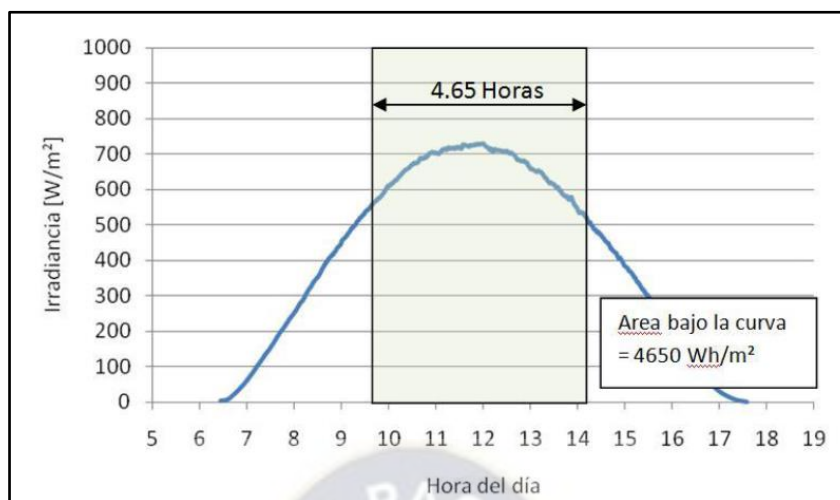


Fuente: Petros Axaopoulos. (enero 2017). *El Sol y su Radiación*. Atenas: TEI de Atenas Grecia.

En el caso de la radiación directa sobre un plano inclinado se ve que esta depende de la inclinación de la superficie. No ocurre lo mismo con la radiación difusa, esta viene de la bóveda celeste. Para el cálculo de la radiación global sobre una superficie inclinada es necesario un factor de conversión para cada una de las componentes.

Hay que notar que la irradiancia es la potencia que incide en la superficie terrestre a lo largo del día y que esta depende de la ubicación, temporada y hasta del clima de la zona en estudio. Por otro lado, la radiación es la energía que esta irradiancia produce a lo largo del día.

Figura 2.3 Representación de la Radiación y las Horas solares Pico



Fuente: UNAM. (2015). *ENERGÍA SOLAR DISPONIBLE*. Distrito Federal: Universidad Nacional Autónoma de México.

$$G = \int g dt \left[\frac{\text{kWh}}{\text{día}} \right] \quad (2.1)$$

- G : Es la energía proveniente de la radiación que incide en un punto a lo largo de un día [kWh]
- g : Es la potencia proveniente de la irradiación que el sol emite sobre la superficie terrestre a lo largo de un día. [W]

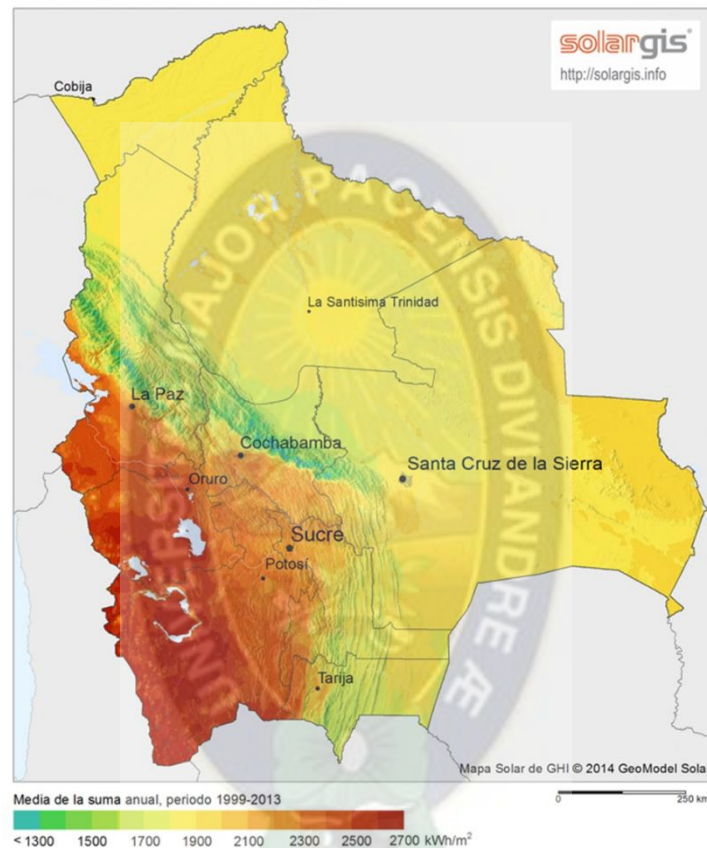
Se puede ver en la ecuación 2.1 que la radiación es el área bajo la curva de la irradiación. Para simplificar los cálculos de dimensionamiento de equipos introduciremos un concepto llamado HSP (Horas Solares Pico). Las horas solares pico son un equivalente a la radiación. Una hora solar pico es la energía recibida durante una hora a una irradiación promedio de 1kW/m^2 . Es decir:

$$HSP = \frac{G}{1 \text{ kW/m}^2} \quad (2.2)$$

HSP : Es la radiación equivalente en Horas Solares Pico, se mide en horas [h].

Como se puede ver en la ecuación 2.2 las horas solares pico es la equivalencia de la radiación, tomando como constante la irradiancia a lo largo del día. Pero, ¿Por qué 1kW/m^2 ? Porque corresponde a los parámetros estándares bajo los cuales, según la norma internacional IEC, los paneles solares son construidos. Por ejemplo, un panel de 100Wp entregara 100W de potencia si la irradiancia que incide en él es de 1kW/m^2 .

Figura 2.4 Radiación Global Promedio sobre la Horizontal en el territorio Boliviano.



Fuente: Fundación Solón (junio 2017). Situación de la Energía solar en Bolivia.
<https://fundacionsolon.org/2017/06/26/situacion-de-la-energia-solar-en-bolivia/>

2.1.2 Generación eléctrica a partir de sistemas fotovoltaicos

La generación de energía eléctrica en sistemas solares se da gracias al efecto fotovoltaico que tiene lugar en las celdas solares. En estas celdas solares la energía de una partícula lumínica, llamada fotón (Solón, 2017), se transforma en energía electromotriz. Cuando un fotón incide sobre una célula fotoeléctrica, gracias a su energía, empieza el desprendimiento de electrones que empiezan a circular por el material semiconductor.

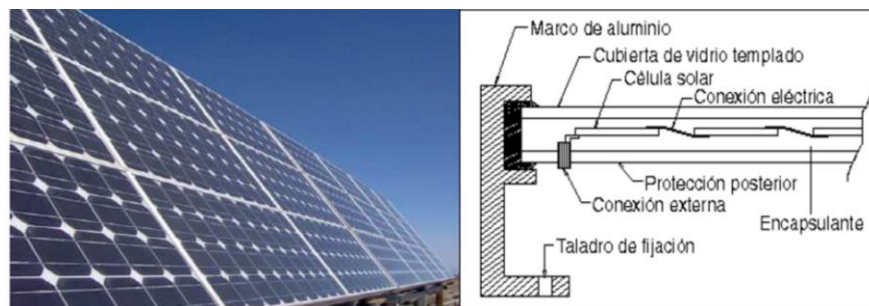
Los materiales principales de una celda solar son los semiconductores. Al igual que un diodo, las celdas solares están hechas básicamente de una capa de material semiconductor tipo N y otra capa de semiconductor tipo P. Los materiales semiconductores presentan características intermedias entre conductores y aislantes, es decir que necesitan energía para que exista un flujo de electrones, pero no tanta energía como en un material aislante.

Todos los materiales semiconductores son capaces de generar el efecto fotovoltaico, pero los más adecuados son los que generan más voltaje y corriente para el espectro de luz visible. El silicio es el semiconductor más utilizado para la conversión fotovoltaica. Mediante un proceso llamado difusión se introduce una cierta cantidad de elementos que aumentan su conductividad y crean simultáneamente una región tipo P y otra región tipo N. Al sobreponer una zona de material semiconductor tipo P sobre un tipo N se crean una zona denominada juntura. Cuando la luz solar que incide sobre la zona adyacente a la juntura tiene el nivel de energía requerido por el material, las cargas eléctricas creadas por la luz serán separadas por la barrera de cargas positivas y la barrera de cargas negativas en el otro lado, creando así una diferencia de potencial entre ambas. Esta diferencia de potencial, o voltaje, es capaz de conducir corriente a un circuito externo. Es decir, ahora se puede aprovechar de esta energía transformándola en trabajo útil para ser aprovechado.

2.1.3 Generadores Fotovoltaicos

Los generadores fotovoltaicos están conformados por un grupo de paneles solares. Estos paneles a su vez están conformados por un grupo de celdas solares interconectadas entre si y protegidas de la intemperie. En la Figura 2.3 se pueden ver los principales componentes de un panel solar fotovoltaico.

Figura 2.5 Componentes Principales de un panel solar



Fuente: (Prado Mora, 2008) Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico

- Cubierta de vidrio templado, protege al sistema de situaciones climatológicas adversas, debe soportar cambios bruscos de temperatura.
- Encapsulante, protege a las celdas dentro del panel y deja pasar la radiación solar, debe tener un alto índice de transmisión de radiación.
- Protección posterior, construida de varias capas opacas que reflejan la luz que ha pasado entre las células, haciéndolas reincidir otra vez sobre las células fotovoltaicas.
- Estructura metálica: Se construye de un material que asegure su rigidez. Sostiene y soporta el sistema.

El valor buscado de corriente y voltaje se obtiene conectando varios paneles en serie y en paralelo. Los voltajes nominales son en general 12 o 24 voltios de corriente continua. El método de fabricación de las celdas solares determina en gran parte su eficiencia. Debido a que un panel de tipo monocristalino tiene una estructura más próxima a un cristal, es decir con casi ninguna imperfección estos presentan una eficiencia de entre 16-25%. En cuanto a un panel tipo policristalino que presenta mayores impurezas en su estructura presentara un menor rendimiento 14-20%. Las menos eficientes son las de tipo amorfo, como su nombre indica son estructuras muy alejadas a las cristalinas cuya eficiencia esta entre los valores de 8-13%.

La norma boliviana NB1056 indica que la siguiente información debe estar señalada en forma indeleble en el módulo:

- Potencia nominal del módulo en condiciones estándar [Wp]
- Tensión para el punto de máxima potencia (condiciones estándar) [V]
- Corriente para el punto de máxima potencia (condiciones estándar) [A]
- Tensión Nominal [V]
- Tensión en circuito abierto en condiciones estándar V_{oc} [V]
- Corriente de corto circuito en condiciones estándar I_{sc} [A]

Los paneles vienen con distintos números de celdas, por lo general 30 o 36 celdas. Cada celda en condiciones estándares entrega 0,7V en circuito abierto

$$V_{Oc} = N \times 0,7 \quad (2.3)$$

V_{Oc} : Es el voltaje en circuito abierto de un panel fotovoltaico. [V]

N : Es el número de celdas que tiene el panel.

Por otro lado, cuando se vaya a conectar un conjunto de paneles estos deben contar con diodos shockley de baja caída de tensión, según norma boliviana. Estos deberán estar instalados entre las conexiones en paralelo para evitar corrientes de retorno. Y así evitar los daños ocasionados por el efecto de punto caliente.

Un generador fotovoltaico se compone de uno o más módulos fotovoltaicos conectados en serie o en paralelo para conformar una unidad de corriente continua. La norma internacional que certifica a estos paneles es la IEC-61215. Por lo general el voltaje de un generador fotovoltaico es de 12 o 24V de corriente continua. Para aumentar la generación se pueden aumentar varios módulos fotovoltaicos en paralelo sin ninguna restricción, solo hay que tener en cuenta el calibre de los cables y la capacidad del regulador para manejar la nueva corriente máxima.

El dimensionamiento de un generador fotovoltaico se debe hacer teniendo en cuenta el mes de menor irradiación solar en el lugar de la instalación. Es decir, se debe hacer los cálculos con el peor supuesto, de manera que incluso en ese mes se asegure la continuidad del sistema. Para esto es necesario conocer todas las cargas que serán conectadas al sistema fotovoltaico como ser iluminación, tomacorrientes etc.

En caso de una carga resistiva pura, conociendo la potencia nominal de cada aparato (P) y las horas diarias de funcionamiento (t). Entonces el consumo diario (Cd) en kWh/día para cada carga se mide con la ecuación 2.4.

$$C_d = \frac{P \cdot t}{1000} \left[\frac{kWh}{dia} \right] \quad (2.4)$$

C_d : Es la demanda de energía realizada por un equipo en específico durante un día [kW/h]

P : Es la potencia del equipo en [W]

t : Es el tiempo que se estima que un equipo funcione a lo largo de un día entero [horas]

La suma de las diversas cargas diarias calculadas con la ecuación 2.4 muestran la energía teórica (E_T) en kWh. Sabemos que todo proceso de transformación de energía conlleva un cierto rendimiento (R) de modo que hay que dimensionar el sistema fotovoltaico para que, pese a este rendimiento, logremos la capacidad requerida. La energía total real (E_R) del sistema será:

$$E_R = \frac{E_T}{R} \left[\frac{kWh}{día} \right] \quad (2.5)$$

E_R : Es la demanda de energía que deberá generar el grupo generador fotovoltaico [kWh]

R : Es el rendimiento de la instalación en general en tanto por uno

Para que se entienda a grandes rasgos que contempla el rendimiento general de la instalación se verá la ecuación 2.6. El rendimiento global de la instalación fotovoltaica está definido como:

$$R = (1 - k_b - k_c - k_v) \times \left(1 - \frac{k_a \cdot N}{P_d} \right) \quad (2.6)$$

k_b : *Coficiente de pérdidas asociadas al rendimiento del acumulador. Este valor oscila entre 0,05 y 0,1, será igual a 0,05 para sistemas en que no se producen descargas intensas, y un valor de 0,1 en sistemas con descargas profundas.*

k_c : *Coficiente de pérdidas asociadas al inversor. Tomará un valor entre 0,005 y 0,1. El valor mínimo se tomara cuando el inversor trabaje en condiciones óptimas, ira subiendo a medida que las condiciones se alejen de las óptimas hasta llegar al valor de 0,1.*

k_p : Coeficiente de pérdidas asociadas a condiciones de transmisión, efecto joule, etc.
Este valor estará entre 0,05 y 0,15.

k_a Coeficiente de auto descarga diaria de las baterías. Se asocia al material del que están hechas las baterías.

$k_a=0,002$ baterías de baja descarga (Ni-Cd)

$k_a=0,005$ para baterías estacionarias de plomo ácido (las más usuales)

$k_a= 0,012$ para baterías de alta autodescarga (SLI)

N : Son los días de autonomía de la instalación. Como referencia se toma entre 4 y 10 días.

P_d Profundidad de descarga diaria de la batería. No debe exceder al 80% de la capacidad nominal del acumulador.

Entonces la cantidad de energía generada por un panel a lo largo de todo un día es equivalente a la energía producida en las horas pico solar si el panel opera a su potencia nominal (W_p), es decir bajo una irradiancia de $1kW/m^2$ como indican las condiciones estándar. Entonces la energía generada por un número n de paneles eléctricos viene dada por la ecuación 2.7.

$$E_{Panel} = n \times P_p \times HSP \quad (2.7)$$

n : Es el número de paneles

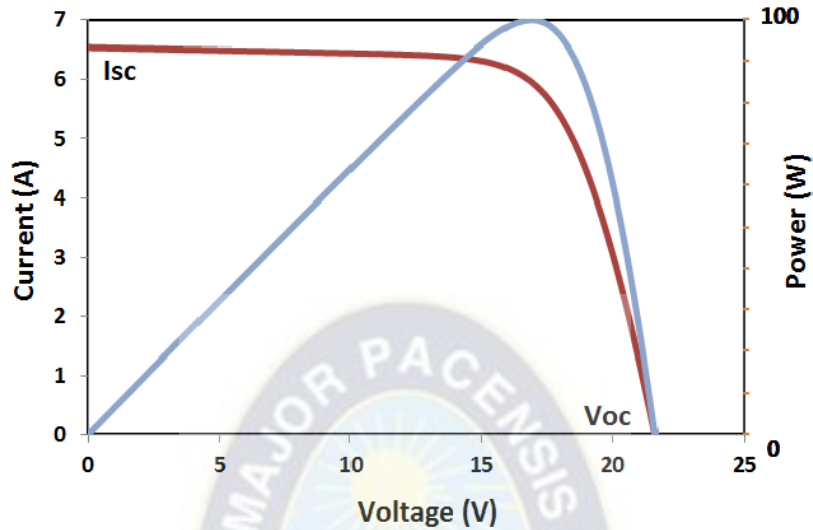
P_p : Es la potencia pico del panel medida en [W]

Todo proyecto que tenga paneles fotovoltaicos tendrá que tener la documentación que los fabricantes proveen de estos. Datos como ser; la curva característica I—V en condiciones estándar o en condiciones Noct (Condiciones normales de operación). También será útil la curva de rendimiento por temperatura de operación, aunque en la norma NB1056 no se especifica.

Cabe resaltar que el rendimiento de los paneles se ve fuertemente afectado por la temperatura de operación. La temperatura de operación es mayor a la temperatura ambiente debido al flujo de corriente que hay en el panel fotovoltaico. Lejos de lo que

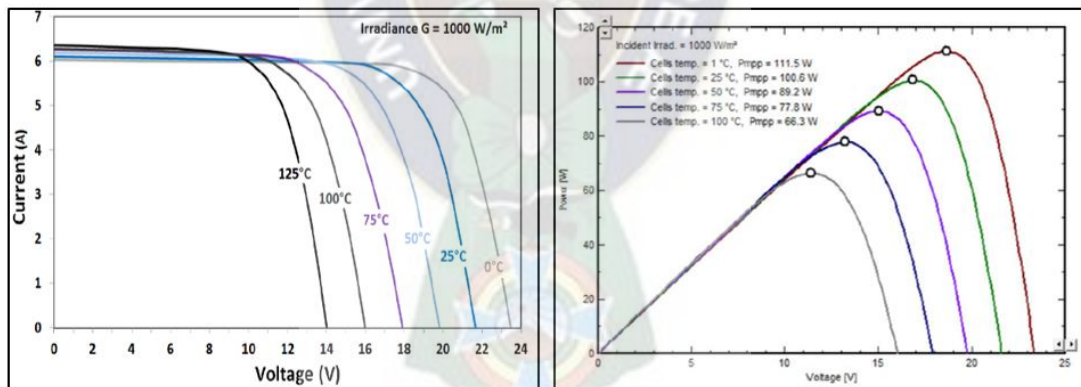
normalmente se piensa, la temperatura de un día soleado afecta a la generación eléctrica de un panel fotovoltaico.

Figura 2.6 Curva característica I-V de un panel solar de 100Wp.



Fuente: Victron Energy. (2014). Which solar charge controller: PWM or MPPT? Estados Unidos.

Figura 2.7 Curvas de rendimiento por temperatura de operación de un panel solar de 100Wp tipo.



Fuente: Victron Energy. (2014). Which solar charge controller: PWM or MPPT? Estados Unidos.

2.1.3.1 Orientación de los módulos fotovoltaicos

La ubicación de los módulos fotovoltaicos es muy importante. Deben ser colocados en lugares accesibles para su mantenimiento, además de evitar que estén cubiertos por alguna sombra. Así mismo la eficiencia del panel dependerá también de la dirección en la que se apunte el mismo, y la inclinación que se le dé.

La inclinación de los módulos se define a partir de dos ángulos principales:

- Ángulo Azimutal de la superficie (δ): es el ángulo de la proyección normal de la superficie terrestre en el punto horizontal y la dirección norte-sur (para localizaciones en el hemisferio sur, como Bolivia)
- Inclinación (β): Ángulo entre el plano de la superficie a considerar y la horizontal.

Siempre debe buscarse que la orientación sea lo más cercana a la orientación que maximiza la captación anual. La máxima captación se da cuando la estructura está dirigida hacia el Sur en caso de una región del hemisferio Norte, y hacia el Norte en el caso de ubicaciones en el hemisferio Sur ($\delta=0^\circ$) siempre y cuando se consideren las irradiaciones solares de la mañana y de la tarde iguales.

En caso de que la mayor irradiación de energía solar se dé por la mañana el panel deberá orientarse al Este ($\delta \approx -75^\circ$). La máxima captación solar anual se obtiene inclinando los paneles un ángulo igual a la latitud de la región en que se instalan los paneles, teniendo en cuenta un ángulo mínimo de 10° para el escurrimiento de agua ($\beta = \text{latitud} > 10^\circ$).

La norma boliviana indica lo mostrado en la tabla 2.2. en cuanto a orientación e inclinación.

Tabla 2.2 Inclinación y orientación de los paneles solares según la Norma Bolivia NB 1056

Ubicación de los Paneles Solares NB1056	
Ángulo Acimutal (δ°)	$-15^\circ < \delta < +15^\circ$
Inclinación (β°)	$\text{Latitud} < \beta < \text{Latitud} + 10^\circ$

Fuente: Elaboración Propia, en base a datos de la NB1056

Todo esto valido para cualquier localidad dentro de Bolivia (es decir entre 10° y 23° de latitud Sur). También se permite una tolerancia de $\pm 10^\circ$ en la inclinación del módulo, siempre y cuando este sea justificado por la utilización del sistema en alguna estación en particular. También se permite una inclinación de 30° con la horizontal en todo el terreno nacional.

2.2 Sistema de Baterías

El sistema de almacenamiento de energía de un sistema fotovoltaico está conformado por varias baterías que almacenan la energía generada en las horas de más irradiación solar para luego usarlas en los momentos donde la insolación sea inexistente.

Los principales parámetros que dimensionamiento de una batería son; el máximo valor de corriente que puede entregar de manera continua durante un número específico de horas de descarga, la capacidad de almacenamiento de energía, la profundidad de descarga máxima y la vida útil.

Para poder comparar distintos tipos de baterías se ha estandarizado una prueba para medir la corriente de descarga máxima. La corriente máxima corresponde al valor de corriente que permite una descarga continua de 20 horas, al cabo de la cual la energía remante sea del 20% de la potencia máxima inicial. La capacidad de una batería se mide en Ampere-horas (Ah) y a partir de este valor puede determinarse la corriente máxima para un determinado régimen de descarga.

Para no afectar la vida útil de la batería es necesario evitar las descargas excesivas de las baterías, es decir se debe limitar la máxima profundidad de descarga (Pd_{max}) a un valor entre 30% y el 60% de la capacidad nominal. Si la capacidad de la batería disminuye más que este valor entonces deberá cortarse el suministro de energía al inversor y a las cargas. Entonces tenemos que la capacidad útil será menor que la capacidad nominal de la batería.

$$C_u = C_b \cdot Pd_{max} \quad (2.8)$$

C_u : Es la capacidad de energía aprovechable de una batería [Ah]

C_b : Es la capacidad de energía de una batería si esta fuese descargada en un 100% [Ah]

Pd_{max} : Es la profundidad de descarga a la cual se dimensiona la batería, este valor viene recomendado por los fabricantes.

Para dimensionar la capacidad de las baterías es necesario entender que la energía producida durante el peor mes será mayor que la demanda. Para esto la capacidad útil de las baterías debe ser capaz de brindar los días de autonomía que se vean prudentes.

En la tabla 2.3 se muestran los valores recomendados para la profundidad de descarga máxima (Pdmax) en el caso las baterías Tubulares y de SLI.

Tabla 2.3 Valores recomendados de descarga máxima.

Tipo de Batería	Pd _{max} (%)	
	Máximo	Recomendado
Tubular	80	70
SLI:		
Clásica	50	30
Modificada	60	40
Bajo mantenimiento	30	20

Fuente: Elaboración Propia

En la ecuación 2.9 se puede ver la cantidad de Amperios Hora necesarios de una batería para alimentar una cierta demanda de energía.

$$C = \frac{E}{V_{Bat} \cdot Pd} \quad (2.9)$$

C: Es la capacidad de energía en Amperios Hora que debe tener una batería para poder alimentar a la carga E [Ah]

E: Es la cantidad de energía que se podría alimentar con dicha batería [Wh]

Pd: Es la profundidad de descarga a la cual se dimensiona la batería.

Extrapolando la ecuación 2.9. se obtienen la cantidad de baterías necesarias para una instalación, los días de autonomía de una instalación o incluso la vida útil del grupo de baterías basados en la profundidad de descarga.

2.3 Regulador de carga

Los reguladores de carga tienen la función de prevenir descargas y sobrecargas en el banco de baterías, además de brindar información sobre el estado de carga. No representa un precio muy significativo para el costo de instalación inicial del sistema fotovoltaico, pero alargara la vida útil significativamente del banco de baterías que son el componente más costoso de la instalación. La vida útil de las baterías dependerá directamente del regulador, y es por eso que los reguladores deben ser escogidos adecuadamente.

Para evitar las descargas profundas que acortarían la vida útil del banco de baterías el regulador debe descargar la carga en un cierto punto llamado “Voltaje de Desconexión de Carga”. Para volver a conectar la carga, el estado de la batería debe alcanzar un nivel llamado “Voltaje de reconexión de carga”. Es de mucha importancia la buena elección de estos voltajes por que se tiene el compromiso de proporcionar un suministro de energía continua, pero al mismo tiempo se tiene que cuidar a las baterías.

Figura 2.8 Comportamiento de carga con regulador.



Fuente: (Prado Mora, 2008) *Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada*

También es necesario proteger las baterías de una sobrecarga, para lo que la carga de las baterías debe limitarse a un valor llamado “Voltaje de Fin de Carga”. Volviendo a la alimentación de las baterías cuando el estado de las baterías haya alcanzado al punto “Reposición de carga”.

Existen básicamente dos tecnologías de reguladores, los reguladores PWM y los MPPT. Ambos son usados para cargar baterías con energía solar. Los controladores PWM son en esencia unos interruptores que conectan un arreglo solar a las baterías. El resultado es que el voltaje del arreglo se disminuye hasta llegar a uno cercano al de la batería, desperdiciando el resto de voltaje de entrada. Por otro lado, el regulador MPPT es más sofisticado ya que ajusta el voltaje de entrada para obtener la máxima energía del arreglo solar y luego transforma toda esta energía para alimentar la batería.

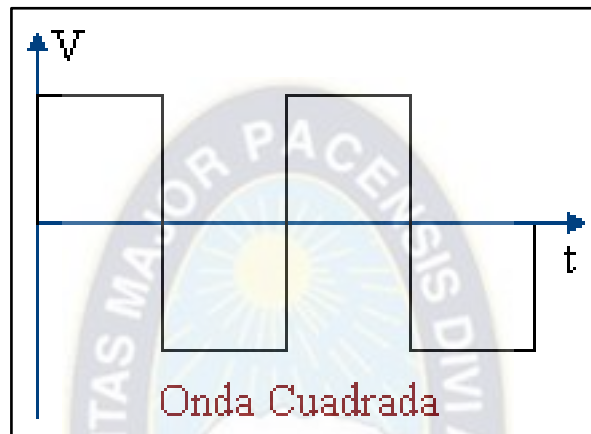
Con el fin de proteger el sistema de baterías y aprovechar al máximo la potencia generada por los paneles solares se utiliza un regulador de potencia MPPT (Maximum Power Point Tracking, o seguidor del punto de máxima potencia) cuyas características técnicas permiten aumentar la corriente a la salida hacia las baterías al mismo tiempo que controla el voltaje correcto de funcionamiento. Los reguladores MPPT tienen una bobina de almacenamiento de energía y un transformador CC-CC los cuales son usados para dosificar la energía de manera eficiente de manera que cuando el voltaje de entrada sea más elevado al necesario el regulador transformara este exceso de potencia en electricidad de voltaje ideal y mayor corriente, aprovechando de esta manera toda la potencia entrante, cosa que no sucede con los reguladores PWM. Hay que tener en cuenta que estos reguladores trabajan con paneles solares de 36 celdas a 12V y 72 celdas a 24V, ya que si pusiéramos paneles de menos celdas el voltaje de salida no sería el suficiente para empezar a cargar las baterías causando un número de descargas excesivas y probando un estrés que provocarían la disminución de manera muy considerable en la vida útil de las baterías. Teniendo en cuenta que las baterías son los elementos más costosos de la instalación fotovoltaica se ve prudente la inversión de un regulador MPPT.

2.4 Dimensionamiento del Inversor

El inversor cumple la función de adaptar las características de la energía almacenada en el banco de baterías para que pueda alimentar distintos tipos de carga dentro de la instalación eléctrica. Transforma la corriente continua del banco de baterías a corriente alterna bajo los requerimientos de voltaje eficaz y frecuencia a usar.

Al principio los inversores generaban ondas de forma cuadrada como se puede apreciar en la figura 2.9. Estas ondas contienen un elevado número de armónicos lo cual afecta la vida útil de los equipos utilizados y de la instalación eléctrica misma. Con el tiempo, y gracias a la modulación por ancho de pulso PWM, esta salida de voltaje fue mejorando bastante hasta el día de hoy que contamos con salidas de voltaje de forma casi sinusoidal pura con rendimientos de hasta 97%.

Figura 2.9 Onda periódica de forma cuadrada.



Fuente: http://www.viasatelital.com/proyectos_electronicos/voltaje_ac.htm

Las principales características a considerar en el dimensionamiento de inversores son; la tensión de entrada, máxima potencia durante cortos periodos, margen de sobrecarga, potencia de salida nominal, tensión de salida nominal y la frecuencia de trabajo. Por lo general en los datos técnicos de un inversor brindan dos valores de potencia, la potencia nominal a la cual pueden funcionar de manera continua y una potencia máxima que el aparato puede soportar durante un periodo corto de tiempo. Estas potencias pueden tomarse en caso de que la temperatura ambiente no sobrepase la temperatura de operación del inversor. La eficiencia de un inversor llega a su máximo valor cuando la carga se encuentra cerca al valor nominal del equipo.

2.5 Conductores

Dada a la naturaleza de los sistemas fotovoltaicos vemos que los voltajes son relativamente pequeños por lo que, para alimentar las potencias deseadas se utiliza una alta corriente. Los niveles de alta corriente por los conductores generan una caída de tensión indeseable debido a que el material ya sea cobre o aluminio del que están

hechos los cables presentan resistividad, mínima sí, pero bastante influyente en sistemas fotovoltaicos. Si el calibre de los conductores es muy pequeño generara una caída de tensión elevada lo que conllevaría a malos funcionamientos en el sistema fotovoltaicos. Es de mucha importancia el correcto dimensionamiento de los conductores.

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \quad (2.10)$$

R: Es la resistencia de un conductor en función de su resistividad [Ω]

ρ : Es la resistividad intrínseca de cada material [$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$]

l: Longitud del conductor [m]

S: La sección transversal del conductor [mm^2]

Tabla 2.4 Resistividad de algunos materiales

Material	Resistividad [$\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$]
Plata (Ag)	$1,59 \times 10^{-8}$
Cobre (Cu)	$1,71 \times 10^{-8}$
Oro (Au)	$2,35 \times 10^{-8}$
Aluminio (Al)	$2,82 \times 10^{-8}$

Fuente: Elaboración Propia.

La Norma Boliviana NB 1056 estipula que en sistemas fotovoltaicos menores a 5kWp:

- Se debe utilizar dos tipos de colores en el cableado de sistemas fotovoltaicos. De preferencia rojo (+) y negro (-).
- Los cables de acometida, entre los paneles solares y las edificaciones deben quedar bien cubiertos contra posibles daños físicos, por ejemplo: radiación ultravioleta, agua, viento, etc.)
- Las secciones de los conductores deben garantizar que las caídas de tensión en ellos sean inferiores a:

Tabla 2.5 Caídas de tensión permitidas en un sistema fotovoltaico (NB 1056)

Tramo	Caída Máxima de Tensión
Entre el Generador Fotovoltaico y el Regulador de Carga	3%
Entre las Baterías y el Regulador de Carga	2%
Entre el Regulador de Carga y las Cargas	5%

Fuente: Elaboración Propia

- La instalación de conductores en circuitos de corriente alterna debe cumplir los requisitos establecidos en la norma NB 777.

2.6 Protecciones

Las protecciones cumplen principalmente la función de proteger a las personas, y también a la instalación eléctrica. Dentro del sistema fotovoltaico los elementos con más alta corriente de cortocircuito son las baterías. Para prevenir cualquier riesgo se debe proteger contra sobrecargas y cortocircuitos las baterías y el regulador de carga, tanto en la línea del generador fotovoltaico como en la línea de carga. Los elementos de protección pueden realizarse utilizando diodos, disyuntores y otros.

Las recomendaciones dadas por la Norma Boliviana NB1056 son las siguientes:

- Los fusibles utilizados en las instalaciones fotovoltaicas en corriente continua deben estar dimensionados según las recomendaciones del fabricante de cada componente del sistema.
- Debe existir un fusible de protección en el circuito regulador-batería, con el objetivo de evitar corrientes de cortocircuito en el circuito de batería.
- Debe existir un fusible por cada circuito regulador-carga y un disyuntor general entre el regulador y las cargas.

Por otro lado, y de forma resumida, la norma NB777 para instalaciones eléctricas indica que, salvo en situaciones particulares, que los conductores deben estar protegidos con dispositivos de corte contra sobre corrientes, antes que el conductor presente un excesivo calentamiento que pueda dañar el aislamiento reduciendo su tiempo de vida. Y se estipula la relación 2.11.

$$I_C \leq I_n \leq I_z \quad (2.11)$$

I_C : Es la corriente del proyecto o de la carga.

I_n : Es la corriente nominal del interruptor automático.

I_z : *Es la máxima corriente admisible permanente del conductor eléctrico*

2.7 Generador

Los generadores y los motores son máquinas que transforman la energía mecánica en energía eléctrica, y viceversa. Ambas se pueden clasificar en síncronas o asíncronas. Las máquinas síncronas, o sincrónicas, son las máquinas cuya velocidad de rotación del rotor es directamente proporcional a la frecuencia de la onda eléctrica. Y las máquinas asíncronas se caracterizan por que la velocidad de rotación del rotor es independiente a la frecuencia de la onda eléctrica. La relación entre la tasa de giro de los campos magnéticos de la máquina y la frecuencia eléctrica del estator se expresa mediante la ecuación 2.12:

$$f_e = \frac{n_m \cdot P}{120} \quad (2.12)$$

f_e : Frecuencia eléctrica [Hz]

n_m : Velocidad mecánica del campo magnético, igual a la velocidad del rotor para máquinas síncronas [RPM]

P : *Es el número de polos que tiene el estator.*

Los generadores síncronos pueden aprovechar la potencia generada por una fuente hidráulica, térmica, eólica, nuclear, u otra, ingresando dos variables que son la velocidad y el torque. El generador convierte estas variables en otras dos principales que son la tensión y la corriente. No toda la energía mecánica que ingresa al generador se convierte en energía eléctrica, existen pequeñas pérdidas, un generador sincrónico tiene un rendimiento bastante alto comprendido entre el 90-95%.

A un generador síncrono se le aplica corriente continua en el devanado del rotor y este crea un campo magnético, luego mediante un motor se hace girar el rotor y se genera un campo magnético giratorio en la máquina, este campo magnético induce 3 F.E.M.'s en las bobinas del estator desfasadas 120° entre si y de igual magnitud.

El voltaje interno generado es directamente proporcional al flujo y a la velocidad:

$$E_A = k \cdot \Phi \omega \quad (2.13)$$

E_A : Voltaje interno generado [V]

k : Es un valor que depende de las características constructivas de la máquina.

$$k = \sqrt{2} \cdot N_p \cdot k_p \cdot k_d \quad (2.14)$$

N_p : Numero de espiras.

k_d : Factor de distribución, depende del tipo de distribución de las bobinas, concéntrica o distribuida.

k_p : *Factor de acortamiento, depende de si es de paso acortado o paso diametral.*

2.7.1 Estator

El estator es la parte fija del generador. Está constituida por una carcasa en la que está fijada una corona de chapas de acero de calidad especial. Los bobinados están distribuidos en estas ranuras y forman un conjunto de bobinas desfasadas entre si 120°. Cada una de las bobinas se conecta a una de las fases de un sistema trifásico.

2.7.2 Rotor

El rotor es la parte móvil del motor. Está situado en el interior del estator y consiste en un acoplamiento de chapas de acero que forman un cilindro solidario con el árbol del generador. El rotor del generador genera es alimentado por corriente continua, generando un campo magnético giratorio.

CAPÍTULO III

INGENIERÍA DEL PROYECTO

3.1 Parámetros de Diseño

Antes de empezar con los cálculos y diseños del proyecto es necesario enmarcarse en una serie de aspectos que guiaran el desarrollo del proyecto. Hay que tomar en cuenta todos los factores locales de Real Beni y otros generales; como por ejemplo la temperatura ambiente, la humedad relativa, la irradiación sobre la superficie horizontal y sobre superficies inclinadas, entre otros. También es necesario contar con datos del producto como ser la temperatura de congelamiento del pescado, la densidad, el tiempo de almacenamiento y demás. También es necesario tener en cuenta el factor socio cultural de la zona ya que la operación y mantenimiento de la instalación dependerá de las familias de la comunidad.

Cabe resaltar que para fines de cálculo y diseño se tomaran las condiciones menos favorables, o condiciones críticas, siempre y cuando estas concuerden con un razonamiento ingenieril. Los factores ambientales relevantes son los valores de la temperatura máxima promedio mensual, irradiación solar sobre un plano horizontal y sobre planos inclinados.

3.1.1 Producción de carne de Pescado

Para estimar la producción de carne de pescado que tiene la comunidad de Real Beni sería lo ideal tener un registro histórico de su actividad con su actividad detallada, cosa que no existe. Pero, se cuenta con un registro de pesca semanal promedio recolectado por la ONG Practical Action en la etapa de evaluación. Por medio de encuestas se sabe que en la comunidad existen 30 familias aproximadamente de las cuales 10 salen a pescar dos veces por semana mínimamente. Cada vez que el padre de familia sale a pescar captura en promedio 3 pescados, estos son de especies varias, pero pesan entre 5 a 60 kilogramos dependiendo de la especie.

Tabla 3.1 Registro de pesca semanal de la comunidad de Real Beni.

No	Especie	Cantidad [kg]
1	Pintao	195
2	Tujuno	89
3	Tawaya	34
4	Sabalo	56
5	Surubi	5
6	Pacu	46
7	Mamuri	14
8	Cachorro	4
9	Bagre	125
TOTAL		568

Fuente: *Elaboración Propia, en base a datos obtenidos por la ONG Practical Action al momento de estudiar la factibilidad del proyecto.*

En la tabla 3.1. se puede observar un registro de pesca semanal de la comunidad de Real Beni, en este mismo se observa que en promedio se obtiene 568kg de carne de pescado. Lo que lleva a un promedio mensual de 2227kg de carne de pescado que produce la comunidad al mes, este se destina al autoconsumo y al comercio.

La cantidad de carne de pescado para la cual se dimensiona la instalación fotovoltaica se estima de la siguiente manera. Si por semana se pescan 568 kilogramos de pescado en un promedio de dos incursiones, es lógico pensar que en un día en el que todos salgan a pescar se pescara 284kg (la mitad). Además, que con el impacto del proyecto se pretende potenciar la actividad de la pesca en un 20% por lo que se dimensionara el sistema para **340,8kg**.

Para mantener las buenas condiciones de la carne de pescado se debe seguir una cadena de frío. Lo cual implica que el pescado debe refrigerarse desde el momento de su captura hasta su venta al cliente final. Para eso se usa hielo a -5°C a razón de 1:3⁴ (3 partes de pescado y una de hielo) para cada viaje. Durante el momento de la captura del pescado cumplirá las funciones de refrigerar y separar los distintos

⁴ Arestegui, M. (2013). *Manejo y aseguramiento de la conservación de productos pesqueros en la Amazonía*. Lima: Practical Action

pescados por inocuidad. Y al momento de llevar el pescado al centro poblado cumplirá sobretodo la función de inocuidad. Por tal motivo se prepara una cantidad de hielo semanal de 380kg aproximadamente, lo que se reflejaría en una producción diaria de **54kg** como se puede ver en la tabla 3.2.

Tabla 3.2 Cantidad de Pescado y Hielo Diario y semanal

	Producción Diaria Máxima [kg]	Producción Semanal [kg]
Carne de pescado	340,8	568
Hielo	54	380

Fuente: Elaboración Propia

3.1.2 Temperaturas de diseño

En la comunidad de Rurrenabaque la temperatura media es de 25,8°C, pero su temperatura pico alcanza los 38°C, para cuestiones de diseño se trabaja con la temperatura máxima promedio del ambiente para cada mes.

Tabla 3.3 Temperaturas máximas promedio en °C en el municipio de Rurrenabaque.

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2006	31,4	31,5	32,1	30,7	28,4	29	30,7	31,3	31,4	33,1	31,9	32,4
2007	32,9	31,2	32,2	31,5	27,2	29,5	27,4	29,6	33,6	33,1	31,3	31
2008	30	30,9	30,6	30,3	28,5	25,7	31,1	32	31,9	33,4	34,9	32,5
2009	32,3	30,3	31,1	31,4	29,8	27,9	27,5	31,1	31,3	34,2	34	31,8
2010	31,4	31,7	32,8	31,8	29,1	30,1	26,9	31,1	35,3	32,4	32,8	32,5
2011	31	30,1	31,5	31,3	30,1	28,5	****	30,2	32,2	33,4	33,2	32,4
2012	32,3	30,3	31,8	31,5	30,3	28,6	28,4	31,7	34,7	34	33,3	32
2013	32,8	32,2	31,7	31,9	29,7	28,6	29,3	30,2	32,8	31,7	32,5	32,3
2014	30	29,7	31,9	32,3	29,9	28,3	27,8	32	34,5	34,8	31,9	31,1
2015	30,8	31,4	33,1	31,4	28,5	29,4	27,9	32,2	34,7	33,7	32,9	33,6
2016	33,7	32,1	31,8	31,6	27,8	26,6	29,8	31,3	31,4	33,5	32,3	33
PROM	31,69	31,04	31,87	31,43	29,03	28,38	28,68	31,15	33,07	33,39	32,82	32,24

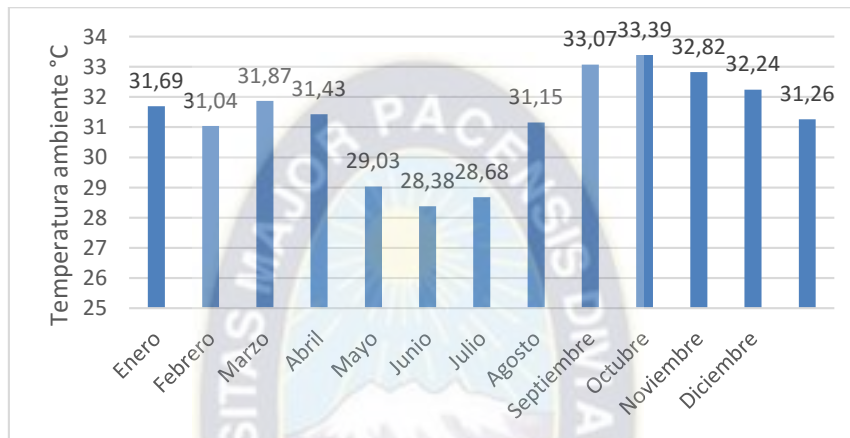
Fuente: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología . (8 de Julio de 2018). SENAMHI. Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>

En la tabla 3.3. se puede observar los valores de las temperaturas máximas promedios desde el año 2006 hasta el año 2016 (último año de cuya información se cuenta) registradas por el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI.

Cabe resaltar que estas temperaturas no son las temperaturas pico, sino el promedio de las temperaturas máximas medias del lugar.

En la Grafica 3.1 se puede ver la tendencia de las temperaturas en el transcurso de un año. Esta grafica está basada en los datos obtenidos de la Tabla 3.3 y se puede observar que la temperatura más alta es la del mes de octubre con 33,39°C y la más baja es de 28,38°C en el mes de junio.

Gráfica 3.1 Temperaturas Máximo Promedio desglosado por meses

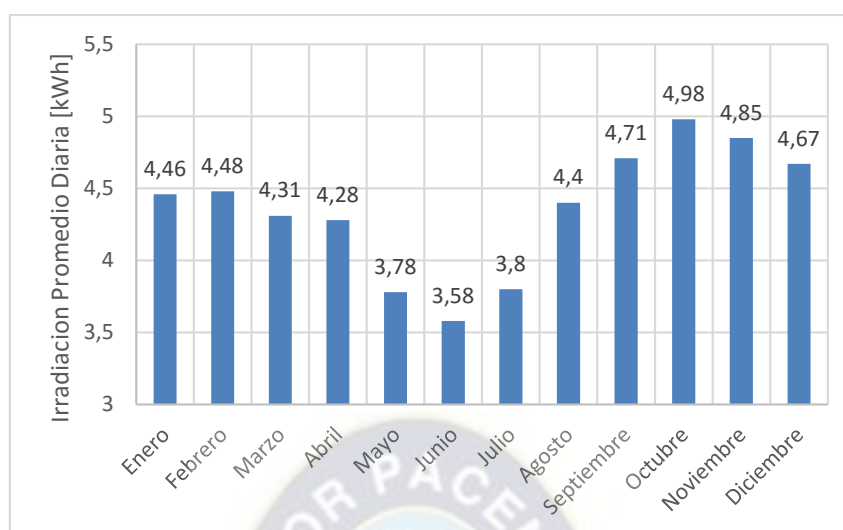


Fuente: Elaboración propia, en base a datos de la tabla 3.1.

3.1.3 Radiación de diseño

La cantidad de energía percibida por unidad de superficie cambia según la inclinación de esta superficie, teniendo su máxima captación a cierta inclinación que varía mes a mes. Los valores con los que se trabajaran en el presente proyecto son extraídos de la página WEB de la NASA la cual cuenta con estudios especializados en generación de energía solar y se pueden observar datos para cada punto en el globo terráqueo, prediciendo valores con una exactitud de malla de 60 kilómetros.

Gráfica 3.2 Radiación Incidente sobre el Plano Horizontal en el municipio de Rurrenabaque.



Fuente: NASA. Atmospheric Science Data Center. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

El valor de la radiación a diferentes ángulos de inclinación se puede observar en la tabla 3.4. En esta se puede observar los valores de la radiación sobre el plano horizontal, pero también se puede ver este valor para distintos ángulos de inclinación. También se puede ver el valor de la radiación óptima que se obtendría en un plano cuya inclinación también sea óptima. Con estos datos se trabaja para encontrar la inclinación de los paneles fotovoltaicos para el proyecto.

Tabla 3.4 Radiación incidente sobre distintas superficies inclinadas en la comunidad de Rurrenabaque.

Radiación Diaria Promedio Mensual [kWh/m ²]													
MES	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Prom.
0°	4,46	4,48	4,31	4,28	3,78	3,58	3,8	4,4	4,71	4,98	4,85	4,67	4,36
14°	4,47	4,37	4,33	4,49	4,11	3,99	4,21	4,71	4,82	4,9	4,84	4,7	4,5
29°	4,29	4,08	4,16	4,5	4,28	4,24	4,44	4,82	4,71	4,6	4,63	4,54	4,45
90°	2,04	1,68	1,96	2,59	2,91	3,11	3,16	2,98	2,33	1,79	2,08	2,19	2,41
Irradiación Opt.	4,48	4,48	4,34	4,52	4,29	4,29	4,48	4,82	4,82	4,98	4,87	4,71	4,59
Ángulo Opt [°]	8	0	9	23	34	39	37	29	15	1	7	10	17,7

Fuente: NASA. Atmospheric Science Data Center. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

3.2 Identificación de Subsistemas

Para el presente proyecto de diseño de una instalación de generación de energía eléctrica mediante la radiación solar se puede identificar los siguientes subsistemas:

3.2.1 Subsistema de Generación Fotovoltaica.

Este sub-sistema es el encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica aprovechable por el centro de acopio. Este subsistema constara de paneles fotovoltaicos principalmente junto a sus protecciones y serán dimensionados según la demanda a cubrir en la instalación eléctrica

3.2.2 Subsistema de Acumulación de Energía.

Este subsistema es el que se encargara de almacenar la energía producida para usarla en momentos de baja radiación solar, la noche o días con nubosidad prolongada. Este subsistema está compuesto principalmente de un grupo de baterías y un regulador de carga.

3.2.3 Subsistema de Transformación de Energía.

Este subsistema es el encargado de transformar la energía eléctrica proveniente de las baterías a una energía adecuada para la instalación eléctrica, básicamente volver la energía en corriente alterna y elevar la tensión. Para esto se utiliza un inversor de corriente para esta tarea.

3.2.4 Subsistema de Generación de apoyo.

Con el fin de no depender únicamente de la autonomía proveniente de las baterías, se cuenta con un generador a gasolina el cual alimentara a la instalación en tiempos de baja radiación y recargara las baterías. Gracias a este generador se reducirán los costos provenientes a las baterías en cuanto a adquisición, operación y mantenimiento.

3.2.5 Subsistema de Automatización del generador Eléctrico.

No basta con colocar un generador eléctrico en la instalación eléctrica. Para asegurar la continuidad del suministro eléctrico el generador debe ser capaz de encenderse y apagarse sin la intervención de la mano de algún operador. De esta

manera se elimina el factor riesgo humano y asegura de que el centro de acopio este siempre correctamente energizado.

3.2.6 Instalación Eléctrica y Centro de Acopio.

Este subsistema incluye el diseño y construcción civil del centro de acopio junto a la instalación eléctrica. Este centro de acopio contara con determinados equipos como ser lámparas y congeladores.

3.3 Cálculos Previos

Antes de empezar a realizar el cálculo de los elementos es necesario realizar algunos cálculos previos al diseño principal.

3.3.1 Demanda Térmica del centro de acopio.

Es necesario estimar la carga térmica a refrigerar, o potencia frigorífica. Para ello es necesario calcular la carga frigorífica por enfriamiento del pescado, transferencias de calor por convección y conducción, y renovaciones de aire. Se utiliza las temperaturas máximas promedio mensual que se pueden ver en las condiciones de diseño en la tabla 3.3. donde se puede ver que la temperatura más elevada corresponde al mes de octubre. Así que se muestra el cálculo de la carga térmica para este mes, pero deberá hacerse el mismo procedimiento para todos los meses.

3.3.1.1 Carga debido al Pescado:

El pescado es un producto que se mantiene en estado fresco para evitar estados de putrefacción u oxidación en un rango de temperaturas de entre -1°C y $-2,2^{\circ}\text{C}$. Pudiendo almacenarse en estas condiciones 1 – 2 semanas. El pescado tiene un punto de congelación de -3° y las características termo físicas del pescado se pueden ver en la tabla 3.5:

Tabla 3.5 Propiedades Fisicoquímicas del pescado Promedio

Propiedades Fisicoquímicas del Pescado	
Densidad	1075 kg/m ³
Temperatura de Almacenamiento	-1°C a $-2,2^{\circ}\text{C}$
Calor Especifico	3,42kJ/kg · °C
Tiempo de Almacenamiento	1 – 2 Semanas

Fuente: Yunus A, Cengel, 2004, TRANSFERENCIA DE CALOR, University of Nevada, Reno

Para enfriar el pescado hasta la temperatura de $-2,2^{\circ}\text{C}$ vemos que no hay cambio de fase por lo que la ecuación para determinar la carga térmica del pescado al ser puesto al congelador desde el ambiente se puede ver en la ecuación 3.1.

$$Q_{\text{Pescado}} = m \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (3.1)$$

Donde:

m : Es la masa de carne de pescado que se pretende refrigerar [kg]

Cp : Es el calor específico del pescado a presión constante, cuyo valor está en la tabla 3.5 $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}\cdot^{\circ}\text{C}}\right]$.

ΔT : Es la diferencia de temperatura desde donde la temperatura ambiente hasta la temperatura de almacenamiento más 5°C [$^{\circ}\text{C}$].

$$Q_{\text{Pescado}} = 340,8 \cdot 3,42 \cdot (33,39 - (-2,2))$$

$$Q_{\text{Pescado}} = 41481,43 \text{ [kJ/día]}$$

El congelador tiene un volumen bruto de 546 litros de los cuales se estima se puede aprovechar un 85% debido a la forma de los pescados. Entonces se tendrá un volumen aprovechable de 464 litros que equivaldrían a 530kg según la densidad del pescado con lo cual se puede almacenar la pesca de un día sin problema.

3.3.1.2 Carga térmica debido al hielo a producir

Para congelar el agua que servirá para mantener el pescado frío durante su transporte al pueblo se vio conveniente el uso de otro congelador, el congelador DA302 METALFRIO de la misma marca. Hay que tener en cuenta que el agua cambia de estado, es decir sufre un proceso de cambio de fase el cual necesita una energía proporcional a su calor específico.

Tabla 3.6 Características fisicoquímicas de Agua

Características del Agua a congelar	
Temperatura Ambiente	33,39 $^{\circ}\text{C}$
Temperatura de almacenamiento	-5 $^{\circ}\text{C}$
Calor Especifico Agua	4,18[kJ/kg $^{\circ}\text{C}$]
Calor Latente Agua	334 [kJ/kg]
Calor Especifico Hielo	2,09[kJ/kg $^{\circ}\text{C}$]
Punto de Congelación	0 $^{\circ}\text{C}$

Fuente: Elaboración Propia

Con las propiedades mostradas en la tabla 3.6. se puede calcular el calor necesario extraer del congelador. Para eso se usará la ecuación 3.2.

$$\dot{Q}_{\text{Agua}} = m \cdot C_{P1} \cdot T_{\infty} + m \cdot n + m \cdot C_{P2} \cdot (-T_{\text{alm}}) \quad (3.2)$$

Donde:

m : Es la masa de agua que se pretende congelar, debido a estamos estimando una demanda diaria máxima en [kg/día]

C_{P1} : Es el calor específico del agua en estado líquido $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right]$.

C_{P2} : Es el calor específico del agua en estado líquido $\left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}\right]$.

n : Es el calor latente necesario para cambiar de estado líquido a solido el agua medida en [kJ/kg]

T_{∞} : Es la temperatura ambiente, a esta temperatura el agua ingresara a congelarse [$^\circ\text{C}$].

T_{alm} : Es la temperatura a la que se desea almacenar el hielo, en el caso de este proyecto es de -5°C .

En los parámetros de diseño se estableció que la cantidad de hielo a producir diariamente es de 54kg aproximadamente. Entonces:

$$\dot{Q}_{\text{Agua}} = 54 \cdot 4,18 \cdot 33,39 + 54 \cdot 334 + 54 \cdot 2,09 \cdot (-(-5))$$

$$\dot{Q}_{\text{Agua}} = 26157,00 \text{ [kJ/día]}$$

3.3.1.3 Carga térmica por transferencia por las paredes

Para estimar la transferencia de calor por las paredes, vemos las características de del congelador DA 550 METALFRIO en la tabla 3.7. donde se ve que el aislante a ser usado es Poliuretano. Y también brindan las dimensiones externas e internas con las que se puede calcular el espesor de pared que es igual a 55mm.

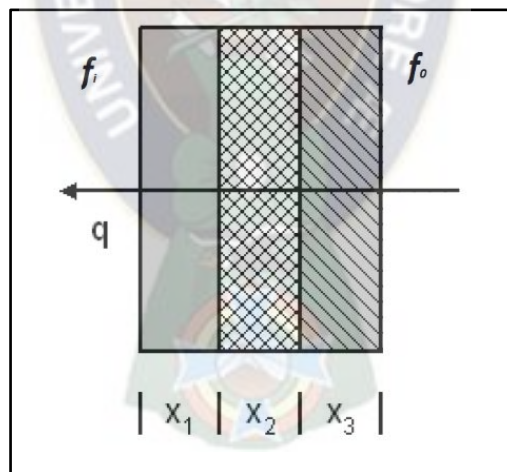
Tabla 3.7 Características del Congelador DA 550 METALFRIO

CONGELADOR DA 550 METALFRIO			
	EXTERNO	Largo	1665 mm
		Altura	944 mm
		Profundidad	690 mm
INTERNO	Largo	1555 mm	
	Altura	715 mm	
	Profundidad	515 mm	
Espesor de Pared		55 mm	
Capacidad Bruta		546 litros	
Aislante		Poliuretano	
Refrigerante		R-134A	
Potencia		331 W	

Fuente: Elaboración Propia en base a datos obtenidos de catálogo.

En la figura 3.1. se aprecia que como el flujo de calor se da desde un entorno de mayor temperatura hacia un interior de menor de temperatura atravesando los diferentes materiales de la armadura y también una película de convección a cada lado.

Figura 3.1 Transferencia de calor por Conducción y Convección



Fuente: http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-165.htm

El Coeficiente total de transmisión de calor se calcula con la ecuación 3.3.

$$\frac{1}{U} = \frac{1}{f_0} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \frac{x_3}{k_3} + \frac{1}{f_i} \quad (3.3)$$

Donde:

U : Es el coeficiente total de transmisión de calor

f_0 : Es la coeficiente pelicular sobre la cara exterior de la pared [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$]

k_i : Es el coeficiente de conductividad térmica del material [$\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$]

X_i : Es el espesor de pared, el subíndice indica la pared a la que le corresponde [m]

f_i : Coeficiente pelicular sobre la cara interior de la pared [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$]

La conductividad térmica para el aislante de poliuretano es 0,023 [$\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$], para el plástico polipropileno es 0,12 [$\text{W}/\text{m} \cdot ^\circ\text{C}$], y el coeficiente de convección del aire en interiores es de 10 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$].⁵

Reemplazando los datos en la ecuación 3.2 se obtiene el coeficiente total de transmisión de calor:

$$U = 0,4149 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right]$$

Con este dato ahora se puede calcular el calor transmitido por las paredes.

$$\dot{Q}_{Paredes} = U \cdot A_s \cdot \Delta T \quad (3.4)$$

Donde:

$\dot{Q}_{Paredes}$: Es el calor que ingresa por las paredes hacia el refrigerador [W]

A_s : Es la área superficial sobre la cual se transmite el calor, esta área se calcula de las dimensiones internas de cada congelador [m^2].

$$\dot{Q}_{Paredes} = 67,36 \text{ [W]}$$

⁵ Yunus A, Cengel, 2004, *TRANSFERENCIA DE CALOR*, University of Nevada, Reno

Hace falta calcular la cantidad de calor extraída de esta carga en un día:

$$\dot{Q}_{Paredes} = 67,36 \left[\frac{J}{s} \right] \times \frac{3600 s}{1 hr} \times \frac{24 hr}{1 dia} = 5819,9 \left[\frac{kJ}{dia} \right]$$

Del mismo modo que para el primero congelador (DA 550 METALFRIO) se tiene que calcular la transferencia de calor debido a la transferencia de calor por las paredes del congelador del agua, es decir el DA302 METALFRIO.

Tabla 3.8 Características del Congelador DA 302 METALFRIO

CONGELADOR DA 302 METALFRIO				
	EXTERNO	Largo	998 mm	
		Altura	944 mm	
		Profundidad	690 mm	
	INTERNO	Largo	888 mm	
		Altura	715 mm	
		Profundidad	515 mm	
	Espesor de Pared		55 mm	
	Capacidad Bruta		293 litros	
	Aislante		Poliuretano	
Refrigerante		R-134A		
Potencia		105 W		

Fuente: Elaboración Propia en base a datos obtenidos de catálogo.

Aplicando la ecuación 3.3 se puede calcular la carga térmica por transferencia de calor en el congelador DA302.

$$\dot{Q}_{Paredes} = 46,52 [W] \approx 4019,73 \left[\frac{kJ}{dia} \right]$$

3.3.1.4 Carga térmica por renovación de aire

La carga térmica por renovación de aire se debe a que al abrir y cerrar las puertas existe una renovación de aire, es decir sale aire ya enfriado y entra aire a temperatura ambiente. Para calcular esta renovación de aire se estima que en equipos congeladores la apertura de puertas ocasiona una renovación de 20 veces por hora, durante 8 horas al día. El aire entrante ocupara el espacio restante que haya en el congelador después de colocar la carne de pescado. Considerando que la densidad del aire a una altura de 274m.s.n.m es igual 1,13 [kg/m³] y que el calor específico del aire es 1026 [J/kg°C].

Para determinar la carga por renovación de aire se utiliza la ecuación 3.5.

$$\dot{Q}_{Renovacion} = \dot{V}_{Aire} \cdot \rho \cdot Cp \cdot \Delta T \quad (3.5)$$

Donde:

$\dot{Q}_{Renovacion}$: Es el calor que ingresa al refrigerador debido a la renovación de aire [W]

\dot{V}_{Aire} : Es el volumen de aire que se reemplaza [m³]

Cp : Es el calor específico del aire a presión constante 1026 $\left[\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} \right]$

En la tabla 3.9. se muestran los datos necesarios para calcular la carga térmica debido a renovaciones de aire del equipo DA 550 METALFRIO el cual se encarga de enfriar el pescado.

Tabla 3.9 Renovación de aire del equipo DA 550 METALFRIO.

Renovación de Aire DA 550 METALFRIO	
Aperturas del Congelador por hora	20 [veces/Hora]
Aperturas del Equipo por día	160 [veces/día]
Volumen del congelador	0,546 [m ³]
Volumen de aire desplazado	0,229 [m ³]
Caudal de volumen de refrigeración	36,636 [m ³ /día]
Densidad del aire a 273m	1,13 [kg/m ³]
Calor específico del aire	1026 [J/kg °C]

Fuente: Elaboración Propia

$$\dot{Q}_{Renovacion} = 17,50 [W] \approx 1512,00 \left[\frac{kJ}{día} \right]$$

De la misma manera se calcula la carga térmica debido a las renovaciones de aire para el congelador DA 302 METALFRIO que se encargara de congelar el hielo necesario para la cadena de frío.

Tabla 3.10 Renovación de aire del equipo DA 302 METALFRIO.

Renovación de Aire DA 302 METALFRIO	
Aperturas del Equipopor por hora	20 [veces/Hora]
Aperturas del Equipo por dia	160 [veces/día]
Volumen del congelador	0,293 [m3]
Volumen de aire desplazado	0,239 [m3]
Caudal de volumen de refrigeración	38,233 [m3/día]
Densidad del aire a 273m	1,13 [kg/m3]
Calor específico del aire	1026 [J/kg °C]

Fuente: Elaboración Propia

$$\dot{Q}_{Renovacion} = 19,70 [W] \approx 1701,72 \left[\frac{kJ}{día} \right]$$

3.3.1.5 Cálculo de la Potencia Frigorífica

En la ficha técnica de congelador a usar (DA 550 METALFRIO) se especifica que el refrigerante que usa es el R 134A, se puede ver en la figura 3.2 el ciclo de refrigeración dibujado con ayuda del paquete computacional CoolPack en donde se obtiene un Coeficiente de Funcionamiento igual a CF=6,53. Entendiendo que el coeficiente de funcionamiento es la relación entre la Potencia de Refrigeración y la Potencia del Compresor.

$$Pot. Refr. = CF \cdot Pot. Comp \cdot \eta_{Isentropico} \cdot \eta_{Comp} \quad (3.6)$$

Donde:

CF: Coeficiente de funcionamiento obtenido de la curva h vs P propia del refrigerante a usar.

Pot. Refr.: Es la potencia útil que el equipo de refrigeración brinda para generar frío, también conocido como frigorías o TON. En este caso se utiliza la unidad de medida de [W].

Pot. Comp: Es la potencia eléctrica con la que se alimenta al compresor medida en [W].

$\eta_{Isoentrópico}$: Es el rendimiento isoentrópico del proceso termodinámico de refrigeración. Se considerara un rendimiento isoentrópico del 85%.

η_{Comp} : Es el rendimiento asociado a la compresión, no afecta tanto al consumo energético. En este caso se considera un rendimiento de 90%.

$$Pot. Refr. = 6,53 \cdot 331[W] \cdot 0,85 \cdot 0,90$$

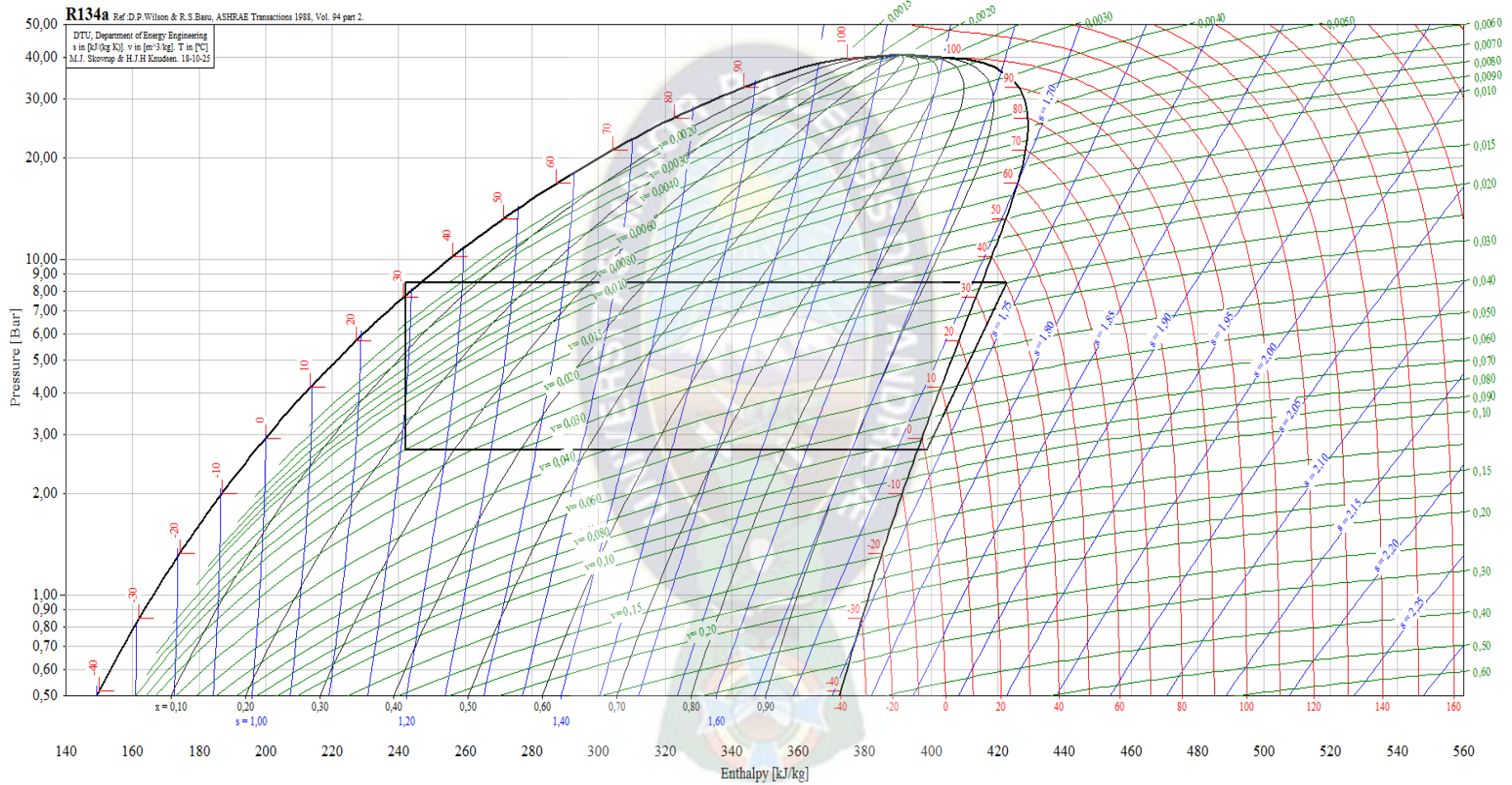
$$Pot. Refr. = 1653,50 [W]$$

De igual manera se calcula la potencia de refrigeración del congelador DA302 METALFRIO, el coeficiente de funcionamiento para este congelador es de 5,92. Su ciclo termodinámico se ve en la figura 3.3.

$$Pot. Refr. = 5,92 \cdot 105[W] \cdot 0,85 \cdot 0,90$$

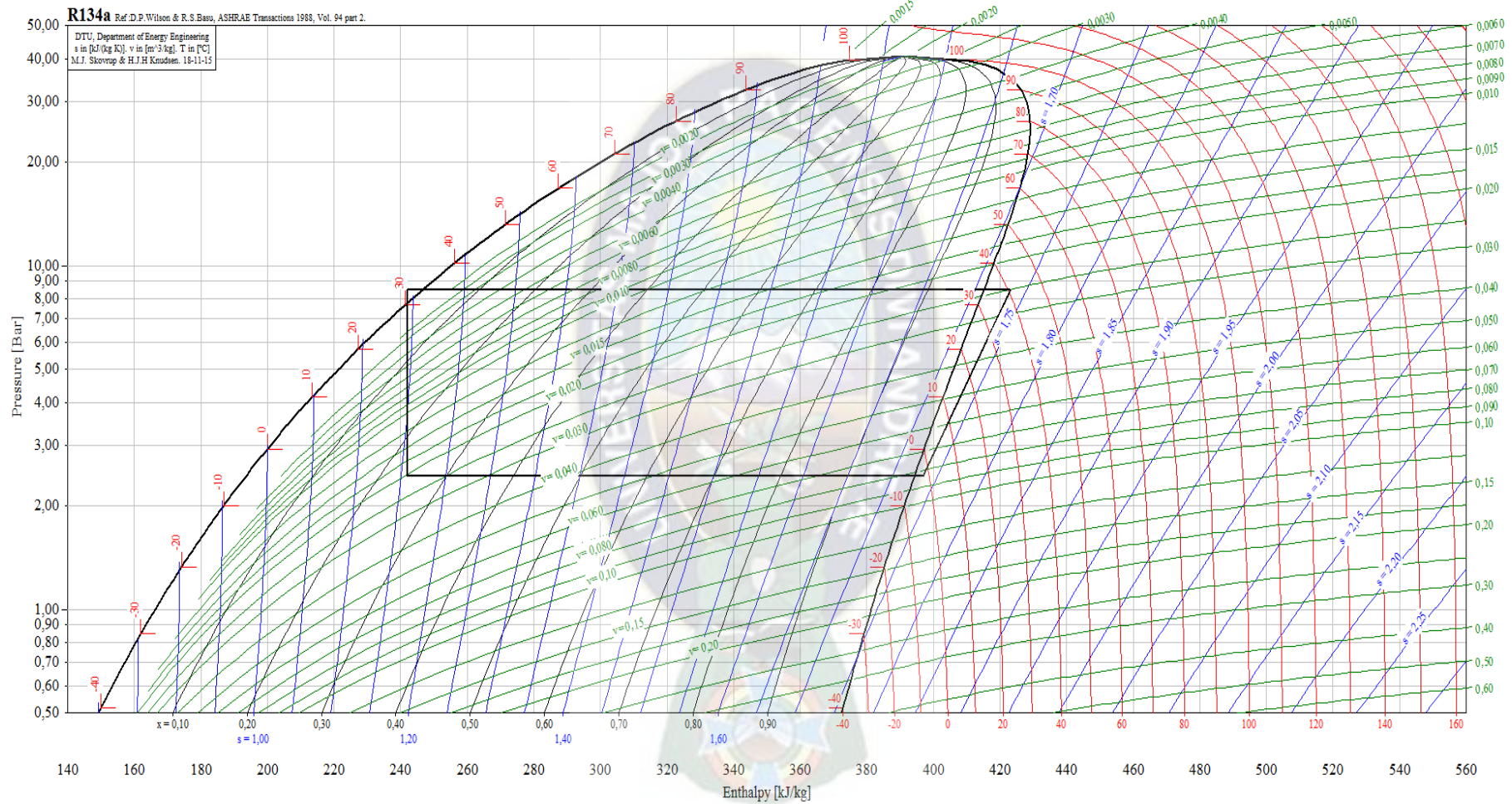
$$Pot. Refr. = 475,52 [W]$$

Figura 3.2 Curva Presión Vs Entalpia para R-134A para refrigerar pescado DA 550 METALFRIO



Fuente: Elaboración propia mediante el programa computacional COOLPACK.

Figura 3.3 Curva Presión Vs Entalpia para R-134A para producir hielo DA 302 METALFRIO



Fuente: Elaboración propia mediante el programa computacional COOLPACK.

3.3.1.6 Cálculo del tiempo de funcionamiento de los congeladores.

Con la potencia frigorífica ya calculada ahora se puede calcular el tiempo de funcionamiento de los equipos. Estos valores se resumen en la tabla 3.11.

Tabla 3.11 Resumen de Cargas Térmicas de los Congeladores

Equipo	DA550 METALFRIO	DA302 METALFRIO
Q_{Carga} [kJ/día]	41481,43	26157,00
$Q_{Paredes}$ [kJ/día]	5819,90	4019,73
$Q_{Renovacion}$ [kJ/día]	1521,00	1701,72
$Pot. Ref$ [W]	1653,50	475,52

Fuente: Elaboración Propia

La potencia frigorífica se ocupa en las cargas anteriormente calculadas por lo cual se usará la ecuación 3.7.

$$Pot. Ref = \frac{Q_{Carga} + Q_{Paredes} + Q_{Renovacion}}{T} \quad (3.7)$$

Donde:

Q_{Carga} : Es la cantidad de calor extraída del producto, estos pueden ser del pescado o del hielo. Se mide en [J/día].

T : Es el tiempo en el que se enfriará el producto, también es el tiempo de operación de los compresores, la unidad de medida es [s/día].

Tabla 3.12 Tiempo de funcionamiento de los equipos

Equipo	DA550 METALFRIO	DA302 METALFRIO
Tiempo [s/día]	29521,11	67039,14
Tiempo [horas/día]	8,20	18,62

Fuente: Elaboración Propia

De este modo se calculan las horas de funcionamiento de los dos congeladores para un mes. Se debe calcular la demanda energética mensualmente, por lo que hay que realizar este cálculo para cada mes. Un resumen de este cálculo se encuentra en la tabla 3.13.

Tabla 3.13 Tiempo de funcionamiento de los equipos DA 550 y DA 302 METALFRIO

Mes	Temp Máxima [°C]	COF	Calor Retirado [kJ/día]	Horas DA550	COF	Calor Retirado [kJ/día]	Horas DA302
Enero	31,69	6,74	46481,42	7,57	6,26	31241,071	17,26
Febrero	31,04	7,09	45589,93	7,05	6,39	30997,369	16,78
Marzo	31,87	6,88	46728,30	7,45	6,22	31308,558	17,41
Abril	31,43	6,99	46124,83	7,24	6,14	31143,590	17,54
Mayo	29,03	7,63	42833,13	6,16	6,67	30243,766	15,68
Junio	28,38	7,82	41941,63	5,88	7,01	30000,064	14,80
Julio	28,68	7,73	42353,10	6,01	6,94	30112,542	15,00
Agosto	31,15	7,06	45740,79	7,11	6,37	31038,611	16,85
Septiembre	33,07	6,6	48374,15	8,04	5,98	31758,470	18,37
Octubre	33,39	6,53	48813,04	8,20	5,92	31878,446	18,62
Noviembre	32,82	6,66	48031,26	7,91	6,03	31664,738	18,16
Diciembre	32,24	6,79	47235,77	7,63	6,14	31447,281	17,71

Fuente: Elaboración Propia

3.3.2 Demanda Energética de la Instalación

El cálculo de la demanda del centro de acopio es necesario para empezar con los cálculos y dimensionamientos de los equipos y la tecnología a usar. Para determinar la demanda de energía de la instalación eléctrica de manera precisa es necesario conocer las cargas y el tiempo de funcionamiento de cada una.

El tiempo de uso de los diferentes equipos, a excepción de los congeladores, es fácil de predecir pues es una instalación cuyo objetivo y actividad se sabe claramente. El cálculo de la estimación de cantidad de horas de funcionamiento de los congeladores fue calculado en el inciso 3.3.1.

Tabla 3.14 Cálculo de demanda de energía para el mes de octubre.

Equipo	Potencia [W]	Tiempo de uso diario [h/día]	Factor de Potencia	Potencia Aparente [kVA]	Consumo Diario [kVA/Día]
LED 1	20	1,00	0,9	22,22	0,02
LED 2	20	1,00	0,9	22,22	0,02
Cong. 1	331	8,20	0,85	389,41	3,19
Cong. 2	105	18,62	0,85	123,53	2,30
Licuadaora	450	0,50	0,85	529,41	0,26
Total	926			1086,80	5,80

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3.14. se puede apreciar en detalle la demanda de energía diaria para el mes de octubre. De la misma manera se calcula la demanda para cada mes, el resultado se puede apreciar en la tabla 3.15.

Tabla 3.15 Demanda diaria promedio mensual de la instalación eléctrica.

MES	Demanda Diaria
Enero	5,39
Febrero	5,13
Marzo	5,36
Abril	5,29
Mayo	4,64
Junio	4,43
Julio	4,50
Agosto	5,16
Septiembre	5,71
Octubre	5,80
Noviembre	5,63
Diciembre	5,47

Fuente: Elaboración Propia

Para calcular la potencia a generar del sistema fotovoltaico es necesario conocer la energía consumida por la instalación incluido el rendimiento de los equipos del sistema en general. Además de agregar un factor de seguridad a la demanda como coeficiente de seguridad.

$$E_D = \frac{FS \times E_d}{\eta_{inst}} \quad (3.8)$$

Donde:

E_D : Es la energía necesaria a producir teniendo en cuenta el rendimiento de la instalación. Sus unidades son [kW/h]

FS : Es un factor de seguridad, se aconseja un valor de entre 10% y 20%

E_d : Es la demanda de energía calculada para los equipos de la instalación.

η_{inst} : Es el rendimiento de la instalación eléctrica que incluye los distintos equipos a usar.

En este caso se usa un factor de seguridad del 10% debido a que el sistema es híbrido y tiene un respaldo de energía a disposición siempre que sea necesario. En cuanto al rendimiento de la instalación se calcula de usando la ecuación 3.9.

$$\eta_{inst} = \eta_{Reg} \times \eta_{Inv} \times \eta_{Cond} \quad (3.9)$$

Donde:

η_{Reg} : Es el rendimiento del regulador de carga, este está dado por el fabricante

η_{Inv} : Es el rendimiento asociado a la transformación que se lleva lugar en el inversor cargador de la instalación.

η_{Cond} : Es el rendimiento asociado a las pérdidas por caída de tensión en los conductores del sistema de generación fotovoltaica.

Tabla 3.16 Rendimiento de los componentes del sistema de generación.

Componente	Rendimiento [%]
Regulador	95
Inversor	95
Conductores	95

Fuente: Elaboración Propia

Estos valores de rendimientos se los puede obtener de los catálogos de los equipos que más adelante se especificaran, y en el caso de pérdidas en los conductores se puede ver en la parte de cálculo de caída de tensión. Aplicando estos valores a la ecuación 3.9. se puede obtener el rendimiento de la instalación que es del **85,74%**.

$$E_D = \frac{1.1 \times 5,80}{0,8574} = 7,44 \left[\frac{kVA h}{dia} \right]$$

Usando los datos previamente descritos en la ecuación 3.8, y se obtiene la energía requerida para alimentar la instalación. Esta energía es de **7,44 [kVAh/día]** para el mes de octubre. De la misma forma se obtiene los valores para todos los meses del año.

Tabla 3.17 Demanda energética diaria y mensual del centro de acopio.

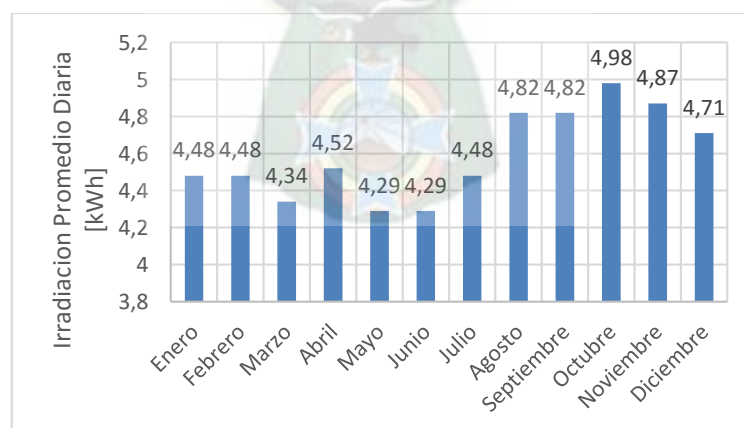
MES	Demanda Diaria [kVAh/día]	Demanda a cubrir [kVAh/día]
Enero	5,39	6,91
Febrero	5,13	6,58
Marzo	5,36	6,88
Abril	5,29	6,79
Mayo	4,64	5,96
Junio	4,43	5,68
Julio	4,50	5,78
Agosto	5,16	6,62
Septiembre	5,71	7,32
Octubre	5,80	7,44
Noviembre	5,63	7,23
Diciembre	5,47	7,02

Fuente: Elaboración Propia

3.3.3 Determinación del ángulo de Inclinación de los Paneles solares

La cantidad de energía recibida por los paneles, como ya se mencionó anteriormente, depende la inclinación a la que estén sometidos dichos paneles respecto a la horizontal. Este valor a su vez dependerá de la ubicación de los paneles, del mes del año en el que se encuentre (inclinación solar) e incluso del día.

Gráfica 3.3 Radiación incidente sobre superficies inclinadas en ángulos óptimos para el municipio de Rurrenabaque.

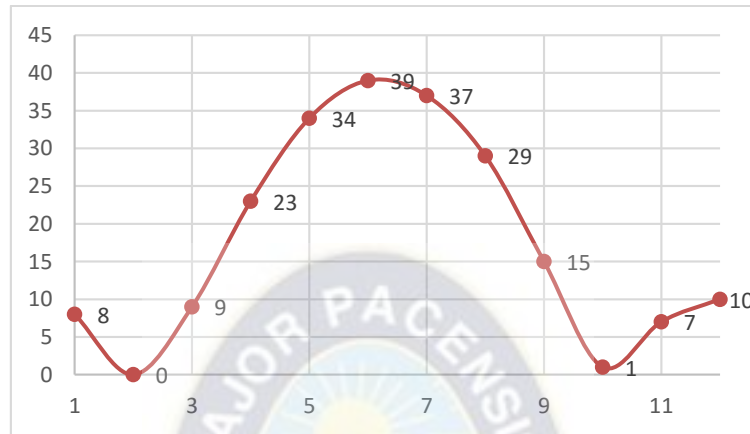


Fuente: NASA. Atmospheric Science Data Center. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

En la figura 3.3. se puede apreciar el valor de la radiación incidente sobre los planos óptimos de cada mes, es decir la inclinación óptima. Se puede observar que esta

irradiación varía de mes a mes presentándose el más alto valor durante el mes de octubre, que también coincide con el mes de más demanda energética. Por otra parte, las mínimas en los meses de mayo y junio.

Gráfica 3.4 Ángulos óptimos de inclinación para el municipio de Rurrenabaque

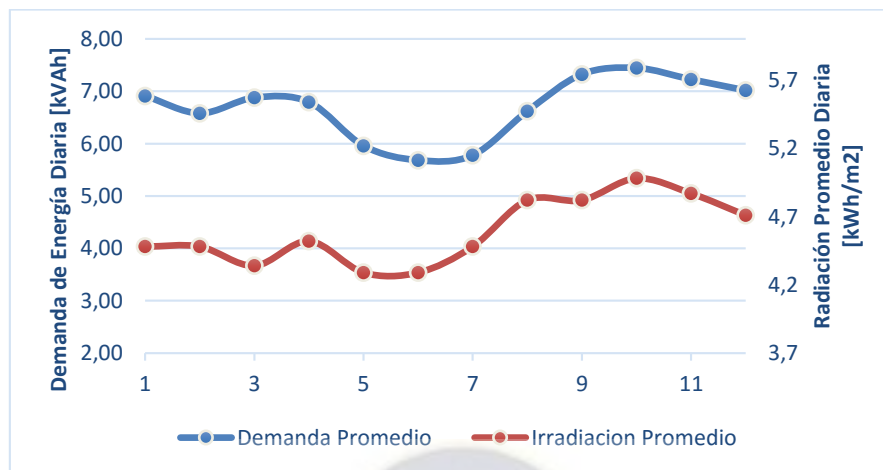


Fuente: NASA. Atmospheric Science Data Center. <https://eosweb.larc.nasa.gov/cgi-bin/sse/grid.cgi?email=skip@larc.nasa.gov>

En la figura 3.4. se puede observar los valores de los ángulos de inclinación óptimos para cada mes del año. Estos valores de inclinación corresponden a los valores de irradiación máxima mostrada anteriormente y se puede observar que tiene una forma bastante definida. Esto último se debe a que se conoce de manera precisa el movimiento de la tierra alrededor del sol (para casos de estudio de geometría solar, el sol se mueve alrededor de la tierra).

Teniendo en cuenta la variación de radiación de cada mes del año y la variación de la demanda energética diaria promedio para cada mes sería muy imprudente empezar el cálculo de los diferentes elementos de la instalación basándonos solamente en uno de los anteriores parámetros. Es decir, empezar a dimensionar sobre el mes de mayor demanda, o basar los cálculos en el mes de menor radiación solar, pues puede que ninguno de los anteriores sea el mes más crítico.

Gráfica 3.5 Comparación de la demanda energética y la Radiación promedio óptima



Fuente: Elaboración Propia, en base a los datos de la NASA

En la gráfica 3.5. se puede ver una comparación de la demanda energética diaria promedio en kVAh/día (EJE IZQUIERDO), y la radiación óptima promedio diario en kWh/m² o también conocidas como Horas Solares Pico (EJE DERECHO) para cada mes del año. Entonces para encontrar el mes más crítico de manera precisa se recurrirá a la relación entre la demanda diaria promedio y las horas solares pico, esto debido a que esta relación es directamente proporcional a la potencia necesaria a producir por los paneles solares como se puede ver en la ecuación 3.10.

Tabla 3.18 Relación de la demanda energética y la radiación óptima incidente.

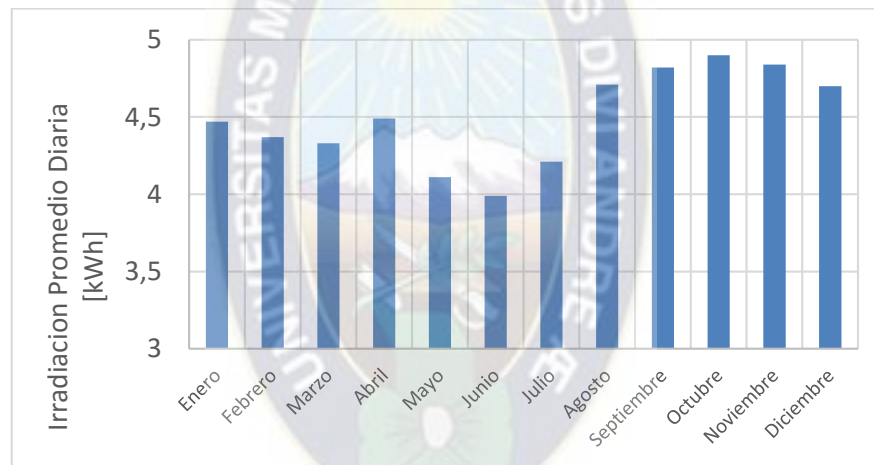
Mes	Irradiación Promedio [kWh/m ² /día]	Demanda Diaria [KWh/día]	Demanda/Radiación
Enero	4,48	6,91	1,54
Febrero	4,48	6,58	1,47
Marzo	4,34	6,88	1,58
Abril	4,52	6,79	1,50
Mayo	4,29	5,96	1,39
Junio	4,29	5,68	1,32
Julio	4,48	5,78	1,29
Agosto	4,82	6,62	1,37
Septiembre	4,82	7,32	1,52
Octubre	4,98	7,44	1,49
Noviembre	4,87	7,23	1,48
Diciembre	4,71	7,02	1,49

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 3.18. se puede apreciar que el mes más crítico es el mes de marzo, esto debido a que la relación demanda/radiación es el más alto de todos. Lo que quiere decir que se necesita una mayor generación de energía para ese mes en comparación a los otros meses. Por todo lo anterior expuesto se busca abastecer la demanda energética para el mes de marzo y de esta manera el sistema también abastecerá de energía al resto del año.

Los datos de radiación pertenecientes al ángulo de inclinación más cercano al óptimo para el mes de marzo del cual se tenga información es 14° de inclinación. Y cuyos valores se pueden ver en la gráfica 3.4. Son estos los valores de irradiación sobre los cuales ahora si se puede empezar a realizar el diseño y cálculo de componentes.

Grafica 3.4: Radiación incidente sobre una superficie inclinada 14° para el municipio de Rurrenabaque



Fuente: Elaboración propia en base a datos de la NASA.

En la gráfica 3.4. se observa el comportamiento de la radiación que incide sobre una superficie inclinada 14° y apuntando al norte real. En la tabla 3.19 se muestran dichos valores para cada mes, y en los cuales se basa el dimensionamiento y diseño.

Tabla 3.19 Radiación incidente sobre una superficie inclinada 14° para el municipio de Rurrenabaque

MES	Radiacion [kWh/m2/día]
Enero	4,47
Febrero	4,37
Marzo	4,33
Abril	4,49
Mayo	4,11
Junio	3,99
Julio	4,21
Agosto	4,71
Septiembre	4,82
Octubre	4,9
Noviembre	4,84
Diciembre	4,7

Fuente: Elaboración propia en base a datos de la NASA.

3.4 Cálculo de Elementos

3.4.1 Paneles Solares

Para el dimensionamiento de la de la potencia a ser instalada en paneles solares se recurrirá a la ecuación 3.10.

$$P_{\text{Paneles}} = \frac{E_D}{HSP \times \eta_{\text{Calor}}} \quad (3.10)$$

P_{Paneles} : Es la potencia necesaria a ser generada mediante los paneles solares. Las unidades de medida son [kW] o [kWp]

HSP : Son las Horas Solares Pico que son equivalentes a la irradiación diaria promedio de cada mes, la ecuación para calcular este valor es la 2.2. [h]

η_{Calor} : Es el rendimiento por calor asociado a las pérdidas por calor que sufren los paneles solares en tantos por uno.

Para determinar el rendimiento por calor que tendrá el subsistema de generación de energía a la temperatura de operación del sistema se recurrirá a los datos obtenidos de los fabricantes para un panel genérico de 100Wp.

Tabla 3.20 Características de un panel Fotovoltaico de 100Wp

Características Nominales Panel Fotovoltaico.			
Potencia Pico del Modulo	100 W	Coef. Temp. de Pm	-0,45 %/°C
Voltaje Pico	18 V	Coef. Temp. de Vm	-0,47 %/°C
Corriente Pico	5,56 A	Coef. Temp. de Im	-0,02 %/°C
Voltaje Circuito Abierto	21,6 V	Coef. Temp. de Voc	-0,35 %/°C
Corriente Corto Circuito	6,12 A	Coef. Temp. de Isc	-0,05 %/°C

Fuente: Elaboración propia en base a datos de catálogo.

El efecto de la temperatura es demasiado influyente como para no tomarlo en cuenta. Cuando el panel se encuentra a altas temperaturas, tanto como el voltaje de circuito abierto como la corriente de cortocircuito disminuyen de manera significativa como se mostró en la figura 2.7 (Curvas de rendimiento por temperatura de operación de un panel solar de 100Wp tipo).

Debido a la disminución en los valores de corriente pico, y sobretodo el valor de voltaje pico la potencia pico disminuye drásticamente de una temperatura a otra. Para determinar la temperatura de operación de las celdas solares en la práctica tenemos la ecuación 3.11.

$$T_c = T_\infty + \frac{G}{U} \quad (3.11)$$

Donde:

T_c : Es la temperatura de operación de las celdas medidas en [°C]

T_∞ : Es la temperatura del ambiente donde se encuentran ubicadas las celdas solares.
Medidas en [°C]

G : Es la irradiación en [W/m²]

U : Es el factor de pérdidas térmicas [W/m² °C]

$$U = U_c + U_v \cdot W_v \quad (3.12)$$

Donde:

U_c : Es una constante de perdida de calor medido en [W/m² × °C]

Uv : Es un factor proporcional a la velocidad del viento [$W/m^2 \times ^\circ C/m/s$]

Wv : Es la velocidad del viento medido en [m/s]

Para el mes de marzo cuya temperatura máxima promedio es de $31,87^\circ C$ y la velocidad media del viento es de $1,79$ m/s. Y teniendo en cuenta las características del lugar y de los paneles solares, sabiendo que estos se encuentran abiertos a ambos lados.

$$Uc = 20 \left[\frac{W}{m^2} \right] \times \Delta T$$

$$Uv = 12 \left[\frac{W}{m^2} \cdot \frac{s}{m} \right] \times \Delta T$$

$$Wv = 1,79 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Reemplazando todos los anteriores valores en la ecuación 3.4. se puede saber que la temperatura de funcionamiento de las celdas es de $49,3^\circ C$. Para determinar el rendimiento por temperatura se recurrirá a la ecuación 3.13.

$$\eta_{calor} = 1 - (\gamma \times \Delta T) \quad (3.13)$$

γ : Es el coeficiente de temperatura que afecta a la temperatura máxima obtenida de las características técnicas de los paneles.

ΔT : Es la diferencia de temperaturas entre la temperatura de operación de los paneles y la temperatura estándar de operación de paneles fotovoltaicos.

$$\eta_{calor} = 1 - (0,0045 \times (49,3 - 25)) = 0,891$$

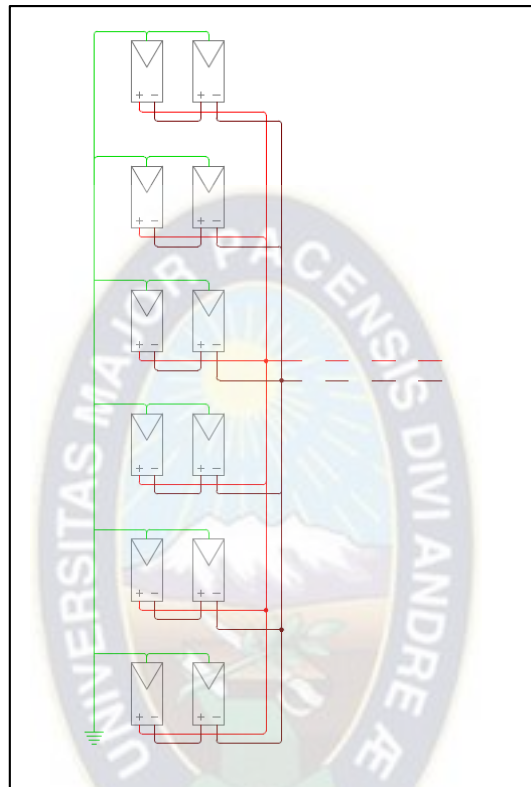
Aplicando estos últimos valores a la ecuación 3.13 se obtiene que el rendimiento por calor de los paneles fotovoltaicos es del $89,1\%$. Finalmente se calcula el número de paneles a usar en el sistema fotovoltaico usando la ecuación 3.3:

$$P_{Paneles} = \frac{6,88 [kWh]}{4,33 [h] \times 0,891}$$

$$P_{Paneles} = 1,783 [kWp]$$

La potencia necesaria a instalar es de 1800Wp por cual se puede recurrir a un arreglo de 6 ramales, cada uno con 2 paneles de 150Wp conectados en serie haciendo un total de 12. En la figura 3.4. se puede apreciar el arreglo escogido para la instalación la cual cuenta de 12 paneles de 150Wp de 12V de voltaje nominal.

Figura 3.4 Conexión de los 12 paneles solares de 150Wp.



Fuente: Elaboración Propia (AUTOCAD)

En la tabla 3.21 se pueden ver las características técnicas de los paneles que se utilizan para el proyecto. Son datos reales provistos por el fabricante de los mismos paneles a utilizar en el proyecto.

Tabla 3.21 Características principales del panel solar PS150-12V de la marca SunLink.

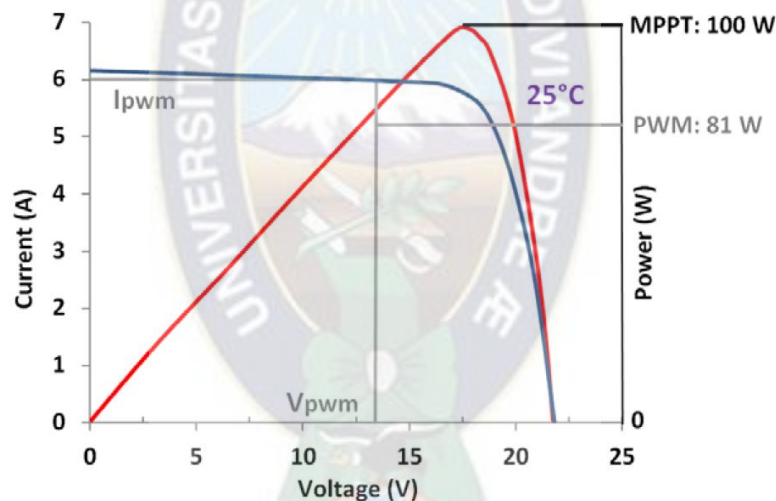
Panel de 150 Wp	
Potencia Pico	150Wp
Voltaje Pico	18,1V
Corriente Pico	8,29A
Voltaje Nominal	12VDC
Tipo de Panel	Monocristalino
Coef. De Temp	0,45%/°C

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de catálogo.

3.4.2 Regulador de Carga

Los reguladores en general son usados para suministrar energía a las baterías con la energía de manera eficiente y segura proveniente de los paneles solares. Por un lado, están los reguladores PWM, que son en esencia unos interruptores que conectan un arreglo solar a las baterías cuando hay energía y desconectan el circuito cuando el voltaje de entrada sea menor al consumido por las baterías. El resultado de usar un regulador PWM es que se recorta el voltaje proveniente de los paneles solares hasta llegar a uno cercano al de la batería, desperdiciando el resto de voltaje de entrada y por ende desperdiciando la potencia aprovechable. Por otro lado, el regulador MPPT es más sofisticado ya que ajusta el voltaje de entrada para obtener la máxima energía del arreglo solar y luego transforma toda esta energía a características óptimas de corriente y voltaje para alimentar la batería.

Figura 3.5 Potencia Aprovechada por los reguladores PWM y MPPT



Fuente: Victron Energy. (2014). Which solar charge controller: PWM or MPPT? Estados Unidos.

En la figura 3.5. se puede ver la comparación de potencias obtenidas para el caso de un panel solar de 100Wp funcionando a 25°C, vemos que el regulador MPPT es capaz de absorber los 100W mientras que un regulador PWM solamente 81W, esto sin contar el rendimiento asociado al equipo.

Ahora se analiza el caso de Real Beni en el cual la temperatura de funcionamiento es prácticamente 50°C, y de esta manera poder ver si es pertinente comprar un regulador MPPT o un regulador PWM.

Para cargar una batería de 12V es necesario que en sus bornes haya al menos 13V, un voltio más para que esta pueda cargar, y 0.5V más en la salida del regulador para compensar caídas de tensión, en total 13,5V.

Con ayuda de los datos de rendimiento de tensión con la temperatura de trabajo se puede ver que la potencia aprovechada para un panel de 100Wp por un regulador MPPT a una temperatura de operación de 49,3C será:

$$P_{mppt(49,3^{\circ}C)} = 100W \times (1 + \Delta T \times \gamma) \quad (3.14)$$

$$\begin{aligned} P_{mppt(49,3^{\circ}C)} &= 100W \times (1 + (49,3^{\circ}C - 25^{\circ}C) \times -0.45\%/^{\circ}C) \\ &= \mathbf{89,1 W} \end{aligned}$$

Ahora para calcular la potencia aprovechada por el regulador PWM se utiliza la figura 3.5. de la potencia aprovechada por los reguladores PWM y MPPT donde a 13,5V se tiene una corriente de 7A.

$$P_{pwm(49,3^{\circ}C)} = 13,5V \times 6A = 81 W$$

Se puede ver del análisis anterior que la potencia aprovechada por un regulador PWM a 49,3°C es el 81% en comparación al 89,1% aprovechado por el regulador MPPT. Por lo que el regulador MPPT aprovecha un 8,1% más de energía que un regulador PWM.

En la tabla 3.22. 3.23. 3.24. se muestran dos modelos de reguladores de ambas tecnologías que cubren la demanda calculada.

Tabla 3.22 Características del Controlador MPPT 100/50 marca Victron Energy.

Tipo de Regulador	Característica
Tecnología del Controlador	MPPT
Tensión de la batería	24V
Potencia FV nominal a 24V	1400W
Tensión Máxima del Circuito Abierto FV	100 V
Máxima Corriente de Cortocircuito	60 A

Fuente: Elaboración propia en base a datos de catalogo

Tabla 3.23 Características del Controlador PWM VS6048AU de la marca EPSOLAR

Tipo de Regulador	Característica
Tecnología del Controlador	PWM
Tensión de la batería	Automatico 12, 24, 48V
Tensión Máxima del Circuito Abierto FV	96 V
Máxima Corriente de Cortocircuito	60 A

Fuente: Elaboración propia en base a datos de catalogo

Los precios de ambos modelos se pueden ver en la tabla 3.24.

Tabla 3.24 Comparación de Precios de los Reguladores

Regulador	Costo [Bs]
MPPT 100/50 VE	7 700,00
PWM VS6048AU ES	2 650,00

Fuente: Elaboración Propia en base a cotizaciones

Para tomar una buena decisión se hará un análisis de costo beneficio entre los dos reguladores. Se tendrá en cuenta que un panel solar de 150Wp que genera 0,578kWh/día al día durante el mes de marzo cuesta 1500,00Bs. Y que de los 6,94kWh/día generado por los 12 paneles solares, el 8,1% (la diferencia de rendimiento entre los dos reguladores) equivale al 0,562kWh/día, lo que es menos de lo que genera un panel solar por sí solo.

Se puede ver que la mejor opción es la de comprar el regulador PWM ya que la energía ahorrada por un regulador MPPT ni siquiera llega a la producida por un panel solar. Se concluye que, de ser necesario, con la diferencia de precios de los reguladores, se podría adquirir otros paneles y adquirir más energía a menor precio que adquiriendo un regulador MPPT.

3.4.3 Banco de Baterías

Debido a que el sistema de alimentación es un sistema híbrido no se necesita dimensionar el banco de baterías para una autonomía elevada como se haría en una instalación puramente fotovoltaica, con al menos tres días de autonomía. Esto conllevaría a un excesivo costo de adquisición. Además de que una instalación de baterías se tiene que renovar cada cierto tiempo lo cual conlleva a gastos de operación demasiado elevados. Por eso se vio por conveniente la colocación de 6 baterías de 150

Ah cada una de tecnología VRLA de descarga profunda. La cantidad de días que abastecen estas baterías se calcula con la fórmula 3.15.

$$N_{DA} = \frac{C_{Acu} \times V_{Bat} \times P_{Dmax}}{E_{DB}} \quad (3.15)$$

Donde:

- N_{DA} : Es la cantidad de días de autonomía que brinda el banco de baterías [días]
- C_{Acu} : Es la capacidad del banco de baterías [Ah]
- V_{Bat} : Es el voltaje de la batería medido en Voltios [V]
- P_{Dmax} : Es la profundidad de descarga característica del tipo de baterías y recomendada por el fabricante. En este caso se implementa una descarga profunda del 80%
- E_{DB} : Es la energía demanda a partir del banco de baterías, tomando en cuenta la eficiencia del inversor y de la instalación medido en [kWh/día].

Las características de las baterías a utilizar se pueden ver a en la tabla 3.25.

Tabla 3.25 Especificaciones técnicas de las Baterías a usar.

Baterías Toyo VRLA BTB12150	
Capacidad	150Ah
Voltaje Nominal	12V
Tiempo de descarga	20 horas
Profundidad de Descarga	75%

Fuente: Elaboración propia en base a datos de catalogo

La demanda de energía a partir del banco de baterías hacia la instalación se puede calcular con la ecuación 3.8.

$$E_{DB} = \frac{E_d}{\eta_{Inv} \times \eta_{Cond}} \quad (3.8)$$

Donde:

E_d : Es la demanda de energía consumida por los equipos de la instalación [kWh/día]

η_{Reg} : Es la eficiencia del inversor el cual es igual a 90%.

η_{Cond} : Es la eficiencia debido a los conductores el cual es igual a 95%.

$$E_{DB} = \frac{6,88}{0,95 \times 0,95} = 7,62 \left[\frac{kWh}{día} \right]$$

Con las anteriores ecuaciones y los cálculos previos se puede calcular los días de autonomía promedio para cada mes, y pasarlo a horas. Esto se puede apreciar en la tabla 3.26.

Tabla 3.26 Días de autonomía brindados a la instalación por un grupo de 450Ah a 24V

MES	Demanda Diaria [kWh/Día]	Demanda Diaria desde Batería [kWh/Día]	Días de autonomía	Horas
Enero	5,39	5,97	1,54	36,9
Febrero	5,13	5,68	1,62	38,8
Marzo	5,36	5,94	1,55	37,1
Abril	5,29	5,87	1,56	37,6
Mayo	4,64	5,15	1,78	42,8
Junio	4,43	4,91	1,87	44,9
Julio	4,50	4,99	1,84	44,2
Agosto	5,16	5,72	1,61	38,5
Septiembre	5,71	6,33	1,45	34,8
Octubre	5,80	6,43	1,43	34,3
Noviembre	5,63	6,24	1,47	35,3
Diciembre	5,47	6,06	1,51	36,4

Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en la tabla 3.26. la cantidad de autonomía mínima es de 34,3 horas. Por lo que se puede decir que este sistema es capaz de brindar una cantidad aceptable de autonomía, suficiente como para pasar un día sin sol. Teniendo siempre de respaldo el generador a combustible.

3.4.4 Generador a Gasolina

Para dimensionar el grupo generador es necesario conocer las potencias de todos los equipos que se utilizan en la instalación eléctrica. Estas potencias se pueden ver en la tabla 3.3. Con esos datos es que se puede dimensionar el generador.

$$Pot_{Gen} = Pot_{Ins} \times 1,5 \quad (3.16)$$

Donde:

Pot_{Gen} : Es la potencia mínima que debe tener el generador a adquirir [VA]

Pot_{Ins} : Es la potencia total instalada en el centro de acopio [VA]

La potencia mínima del generador es un 50% más de la potencia total instalada. Esto se recomienda para prever futuras ampliaciones, pero también para que el excedente de potencia pueda cargar las baterías del sistema.

Tabla 3.27 Características mínimas necesarias para el generador a adquirir.

Generador AC	Característica
Voltaje de salida	220-230 VAC
Frecuencia de Salida	50-60 Hz
Arrancador	Manual y Eléctrico
Máxima Potencia	1650 VA
	1390 W
Máxima Corriente de Cortocircuito	60 A

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 3.27. se pueden apreciar las especificaciones mínimas del motor. La cual contempla un alto margen de ampliación para futuras expansiones en la instalación eléctrica.

3.4.5 Cálculo de los Conductores

En sistemas de generación fotovoltaicos hay que tener mucho cuidado al seleccionar los calibres de los conductores debido a que estos trabajan a corriente continua y bajos voltajes, haciendo que la corriente de circulación sea muy elevada con respecto a las instalaciones de corriente alterna que todos conocemos.

En la tabla 2.4 se puede ver las caídas de tensión permitidas en un sistema fotovoltaico según la norma NB1056

Primero hay que calcular la potencia que circulara en cada uno de los tramos, para luego poder calcular la corriente. Para calcular la corriente, y dado que se trata de corriente continua, utilizaremos la ecuación 3.17.

$$I_{Tram} = \frac{P_{Tram}}{V_{Tram}} \quad (3.17)$$

Donde:

I_{Tram} : Es la corriente circulante por cierto tramo del circuito de generación fotovoltaica [A]

P_{Tram} : Es la potencia que transcurre por cierto tramo del circuito de generación fotovoltaica [W]

V_{Tram} : Es el voltaje a la cual se encuentra el tramo en cuestión dentro del circuito de generación fotovoltaica. [A]

Tabla 3.28 Corriente que circula por cada tramo de la instalación fotovoltaica

Tramo	Potencia [W]	Voltaje [V]	Corriente [A]
Paneles - Regulador	1600	33	48,5
Regulador- Baterias	1520	27	56,3
Baterias - Inversor	1520	24	63,3

Fuente: Elaboración Propia

Conociendo las corrientes que circulara por cada tramo del circuito fotovoltaico y conociendo las distancias aproximadas que se puede obtener del plano del centro de acopio que está en el Anexo E.

$$\Delta V\% = \frac{2 \cdot I_{Tram} \cdot \rho \cdot L_{Tram}}{V_{Tram} \cdot \phi_{Tram}} \times 100\% \quad (3.18)$$

Donde:

$\Delta V\%$: Es el porcentaje de caída de tensión con respecto a la tensión en la cual se encuentra dicho tramo. [%]

ρ : Es la resistividad del material de los conductores, en este caso es del cobre. Por lo tanto, $\rho = 0,0171 \left[\frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} \right]$

L_{Tram} : Es la longitud del cable correspondiente al tramo tomada en una sola dirección medida en metros. [m]

\emptyset_{Tram} : Es el área transversal del cable a usarse. Estos están normados según la norma boliviana NB777 y se puede apreciar la tabla en el Anexo J. Esta medida en [mm^2]

Con la ecuación 3.18. se calcula la caída de tensión para cada tramo de la instalación generadora fotovoltaica.

Tabla 3.29 Dimensionamiento del calibre de cada conductor

Tramo	Corriente [A]	Distancia [m]	Calibre [mm ²]	Caída de Tensión [%]	Designación de Cable
Paneles - Regulador	48,48	6	13,28	2,3	AWG 6
Regulador- Baterías	56,30	2	21,15	0,7	AWG 4
Baterías - Inversor	63,33	2	21,15	0,9	AWG 4

Fuente: Elaboración propia


En la tabla 3.29 se puede apreciar los valores de caída de tensión para cada tramo calculados por iteración en base al calibre de cables escogidos según la norma NB777.

3.5 Especificaciones de los Componentes

3.5.1 Especificación de los paneles Solares

Las especificaciones técnicas de los paneles solares son:

Tabla 3.30 Especificaciones técnicas de un panel Solar a adquirir para el proyecto.

Especificaciones Técnicas Paneles Solares	
Potencia Pico 150Wp	
Voltaje Pico 18,1V	
Corriente Pico 8,29 A	
Voltaje de Circuito Abierto 21,6 V	
Corriente de Cortocircuito 9,25 A	
Voltaje Nominal 12 VDC	
Coef de Temperatura 0,45%/°C	
Tipo Mono Cristalino	

Fuente: Elaboración Propia en base a catalogo

Las características para pérdidas de calor de estos paneles se ven en la tabla 3.31.

Tabla 3.31 Coeficientes de pérdida por temperatura del panel a adquirir.

Características Nominales Panel Fotovoltaico.	
Coef. Temp. de Pm	-0,45 %/°C
Coef. Temp. de Vm	-0,47 %/°C
Coef. Temp. de Im	-0,02 %/°C
Coef. Temp. de Voc	-0,35 %/°C
Coef. Temp. de Isc	-0,05 %/°C

Fuente: Elaboración Propia en base a catalogo

3.5.2 Especificación del Regulador de Carga

Las especificaciones técnicas del regulador que se requiere basadas en las especificaciones de los paneles solares y la demanda de energía y potencia.

Tabla 3.32 Características del Regulador de Carga a adquirir.

Regulador de Carga	Característica
Tecnología del Controlador	PWM
Tensión de la batería	24V
Potencia FV nominal a 24V	1400W
Tensión Máxima del Circuito Abierto FV	96 V
Máxima Corriente de Cortocircuito	60 A

Fuente: Elaboración Propia en base a catalogo

En la tabla 3.32. se puede ver las características principales de un controlador de carga disponible en el mercado que más se ajusta a los requerimientos mínimos.

Figura 3.6 Regulador de Carga tipo PWM EP VS6048AU



Fuente:<http://www.epsolarpv.com/en/uploads/news/201710/1508814745499570.pdf>

3.5.3 Especificaciones de las Baterías

Las Características de las baterías a utilizar en el proyecto y en las cuales se basaron los cálculos se muestran en la tabla 3.33.

Tabla 3.33 Características de las baterías TOYO BAT12150

Especificaciones Técnicas de Baterías	
Capacidad	150Ah
Tiempo de descarga	20 horas
Tipo de batería	VRLA
	Descarga Profunda
Mantenimiento	Libre

Fuente: Elaboración Propia en base a datos de catalogo

En la figura 3.7 se muestra la imagen de una batería de la marca y línea TOYO SOLAR la cual tienes las prestaciones que se requieren.

Figura 3.7 Batería TOYO BAT 12150 tipo VRLA



Fuente: Catalogo del Producto

3.5.4 Especificaciones del Inversor

El inversor de corriente que se adapta a las necesidades de demanda de energía y potencia de la instalación es el que se expone en la tabla 3.34. Este es un inversor que se encuentra actualmente en el mercado.

Tabla 3.34 Características del Inversor de corriente a adquirir.

Características del Inversor DC-AC	
Voltaje de Entrada VDC	19-33 V
Voltaje de Salida VCA	230 V
Frecuencia de salida	50 HZ
Potencia de salida 25°C	1600 VA
Potencia de salida 25°C	1300 W
Potencia de salida 40°C	1200 W
Eficacia Máxima	94%
Pico de Potencia	3000 W

Fuente: Elaboración propia en base a datos de catalogo

Al ser la instalación un sistema híbrido es necesario contar con un cargador el cual reciba corriente externa del generador y pueda alimentar la carga eléctrica de la instalación y al mismo tiempo recargar las baterías. La propuesta es el Inversor/Cargador MultiPlus C24/1600/40.

Tabla 3.35 Características del sistema Cargador.

Características del Sistema Cargador	
Voltaje de Entrada VCA	187-265 V
Frecuencia de Entrada	45-65 HZ
Tensión de carga Absorción VDC	28,8 V
Tensión de carga de flotación VDC	27,6
Modo de Almacenamiento VDC	26,4 V
Sensor de Temperatura	SI

Fuente: Elaboración propia en base a datos del catalogo

En la figura 3.8. se puede ver el Inversor Cargador que se recomienda adquirir para el sistema.

Figura 3.8 Inversor Cargador MultiPlus C24/1600/40 de la marca Victron Energy



Fuente: <https://www.victronenergy.com/inverters-chargers/multiplus-12v-24v-48v-800va-3kva>

3.5.5 Especificaciones del Generador a Combustible

El grupo generador encargado de brindar autonomía al sistema y de recargar las baterías al mismo tiempo de alimentar la carga de la instalación del centro de acopio tendrá las características que se pueden ver en la tabla 3.36.

Tabla 3.36 Características del Generador a adquirir para el sistema híbrido.

Generador AC	Característica
Motor	7 HP
Revoluciones	3600 RPM
Capacidad de Tanque	14,9 litros
Voltaje de salida	220 VAC
Frecuencia de Salida	50 Hz
Arrancador	Manual y Eléctrico
Máxima Potencia	2300 VA 2000 W
Máxima Corriente de Cortocircuito	60 A

Fuente: Elaboración Propia en base a datos del catalogo

Es de suma importancia que el arranque sea de tipo eléctrico, porque es gracias a esta opción que se podrá automatizar el sistema de forma que cuando las baterías se descarguen hasta su límite (profundidad de descarga) el generador arranque gracias a una señal programada desde el inversor/cargador, de esta forma la autonomía del sistema no dependerá de un operador.

Figura 3.9 Generador HONDA EB3000S



Fuente: <http://sterlingkenya.com/honda-eb3000s.htm>

3.6 Resumen de Memoria de Cálculo

3.6.1 Demanda de la Instalación

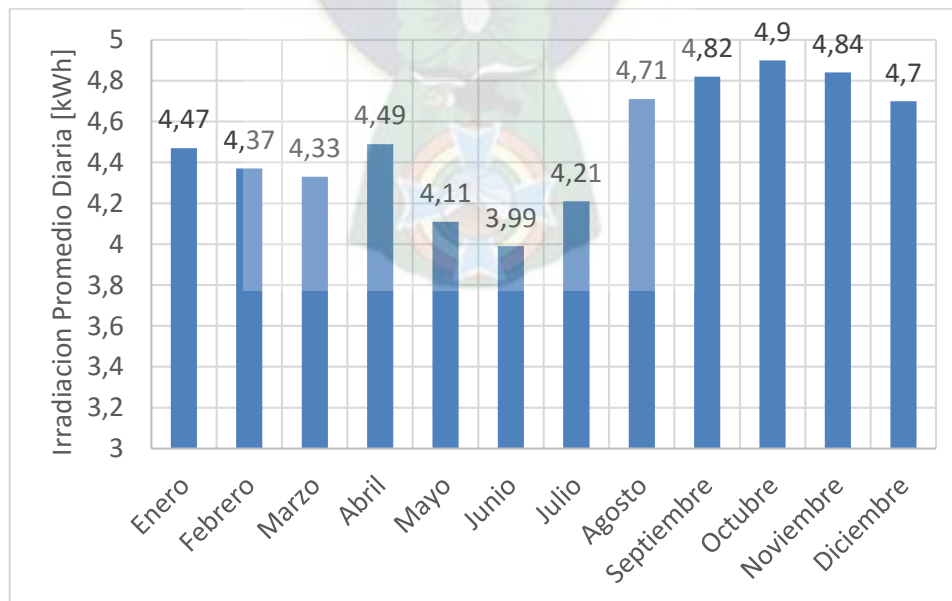
Tabla 3.37 Demanda energética del centro de acopio.

Mes	Irradiación Promedio [kWh/m ² /día]	Demanda Diaria [KWh/día]
Enero	4,48	6,91
Febrero	4,48	6,58
Marzo	4,34	6,88
Abril	4,52	6,79
Mayo	4,29	5,96
Junio	4,29	5,68
Julio	4,48	5,78
Agosto	4,82	6,62
Septiembre	4,82	7,32
Octubre	4,98	7,44
Noviembre	4,87	7,23
Diciembre	4,71	7,02

Fuente: Elaboración Propia

3.6.2 Ángulo de Incidencia y Radiación Promedio

Gráfica 3.6 Radiación Promedio diaria sobre un plano inclinado 14°



Fuente: Elaboración Propia en base a datos de la NASA

3.6.3 Características de la Instalación

Tabla 3.38 Características Principales del Sistema Híbrido

Características de la instalación	
Potencia pico instalada	1800 Wp en un arreglo de 6 ramales, cada uno de 2 paneles. Especificaciones Técnicas en el apartado de Equipos a Utilizar.
Capacidad de Banco de Baterías	450 Ah en un arreglo de 3 ramales cada uno de 2 baterías. Especificaciones Técnicas en el apartado de Equipos a Utilizar.
Regulador de Carga	Regulador de carga de tipo PWM con 1400 W de capacidad y voltaje de circuito abierto de 96 V. Especificaciones Técnicas en el apartado de Equipos a Utilizar.
Generador	Potencia de Suministro 2300 VA. Especificaciones Técnicas en el apartado de Equipos a Utilizar.
Inversor de Carga	Inversor de potencia 1600 VA con un voltaje de entrada de 24V. Especificaciones Técnicas en el apartado de Equipos a Utilizar.
Conductores	Paneles – Regulador : AWG 6 Regulador – Baterías : AWG 4 Baterías – Inversor : AWG 4

Fuente: Elaboración Propia

3.6.4 Equipos a Utilizar

Tabla 3.39 Equipos a Adquirir para realizar la instalación

Equipo	Nro. Piezas	Material	Características	Observaciones
Paneles Solares	12	Semiconductores, Varios	150 Wp mono cristalinos	
Regulador de Carga	1	Varios	Tipo PWM, 24V salida	
Baterías	6	Plomo Acido	150Ah tipo VRLA descarga profunda	Baterías tipo Solar
Generador a Gasolina	1	Varios	Voltaje de Salida 220 – 230V AC, frecuencia de salida 50 – 60Hz, Potencia nominal 2300 W	Con arrancador eléctrico
Inversor Cargador	1	Varios	Potencia 1600 VA, voltaje de salida 220 - 230 VCA, Frecuencia de salida 50 – 60 Hz	Importante que tenga un rele programable para poder encender el generador.
Disyuntor Termo magnético	3	Varios	Disyuntor Termomagnético de 60A	Esto por falta de Fusibles CC en el mercado local
Caja metálica	1	Metal	Caja metálica IP 65, para montaje de tablero de 60 X 60 cm.	

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO IV

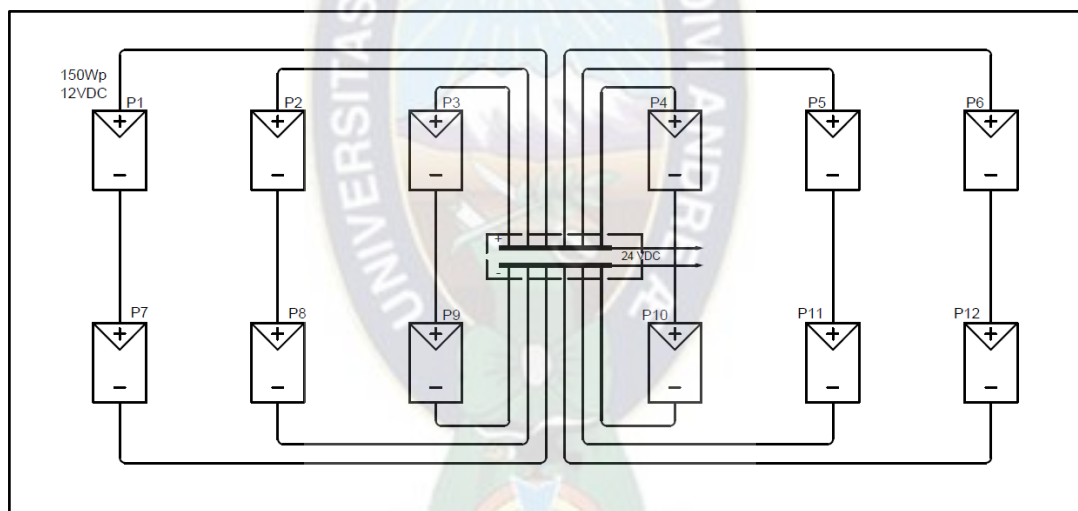
MONTAJE Y OPERACIÓN

4.1 Procesos de Montaje

4.1.1 Montaje de los Paneles

Los paneles tienen que estar montados y sujetos sobre la estructura metálica. Se sujeta por medio de pernos colocados en orificios hechos a medida tanto en el panel como en la estructura. En cuanto a la conexión eléctrica deberán conectarse dos paneles en serio para formar un ramal de 24 voltios nominal. Después conectar 6 de estos ramales en paralelos para aumentar la corriente que generan.

Figura 4.1 Esquema de Conexión de los paneles solares. Elaboración Propia (AUTOCAD ELECTRICAL)



Fuente: Elaboración Propia (AUTOCAD ELECTRICAL)

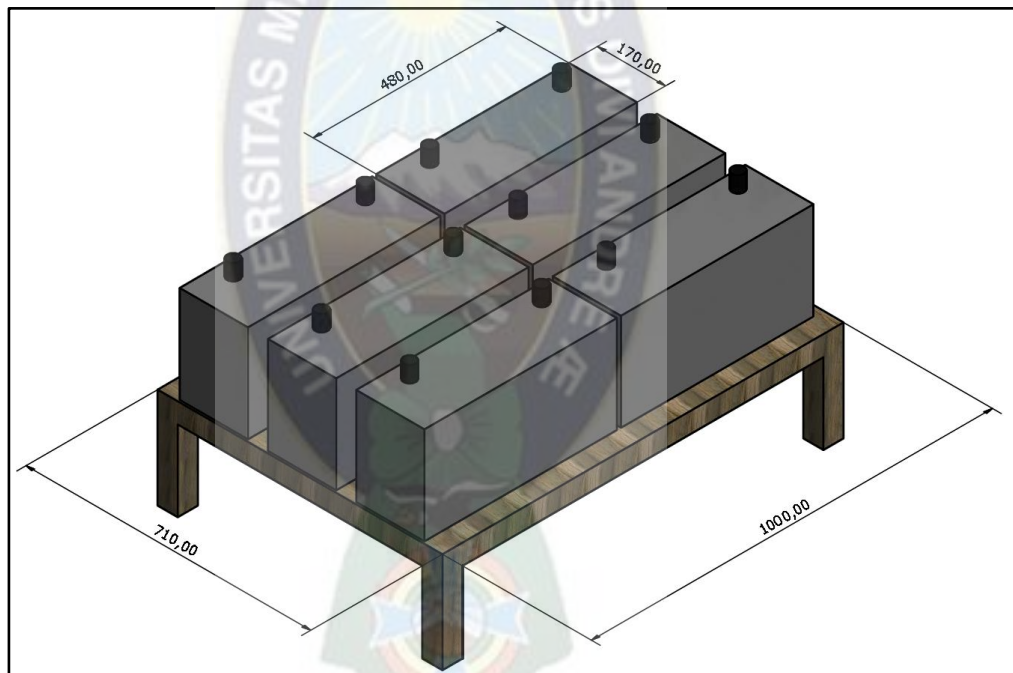
Para lograr la conexión deseada se tendrá que conectar el polo negativo de un panel al polo positivo de otro y a la vez conectar el polo negativo de este último panel al polo positivo de otro. Cada ramal deberá estar conectado a una caja de conexiones donde habrá 2 barras. En una barra se conecta las terminales positivas de cada ramal, y en la otra barra las terminales negativas de los ramales.

De esta caja de conexión saldrán dos cables que saldrán hacia el regulador de carga para luego conectarse a las baterías y al inversor. Cabe resaltar que la conexión a tierra se hará mediante una conexión desde el panel hasta la estructura metálica, tal como indica la Norma Boliviana NB 1056.

4.1.2 Montaje de las Baterías

Las baterías serán montadas sobre una mesa de 1000 mm X 710 mm de tal manera que quede espacio para la circulación de aire entre baterías y siguiendo las características que recomiendan los fabricantes de las mismas. Las baterías VRL son baterías reguladas por válvula, al igual que las baterías AGM, la cual bajo cargas normales recomendadas no da salida a ningún gas. No obstante, al estar la batería sometida a sobrecargas excesivas, puede expulsar hacia la atmosfera hidrogeno y oxígeno. Por lo tanto, deberán ser instaladas en habitaciones cerradas con flujo de aire, una ventilación suficiente para un ser humana será la adecuada para evitar condiciones peligrosas. Estas baterías pueden ser instaladas muy cerca de equipos electrónicos únicamente cuando el calor generado por estos equipos sea limitado o eliminado.

Figura 4.2 Montaje de las baterías.



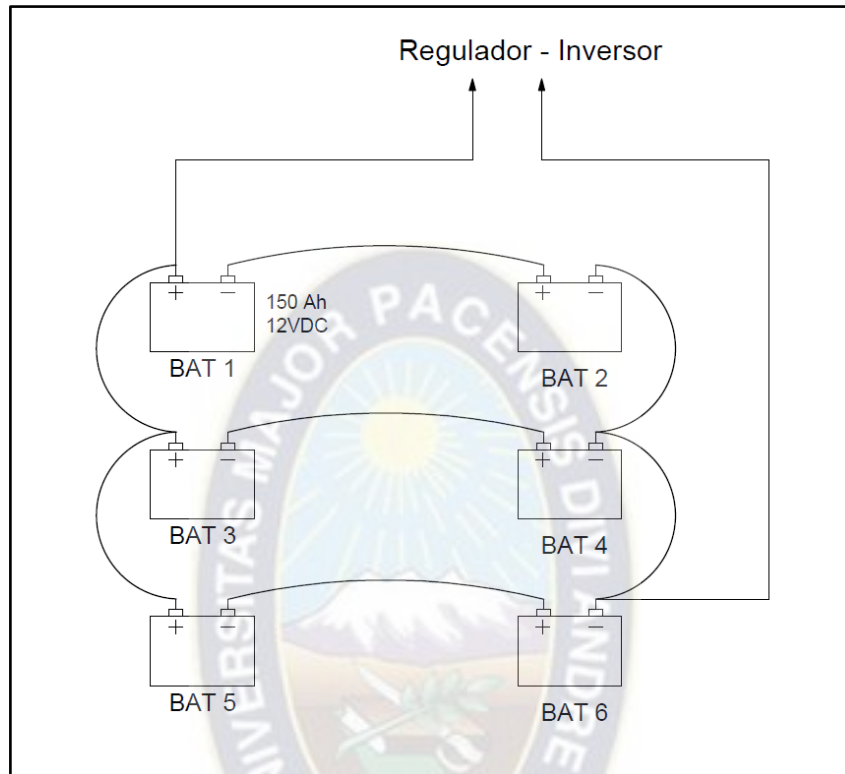
Fuente: Elaboración Propia (INVENTOR 2016)

El calibre del cable a ser usado es el AWG#4 el cual será armado con terminales tipo ojal del mismo calibre y sujetado con pernos galvanizados de 3/8" y largo de 1,5".

Al igual que en los paneles solares las baterías deben formar ramales de 24VDC, es decir tres ramales y cada uno 2 baterías conectadas en serie. Las conexiones positivas y negativas que van hacia el inversor y llegan desde el regulador serán tomadas cada una desde una batería extrema a la otra, tal y como indica la Norma

Boliviana NB – 1056. Esto para tener una descarga uniforme de baterías, un mayor tiempo de vida de las mismas y poder aplicar un voltaje de ecualización como mantenimiento al banco de batería.

Figura 4.3 Esquema de Conexión del grupo de baterías.



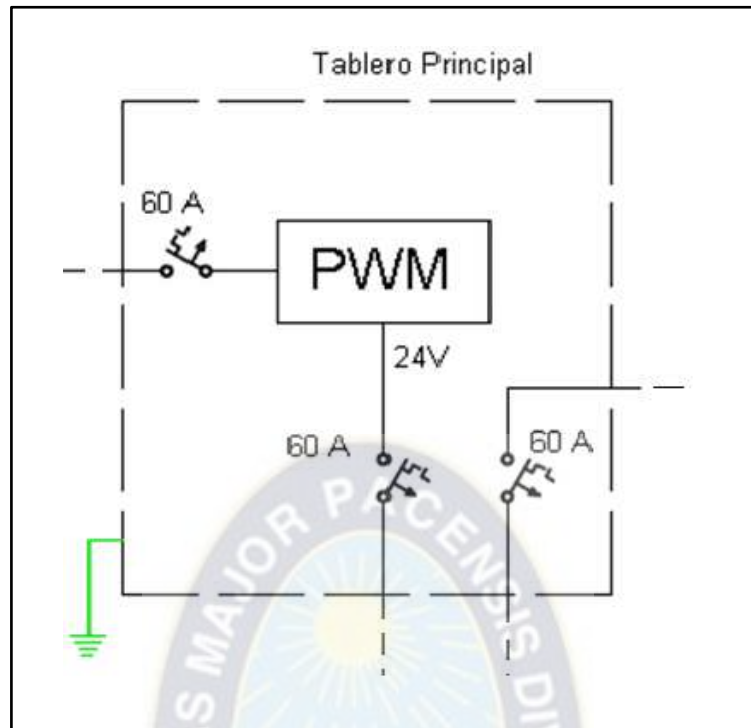
Fuente: Elaboración Propia (AUTOCAD ELECTRICAL)

En la figura 4.3. se puede ver la forma correcta de conectar las baterías. Antes de proceder al montaje de las baterías es necesario medir su voltaje en circuito abierto. Este valor deberá ser de al menos 12,4 voltios, según fabricante. Para el caso del presente proyecto en el cual se conecta 2 baterías en serie deberemos obtener al menos 24.8 voltios.

4.1.3 Montaje del Regulador de Carga y las Protecciones

En el manual del regulador de carga se puede apreciar las protecciones que necesitan la instalación y la forma correcta de conectarlos. En dicho esquema se puede apreciar una protección entre los paneles y el regulador de carga, entre el regulador de carga y las baterías, y finalmente entre las baterías y el inversor de corriente. Lo anteriormente mostrado se puede ver en la figura 4.4.

Figura 4.4 Esquema de Conexión del Regulador de Carga y sus protecciones.



Fuente: Elaboración Propia (AUTOCAD ELECTRICAL)

Debido a que el inversor de corriente a usar (24/1600/40-16 de la marca VICTRON ENERGY) cuenta con las protecciones de sobrecarga y cortocircuito integradas en todas sus salidas y entradas de energía, es que se puede omitir el disyuntor termo magnético proveniente de las baterías y hacia el inversor de corriente.

La forma de colocar las protecciones es montada sobre un riel DIN perforada de 35 X 7.1 X 1 [mm] el cual estará sujeta a la placa dentro del tablero. Y para montar el regulador este viene con sus accesorios de montaje. Hay que tener en cuenta que hay que montar el equipo regulador según las recomendaciones de los fabricantes, es decir que cuente con el espacio y la ventilación suficiente. Después de eso hace falta una programar el regulador para el tipo de uso que se le dará y el tipo de baterías que alimenta. Para terminar, el regulador de carga empieza a funcionar cuando estén conectados los paneles y/o las baterías.

4.1.4 Montaje del Inversor/Cargador

El inversor/cargador debe montarse de manera parecida al regulador de carga ya que este equipo viene con sus accesorios de instalación los cuales consta de un sujetador que se empotra en la pared y unos pernos de encarne.

Las conexiones que necesita hacer este inversor/cargador son las siguientes:

- Del inversor al grupo de baterías, incluyendo el sensor de temperatura.
- Del generador hacia el Inversor.
- Del inversor al disyuntor principal del centro de acopio
- Finalmente, hacia el arrancador automático del generador desde las terminales del relé interno programable con el que cuenta este equipo.

Estas conexiones son fáciles de identificar pues vienen bien señaladas y además de tener las terminales apropiadas para una buena conexión. El equipo viene casi listo para funcionar, es más, el equipo puede funcionar sin hacer ninguna modificación a nivel de programación. Pero para aprovechar al máximo las ventajas que brinda este inversor/cargador y así aumentar la eficiencia de la instalación, y además proteger uno de los componentes más costosos de la instalación como son las baterías, se necesita programar este equipo con los valores que recomienda la norma y los fabricantes para el tipo de baterías a ser usadas (baterías tipo VRLA).

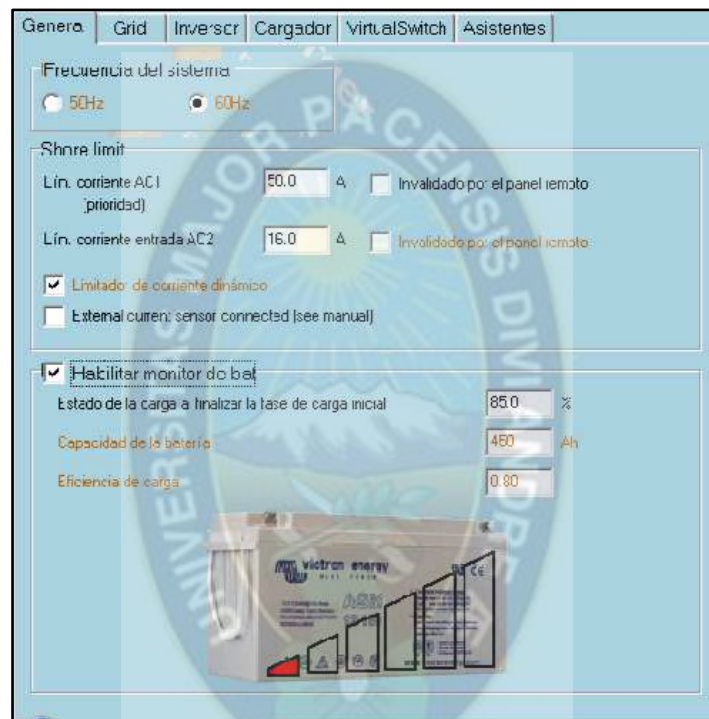
Figura 4.5 Convertidor MK2 a USB de la marca Victron Energy



Fuente: <https://www.victronenergy.com/inverters-chargers/multiplus-12v-24v-48v-800va-3kva>

En la figura 4.5 se muestra el convertidor MK2 a USB que se usa para poder conectarse al equipo inversor/cargador desde una computadora mediante un cable UTP con terminal RJ45. Cabe resaltar que este último equipo conversor, a pesar de ser de suma importancia, no viene incluido con el equipo inversor. Hay que adquirirlo por separado desde la tienda de Victron Energy.

Figura 4.6 Entorno de Configuración del Inversor/Cargador. (VEConfig 3.0)



Fuente: Obtención Propia

Los valores a escoger para la programación del inversor, siguiendo con las recomendaciones del fabricante y las normas IEC junto a la NB 1056, se pueden apreciar en la figura 4.6. De todas formas, esta programación está expuesta en el Apéndice para quien quiera estudiarlo más a fondo. La programación detallada se puede apreciar en El Anexo A.

4.2 Recomendaciones de Operación y Mantenimiento

Este es un proyecto de impacto social aplicado en la comunidad de Real Beni donde, debido a las características demográficas, la mayoría de la gente no cuenta con conocimientos técnicos medios. Y además teniendo en cuenta que este es un proyecto

el cual será entregado y después administrado y gestionado por las familias de la comunidad. Es decir, que a partir de la fecha de entrega las personas del lugar deberán estar capacitadas no solo para poder manejar los equipos del centro de acopio, sino de brindar un correcto seguimiento y mantenimiento a los equipos y a toda la instalación en general.

Es por ello que se brinda un texto de apoyo a los encargados del centro de acopio para que puedan entender el funcionamiento básico de todo el sistema de generación, además de poder brindar un mantenimiento preventivo a las máquinas y en algunos casos un mantenimiento correctivo si este fuese necesario.

4.2.1 Recomendaciones para los Paneles Solares

Los paneles solares no necesitan ningún tipo de manipulación para funcionar. Solamente hay que realizar el mantenimiento, pues la suciedad afecta de manera directa al rendimiento de los mismos. Además de existir alguna mancha, como excremento de pájaros, estas zonas en vez de generar energía empiezan a consumirla produciendo así un exceso de calor por lo que los paneles se queman, lo que se conoce como efecto de punto caliente.

Su mantenimiento consta de la limpieza seguida hecha con abundante agua, y evitando sobre todo los químicos como jabones detergentes o alcohol. Por otro lado, se debe medir las corrientes que circulan por cada ramal y el total que entra al regulador de carga. También debe medirse el voltaje que llega hacia el regulador y de ser posible el voltaje que cada ramal tiene. De esta forma se puede identificar desconexiones, imperfecciones en los paneles o suciedad excesiva.

Tabla 4.1 Mantenimiento Preventivo y Correctivo de los paneles solares.

MANTENIMIENTO DE PANELES SOLARES			
Acción	Frecuencia	Observación	Acción/Diagnostico
Limpieza de los Paneles	Semana Por Medio	Demasiada Suciedad	Buscar fuente de polvo o tierra
		Panel Roto	Buscar causa y cambiar de panel por uno de las mismas características
		Hay sombras sobre el panel	Identificar la fuente de la sombra y eliminar la fuente de la misma, si es necesario podar los árboles cercanos

		Se formó un nido de algún insecto	Suele formarse nido de avispas en las esquinas de los paneles, esto podría originar una falla. Realizar una limpieza más profunda de la estructura y los paneles.
Medición de Corriente que circula por cada ramal	Semana Por Medio	No hay corriente en alguna de las ramas	Se desconectó algún cable, revisar las conexiones.
Medición de Corriente que circula hacia el Regulador en un día soleado y alrededor al medio día.	Una vez al mes	Se detecta una caída de corriente respecto al registro meses anteriores	Revisar que todos los paneles estén bien conectados.
Medición de Voltajes	Una vez al mes	Se detecta una caída de voltaje respecto al registro de meses anteriores.	Revisar si los paneles se encuentran en buena condición física.
			La vida útil de los paneles puede estar por cumplirse. Buscar alguna fuente de deterioro prematuro, o si concuerda con su ciclo teórico pensar en cambiar los paneles solares.

Fuente: Elaboración Propia

4.2.2 Recomendaciones para el Grupo de Baterías

El tipo de baterías escogidas es del tipo VRLA por lo cual son selladas y no necesitan de un mantenimiento específico como aumentar y/o cambiar el agua y ácido de las baterías. El único mantenimiento que estas baterías necesita es una leve limpieza, el seguimiento del voltaje y una inspección visual.

Tabla 4.2 Mantenimiento Preventivo y Correctivo del grupo de Baterías.

MANTENIMIENTO DEL GRUPO DE BATERIAS			
Acción	Frecuencia	Observación	Acción/Diagnostico
Limpieza de las baterías	Semana Por Medio	Se encuentra sarro en las terminales de la batería.	Lijar las superficies para que haya un buen contacto.
			Avisar a los técnicos al respecto, porque puede deberse descargas inapropiadas de las baterías y esto reducirá su ciclo de vida considerablemente
Medición de voltaje de las baterías después de	Una vez al mes	Se detecta una caída de voltaje respecto al	Con esto se puede conocer el estado de las baterías y su condición respecto a su ciclo de vida.

que estas hayan sido recargadas por el generador. Y llevar registro		registro de meses anteriores.	
---	--	-------------------------------	--

Fuente: Elaboración Propia

4.2.3 Recomendaciones para el Tablero Principal

En el tablero principal están los siguientes equipos; el regulador de carga, el inversor/cargador, el arrancador automático y los dispositivos de protección. Al haber tantas conexiones en un solo lugar es importante revisar el ajuste de las mismas para evitar discontinuidades en el servicio de energía, o accidentes producidas por piezas energizadas. Dadas las condiciones de tierra y polvo del lugar es necesario hacer énfasis en la limpieza de todos los componentes.

Tabla 4.3 Mantenimiento Preventivo y Correctivo del Tablero Principal

MANTENIMIENTO DEL TABLERO PRINCIPAL			
Acción	Frecuencia	Observación	Acción/Diagnostico
Inspección visual	Una vez al mes	Existe un cable suelto	Desconectar los disyuntores e inspeccionar el lugar de donde se desconectó el cable. Volver a conectarlo y revisar voltajes para ver que todo este conectado.
		Algún disyuntor se encuentra en la posición de OFF	Si algún disyuntor se encuentra en la posición de OFF sin que ningún operario lo haya puesto así entonces se puede estar seguros de que existe una sobrecarga o un cortocircuito. Revisar la sección correspondiente a ese disyuntor en busca de un cortocircuito o revisar su cuadro de cargas. Una vez solucionado reconectar el disyuntor
Medir los voltajes en las distintas terminales de conexión en el equipo regulador de carga y los disyuntores.	Una vez al mes	No existe voltaje en alguna de las terminales	Esto es porque se desconectó algún cable en la instalación por lo que hay que revisar todas las conexiones en busca de una desconexión y repararla. En caso de que toda la conexión se encuentre bien, entonces identificar un posible equipo que haya fallado.

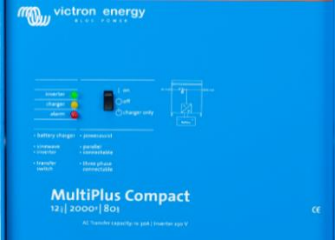

Fuente: Elaboración Propia


4.2.4 Recomendaciones para el Generador Eléctrico

El generador eléctrico encargado de brindar autonomía a todo el sistema eléctrico y por tener muchas piezas móviles tiene un grado mayor de mantenimiento y operación. Debido a que este es un generador eléctrico acondicionado a arrancar de manera automática, función que no está en su diseño. Es por ese motivo que cuando no se usa por algún tiempo es necesario usar el ahogador del motor de manera manual para que el motor arranque, por lo que es recomendable realizar esta acción por lo menos una vez por semana para que la función de arranque automático funcione adecuadamente. Por otro lado, como cualquier otro motor este necesita un cambio de aceite cuando este se desgasta o agota. Además de estar atentos a su reserva de combustible para que este esté siempre a disposición.

4.2.5 Recomendaciones para la Instalación en General

Tabla 4.4 Mantenimiento Correctivo de la instalación en general.

MANTENIMIENTO CORRECTIVO		
Problema	Causa / Comprobación	Solución / Indicación
No hay Electricidad por falla de cargas.	Falla debido a una sobre carga o cortocircuito de corriente	Desconectar todas las cargas y subir los térmicos del tablero (colocar en la posición de ON).
No hay electricidad por falla del sistema	Falla del conjunto de paneles o banco de baterías	Encender el generador manualmente (solución provisional).
No hay electricidad y se desconoce las causas	Los térmicos están en la posición de OFF	Colocar todos los térmicos en la Posición de ON
	Revisar que el inversor este en la posición de INVERER y verificar que la luz verde este prendida	
	Algún cable puede estar suelto.	Revisar el cableado del tablero y ver que ningún cable y se haya salido de su lugar.
El generador no enciende automáticamente	Comprobar que la llave del generador y el "Circuit Breaker" estén en la posición de ON	
	Comprobar que el generador eléctrico tenga suficiente gasolina para funcionar.	

El generador no se apaga automáticamente	Comprobar que el arrancador automático está en la posición de encendido o en la posición de "I"	
Conexiones Seltas	Manipulación, Esfuerzo del viento, temperatura o desajuste natural	Ajustar conexiones
Panel Roto	Manipulación o golpes	Reemplazar Panel
Las Tabla 4.4: Mantenimiento Correctivo de la instalación en general.	No recibe corriente proveniente a los paneles solares	Revisar que todos los térmicos estén en la posición de ON
		Verificar la conexión del sistema de paneles, subirse al techo si es necesario.
	Las baterías cumplieron su ciclo de vida	Se debe prever comprar unas baterías nuevas

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 4.5 Mantenimiento Preventivo de la instalación en general.

MANTENIMIENTO PREVENTIVO		
Frecuencia	Actividad	Recomendación
2 veces al mes	Encender el generador manualmente siguiendo los pasos del manual de operaciones. (Revisar Manual OP)	
1 Vez al mes	Limpiar suavemente los paneles cuando el cielo este nublado o un poco antes de que anochezca (cuando haya baja incidencia solar) con abundante agua usando trapos limpios, esponjas o cepillos suaves. Evitar usar cualquier tipo de químico, como ACE o algún tipo de detergente.	No golpear o dejar caer objetos sobre los paneles solares.
1 Vez al mes	Revisar y ajustar las tuercas y tornillos tanto en las baterías como en tablero eléctrico. De ser necesario hacerlo también en la estructura metálica del techo.	Colocar todos los térmicos en posición de apagado "OFF" para evitar choques eléctricos.
1 Vez al mes	Medir, con ayuda de la pinza amperimétrica, los voltajes entre los tornillos de los térmicos para verificar que haya un flujo de energía. En caso que no haya voltaje en algún térmico revisar las conexiones.	El térmico de la izquierda y del medio debe medirse en DC y anotarse la medición. El térmico de la derecha debe ser medido en AC y estar alrededor de los 230 V
1 Vez al mes	Medir, con ayuda de la pinza amperimétrica, la intensidad de corriente que circula por el cable de color rojo que llega desde los paneles Solares y anotarlo en el registro.	Esta corriente se mide abrazando solamente el cable de color rojo y midiendo la corriente en DC.
1 Vez al mes	Limpiar las neveras que se usan en la instalación para mantener una buena higiene.	
1 vez cada 3 meses	Vaciar el aceite del generador eléctrico y cambiarlo totalmente por nuevo aceite, este aceite debe ser uno tipo SAE 40.	
1 vez cada 3 meses	Cortar y/o podar los árboles que den sombra sobre los paneles solares	
1 vez cada 3 meses	Limpiar el filtro de gasolina del generador eléctrico.	No volver a colocar si es que este está mojado. Dejar secar en un lugar libre de polvo y tierra.

Fuente: Elaboración Propia

CAPÍTULO V

ESTRUCTURA FINANCIERA

Los costos para realizar para el presente proyecto son la suma de todos los costos necesarios para convertir los materiales e insumos en un producto. Los costos del presente proyecto están comprendidos en costos de equipos e insumos, costos de instalación y costos indirectos.

5.1 Costo de equipos e insumos

5.1.1 Costos del subsistema de generación fotovoltaica

Los costos para adquirir los equipos a utilizarse para el proyecto se pueden ver en la tabla 5.1.

Tabla 5.1 Costos de Adquisición de los equipos para la generación fotovoltaica

SUBSISTEMA DE GENERACIÓN ELÉCTRICA						
No	Denominación	Observación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]
1	Paneles Fotovoltaicos	Mono cristalinos de 150Wp	Pza.	12	1 500,00	18 000,00
2	Batería VRLA	150Ah Libre de mantenimiento	Pza.	6	1 933,00	11 600,00
3	Regulador	60A tipo PWM	Pza.	1	2 650,00	2 650,00
4	Inversor/Cargador	1600VA	Pza.	1	12 500,00	12 500,00
5	Estructura Metálica	Capacidad para 8 paneles Solares.	Pza.	1	1 500,00	1 500,00
6	Estructura Metálica	Capacidad para 4 Paneles Solares.	Pza.	1	1 150,00	1 150,00
7	Tablero Eléctrico	IP66 60X60cm	Pza.	1	860,00	860,00
8	Generador Eléctrico	2,3kVA con arranque eléctrico	Pza.	1	7 200,00	7 200,00
9	Cable AWG #12 THW	Cable Multifilar de Cobre	Metro	20	5,00	100,00
10	Cable AWG #4 THW	Cable Multifilar de Cobre	Metro	10	20,00	200,00
11	Interfaz de Conexión MK2-USB	De la marca Victron Energy	Pza.	1	580,96	580,96
TOTAL.-						56340,96

Fuente: Elaboración Propio

En la tabla 5.1. se pueden apreciar los precios cotizados para los equipos necesarios para armar el sistema de generación de energía eléctrica. Cabe resaltar que estos son los costos reales de los equipos puestos en Rurrenabaque.

5.1.2 Costos del subsistema arrancador automático

En la tabla 5.2 se pueden apreciar los costos de los equipos y materiales necesarios para fabricar el arrancador automático. Este equipo fue fabricado y se encuentra en funcionamiento continuo y permanente en la comunidad de Real Beni.

Tabla 5.2 Costos de Adquisición de los materiales para fabricar el arrancador automático.

SUBSISTEMA DE ARRANCADOR AUTOMATICO							
N o	Denominación	Observación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]	
1	Arduino UNO		Pza.	1	80,00	80,00	
2	Grupo de Relés	Grupo de 4 Relés, capacidad 10A	Pza.	1	45,00	45,00	
3	Caja Electrónica		Pza.	1	86,00	86,00	
4	Terminales	Terminales Banano tipo hembra y macho	Pza.	8	6,00	48,00	
5	Placa	Placa de fibra de vidrio	Pza.	1	15,00	15,00	
6	Relé 230VCA	Con Placa DIN	Pza.	1	50,00	50,00	
7	Cable AWG #18 THW	Cable Multifilar de Cobre	Metro	15	1,50	22,50	
TOTAL.-						346,50	

Fuente: Elaboración Propia

Cabe resaltar que se escogió este diseño por motivos de funcionalidad, además de su bajo costo. Existe también otra opción basada en lógica cableada la cual precisaba de contactores, temporizadores y una serie de cosas propias de un tablero eléctrico por lo cual su costo en materiales asciende a 2000Bs. Por otro lado, este subsistema de arrancador automático usando el microprocesador ARDUINO UNO permite la implementación de una alarma sonora en caso de que el generador eléctrico no arrancase, o en el futuro la incorporación de otras funciones. Es por esto que se eligió esta opción.

5.1.3 Costos de insumos

Los insumos empleados se ven en la tabla 5.3. Hay que mencionar que en este aspecto se incluyó el uso de herramientas y no se hizo un estudio específico por horas de uso debido a que en la implementación no se ocuparon muchas herramientas ni maquinaria. Las herramientas que se utilizaron son desentornilladores, llaves hexagonales, alicate y de manera esporádica un taladro. Teniendo en cuenta que el costo de estas herramientas es bajo con relación a su vida útil (10000 horas de vida en herramientas básicas y 3000 horas en el taladro) como para considerarlo un costo significativo.

Tabla 5.3 Costos asociados a los insumos para la instalación del sistema fotovoltaico.

INSUMOS						
Nº	Denominación	Observación	Unidad	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]
1	Estaño	Terminal tipo ojal para cable 3/8"	Pza.	16	3,00	48,00
2	Cinta Aislante	Grupo de 4 Relés, capacidad 10A	Pza.	1	45,00	45,00
3	Cautín		Pza.	1	86,00	86,00
4	Cable Canal	Terminales Banano tipo hembra y macho	Pza.	8	6,00	48,00
5	Cable Ducto		Pza.	1	15,00	15,00
6	Prensa cables PG	Cable Multifilar de Cobre	Met ro	15	1,50	22,50
7	Riel Din		Met ro	1	30,00	30,00
8	Caja de Conexionado		Pza.	1	50,00	50,00
9	Uso de Herramientas	Desentornilladores, Llaves, Taladro, Alicata, Etc	Otro		400,00	400,00
10	Otros		Otro		200,00	200,00
TOTAL.-						944,50

Fuente: Elaboración Propia

Por otro lado, se encuentran los equipos de congelación y refrigeración necesarios también para el funcionamiento del centro de acopio. Estos equipos y sus costos se encuentran en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Costos de adquisición de los equipos congeladores.

Equipos de Generación de hielo	Cantidad	Costo Unitario [Bs]	Costo Total [Bs]
METALFRIO DA302	1	4 800,00	4 800,00
METALFRIO DA550	1	6 000,00	6 000,00
TOTAL.-			10 800,00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.5 Síntesis de costos de adquisición de equipos e insumos.

COSTO DE ADQUISICIÓN DE EQUIPOS		
No	Denominación	Costo Total [Bs]
1	Subsistema de generación eléctrica	56 340,96
2	Subsistema de arrancador automático	346,50
3	Equipos de Congelación	10 800,00
4	Insumos	944,50
TOTAL.-		68 431,96

Fuente: Elaboración Propia

5.2 Gastos de Instalación

En este punto se verá los costos de la mano de obra necesaria para llevar a cabo este proyecto desde el diseño y dimensionamiento, pasando por la implementación y terminando con la capacitación a las personas que se harán cargo del manejo de los equipos. Para llevar a cabo todo lo anterior especificado se necesita de un equipo conformado mínimamente por un Jefe de Proyectos, un Ingeniero Junior y un equipo de técnicos.

Tabla 5.6 Personal a emplearse en el proyecto.

Personal	Sueldo Mensual [Bs/mes]	Sueldo Por hora [Bs/hora]
Jefe de Proyecto	10 000,00	62,50
Ingeniero Junior	4 000,00	25,00
Técnico	2 000,00	12,50

Fuente: Elaboración Propia

En base a los sueldos por hora de cada persona y teniendo una lista de tareas las cuales debieron hacerse antes, durante y después de la implementación de la instalación es que se obtendrá un costo final de mano de obra. Hay que tener en cuenta

que el rendimiento de las personas no es del 100%, en otras palabras, las 8 horas de trabajo diario sobre las cuales fueron calculados el sueldo por hora de cada personal no se aprovechan en su totalidad debido a los factores humanos. Es por tal motivo que se tomara en cuenta un factor del 80% sobre la efectividad de cada persona.

$$Horas_{Empleadas} = \frac{Horas_{Teoricas}}{0,8} \quad (5.1)$$

Para cumplir las tareas necesarias respecto a la implementación, inspección y capacitación fue necesario realizar viajes a la comunidad. La duración de los viajes dependía de la tarea asignada por lo que se construyó la tabla 5.7.

Tabla 5.7 Duración de horas empleadas por viaje.

Duración de Viaje	Horas Empleadas
1 día de viaje	34
2 días de Viaje	44
3 días de Viaje	54
4 días de viaje	64

Fuente: Elaboración Propia

La tabla 5.7. fue hecha de manera experimental, es decir en base a la experiencia de duración de los distintos viajes realizados. Esta tabla ayudara a entender mejor la asignación de horas por tarea necesaria para llevarse a cabo.

Tabla 5.8 Tareas necesarias para llevar a cabo el proyecto.

Personal	Costo por hora [Bs/hora]	Tarea	Horas	Costo [Bs]
Jefe de Proyecto	62,5	Viaje de Reconocimiento	34	2 656,30
		Revisión de Carpeta Técnica	4	312,50
		Revisión de Diseño	8	625,00
		Cotizaciones	4	312,50
		Viajes de Inspección	44	3 437,50
Ingeniero Junior	25	Diseño y dimensionamiento de la instalación fotovoltaica.	80	2 500,00
		Elaboración de Carpeta Técnica	20	625,00
		Seguimiento en la compra de los Equipos	26	812,50
		Viaje de Reconocimiento	34	1 062,50
		Viajes de Implementación de la instalación fotovoltaica.	108	3 375,00
		Viajes de Capacitación	88	2 750,00
		Viajes de Inspección	44	1 375,00
		Fabricación del Arrancador Automático	20	625,00
Técnicos	12,5	Coordinación con las señoras de la comunidad.	20	312,50
		Viajes de Implementación de la instalación fotovoltaica.	128	2000,00
		Viajes de Inspección de la instalación fotovoltaica.	34	531,30
Experto en manufactura alimentaria	50	Taller de capacitación a la comunidad en las buenas practicas de manufactura del pescado	50	2 500,00
			TOTAL	27562,50

Fuente: Elaboración Propia

5.3 Costos Indirectos

En este inciso se verá los costos que no son directos al proyecto pero que sin estos no se hubiera podido llevar a cabo el mismo. En la tabla 5.9. vemos los costos asignados por motivos de viaje y viáticos al personal. Cabe resaltar que el ingeniero jefe de proyectos y el ingeniero junior eran los únicos que viajaban, y el equipo técnico operaba directamente en Rurrenabaque por lo que su único viaje era en el bote hacia la comunidad.

Tabla 5.9 Costos Indirectos

Descripción	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total
Viaje en Bote a la Comunidad	6	460,00	2 760,00
Viaje al Municipio de Rurrenabaque por tierra	8	380,00	3 040,00
Viaje al Municipio de Rurrenabaque por aire	1	700,00	700,00
Viáticos por día de viaje	16	180,00	2 880,00
TOTAL.-			9 380,00

Fuente: Elaboración Propia

5.4 Costo Total

Aquí se muestra un resumen de todos los costos hechos durante el diseño, la implementación y la capacitación del proyecto.

Tabla 5.10 Resumen de costos e inversiones

	Descripción	Costo [Bs]
Inversión	Obra Civil (construcción)	8 000,00
	Subsistema de Generación Eléctrica	56 340,96
	Subsistema de Arrancador Automático	346,50
	Equipos de Congelación	10 800,00
	Insumos	944,50
Costos	Mano de obra	27 562,50
	Costos de Transporte	9 380,00
TOTAL.-		113 374,46

Fuente: Elaboración Propia

Se puede ver en la tabla 5.10. que el costo de inversión de materia prima es de 76.430Bs, y en cuanto a los costos asociados suman 36945 Bs. En total el presente proyecto requiere un poder adquisitivo de 113375 Bs.

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN DEL PROYECTO

6.1 Impacto del Proyecto

Para poder entender el impacto que tuvo el presente proyecto sobre la comunidad de Real Beni es necesario entender la situación previa a la implementación del centro de acopio, y contrastarla con el escenario posterior. El proyecto se implementó con el objeto de contribuir con la seguridad alimentaria y mejorar la vida de las personas de la comunidad mediante el incremento de las ganancias económicas que percibe la comunidad por la actividad de pesca. Bajo este contexto es que se analiza el proceso de captura y post captura de la carne del pescado en sus distintas etapas.

6.1.1 Evaluación previa al proyecto

a) Captura

La captura de los peces se lleva a cabo por los comunarios a altas horas de la noche en los botes llamados “peque-peque”. En estos mismos botes se practica el sacrificio de los pescados destripándolos y arrojando estas tripas al río y arrojando los pescados al fondo del bote sin mayor cuidado. Después de atrapar 2 o 3 peces por noche los comunarios retornan a su comunidad.

b) Enfriamiento y almacenado

Una vez que el pescado es llevado a la comunidad tiene dos opciones; es guardado para el consumo y sustento alimenticio de las familias, o es guardado para su comercialización en el centro poblado de Rurrenabaque. Sea cual sea el uso que se la vaya a dar al pescado este tiene tres opciones que son; es almacenado sin refrigerar, refrigerado con bolsas de hielo conseguidas en el centro poblado de Rurrenabaque, congelados con ayuda de congeladores alimentados a generador de gasolina. Ninguno de los procesos previamente mencionados sigue con buenas prácticas de manufactura debido a las fluctuaciones de temperatura que implican los procesos.

c) Transporte

El transporte se lo hace por medio de los mismos botes “Peque-Peque” hasta la comunidad y/o hasta el centro poblado de Rurrenabaque. El costo de viaje ida y vuelta desde la comunidad hasta el centro poblado de Rurrenabaque tiene un costo de Bs40. Durante este viaje no se tenía un especial cuidado, ni se aplicaba una buena práctica de manufactura. En otras palabras, no siguen con la cadena de frío para la correcta manipulación y conservación de la carne de pescado.

6.1.2 Evaluación con el proyecto implementado

a) Captura

La captura después de la implementación del proyecto se hace de la misma manera que la descrita anteriormente con la salvedad de que el destripamiento no se hace ese mismo momento. Además, siguiendo con las buenas prácticas de manufactura del pescado, se inicia la implementación de la cadena de frío para la conservación de la carne de pescado. Es decir, la refrigeración comienza desde el momento de la captura. Esto último se logra con el uso de hielo proveniente del centro de acopio y con unas conservadoras de polietileno en las cuales se depositan los pescados capturados.

b) Enfriamiento y almacenado

El almacenamiento a partir de este punto se realiza con ayuda de la energía solar captada por los paneles solares instalados y con el generador eléctrico de respaldo. Esto asegura una conservación constante sin fluctuaciones de temperatura que dañen el pescado. De esta manera se asegura la calidad del pescado, además de influir considerablemente en los fondos percibidos por la actividad de pesca al disminuir los costos de operación en cuanto al método de refrigeración y a la cantidad de viajes realizados a la comunidad.

c) Transporte

El transporte de la carne de pescado hasta el centro poblado de Rurrenabaque ahora se hace siguiendo las normas de las buenas prácticas de la manufactura, es decir, siguiendo la cadena de frío. Para eso se refrigerará el pescado con el hielo producido desde el momento que este sale del centro de acopio hasta el momento de su venta conservando así su calidad, además de mantener su precio en el mercado local.

Para tener un indicador del impacto en la seguridad alimentaria de las familias de la comunidad se tendría que contar con datos no registrados, y además que toman mucho tiempo de captación. Uno de estos indicadores es el incremento en el peso de los miembros de las familias, sobre todo en los niños de la comunidad. Por este motivo se hará solamente una justificación económica la cual justifica por si solo el proyecto.

6.2 Evaluación Económica

La evaluación económica, al igual que el impacto del proyecto, se debe efectuar comparando el antes y después de la implementación del proyecto. Para ello se considerarán los costos operativos antes de la implementación con las respectivas técnicas de conservación que usa la comunidad. Para estimar la cantidad de pescado con el que se trabaja se utiliza los registros estadísticos de los que dispone la ONG con la que se trabajó este proyecto; estos muestran que un pescador sale a trabajar 2 veces por semana, y por cada vez que sale agarre 15kg de pescado. Considerando que en la comunidad de Real Beni existen 30 familias, de las cuales 10 se dedican a la pesca. Entonces se puede estimar que la cantidad de pescado por mes asciende a 1200kg. Se puede asumir que estos datos subestiman el aprovechamiento del recurso pesquero de la zona, dado que muchas veces los comunarios no registran la actividad pesquera en su totalidad, incluso no registran a los peses capturados de menor tamaño.

Se entiende que de todo el pescado capturado el 73,3% fue comercializado y que solamente el 26,7% se destina al consumo local⁶. En base a los porcentajes descritos en la tabla 6.1 es que se pueden estimar los costos de operación previos a la implementación del proyecto. Hay que tener en cuenta que en los tres meses de veda (diciembre-febrero) la pesca será nula, pero existirán todavía costos operativos con los que hay que correr.

⁶ Camburn, M. (2011). *El Consumo de Pescado en la Amazonía Boliviana*. Santa Cruz - Bolivia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

Tabla 6.1 Evaluación del Proceso antes de la implementación del proyecto.

Destino del Pescado	Método de Almacenamiento	Procedimiento / Observación	Cantidad [%]		Masa [kg/Mes]
Alimentación Propia	Sin Refrigerar	Las familias consumen el pescado atrapado por ellos mismos, incluso cuando este ya entro en estado de descomposición	26,7%	17,8%	404,42
	Refrigerar con Bolsas de Hielo	Compran bolsas de hielo de 400 gramos a 2 Bs. Usan una cantidad aproximada de una bolsa para refrigerar un kilogramo de pescado.		8,9%	202,21
Comercio	Sin Refrigerar	El pescado se comercializa sin refrigerar pero necesita una mayor cantidad de viajes a la comunidad	73,3%	10,5%	238,56
	Venta a Acopiadores externos	La venta de pescado en esta condición se hace a acopiadores externos para que ellos lo refrigeren o vendan y el costo a estas personas es de 9 BS (9Bs menos que en Rurrenabaque)		10,5%	238,56
	Refrigerar con Bolsas de Hielo	De igual Manera que para el consumo Propio, se compra bolsas de hielo de Rurrenabaque a un costo de 2 Bs cada bolsa que refrigera 1 kilo de pescado durante 2 días.		31,4%	713,73
	Congelar el Pescado con ayuda de generador	La congelación mediante una nevera alimentada solamente por un generador eléctrico es la mejor opción en cuanto a conservación de la carne. Para ello las personas hacen funcionar el generador durante 8 horas al día. Esto consume un total de 50 litros por semana, dando un acumulado de 300Bs por semana.		20,9%	475,82

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 6.2 Costos de Operación de la actividad pesquera antes de la implementación del proyecto.

Destino del Pescado	Método de Almacenamiento	Masa [kg/Mes]	Masa [kg/semana]	Viajes Por semana	Costo de Transporte [Bs]	Costo de Hielos [Bs]	Costo por perdida de oportunidad [Bs]	Costo de Generador [Bs]	Costo Operación Semanal[Bs]	Costo Operación Mensual [Bs]
Alimentación Propia	Sin Refrigerar	404,42	101,104	0	0	0	0	0	0	0,00
	Refrigerar con Bolsas de Hielo	202,21	50,552	0	0	54	0	0	54	216,00
Comercio	Sin Refrigerar	238,56	59,64	4	160	0	268,38	0	428,38	1 713,52
	Venta a Acopiadores externos	238,56	59,64	0	0	0	536,76	0	536,76	2 147,04
	Refrigerar con Bolsas de Hielo	713,73	178,433143	3	120	190	0	0	310	1 240,00
	Congelar el Pescado con ayuda de generador	475,82	118,955429	2	80	0	0	300	380	1 520,00
								TOTAL	1 709,14	6 836,56

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6.2. se puede ver la cantidad de carne dispuesta a sus respectivos fines, ya sea autoconsumo o comercialización. Se puede ver la cantidad de viajes por semana que se deben realizar para comercializar la carne de pescado en el centro poblado de Rurrenabaque; siendo la cantidad de viajes inversamente proporcional a la calidad de refrigeración, es decir que a mayor refrigeración son necesarios menos viajes debido a que la carne no entra en descomposición tan rápido. También se puede ver los costos de refrigeración asociados al método usado o, en el caso de tener que vender el pescado a acopiadores externos, el costo asociado por descomposición. Al final del análisis de costo se puede ver que el costo de operación mensual previa al proyecto es de **6.835,00 Bs/Mes** al producir la cantidad de carne estimada. De la cual se puede comercializar el 73,3%, la cual genera un beneficio de 29.976,77 Bs/Mes.

Ahora analicemos la situación después de la implementación del proyecto. Para ello es necesario considerar los costos de inversión, o costos iniciales, así como los costos de operación y las utilidades que la comunidad percibe una vez implementado el proyecto.

En la 5.10 se puede observar la inversión total inicial que se dio para llevar a cabo el proyecto. Al considerar esta iniciativa como un proyecto de desarrollo social no se debe recuperar la inversión inicial con el tiempo, solo debe poder mantenerse activa y operable a lo largo de su vida útil. Para estimar los costos de operación correspondientes a la pesca debe tomarse en cuenta la depreciación y reemplazo de los equipos, los costos de mantenimiento, y cierto personal capacitado de la misma comunidad para realizar las tareas del centro de acopio.

Tabla 6.3 Costos asociados al reemplazo de equipos.

Equipo	Costo [Bs]	Vida Útil [años]	Costo/Año [Bs/año]	Costo/Mes [Bs/mes]
Baterías	11 600	5	2 320,0	193,30
Regulador	2 650	7	378,6	31,50
Generador	6 880	5	1 376,0	114,70
Inversor/Generador	12 500	10	1 250,0	104,20
Paneles Solares	18 000	20	900,0	75,00
Arrancador	500	2	250,0	20,80
Congelador DA302	4 800	10	480,0	40,00
Congelador DA550	6 000	10	600,0	50,000
TOTAL.-			7 554,60	629,50

Fuente: Elaboración Propia

Los registros indican que durante el mes de más alta temperatura (octubre con 7,44 kWh/día) existe un promedio de uso de combustible de 2 litros por día. Considerando que la gasolina puesta en la comunidad tiene un costo de 6Bs cada litro se tendrá una estimación promedio de 336Bs cada mes por consumo de combustible. Esta estimación se hace en condiciones críticas por lo que solo podría mejorar, y es por estos motivos que se lo tomara como un costo fijo mensual y no un costo variable.

Tabla 6.4 Costo de operación mensual después de la implementación del proyecto.

Costo de Operación Mensual [Bs/mes]	
Mantenimiento	100
Gasolina	336
Reposición Equipos	629,50
Costo de Transporte	160,00
Personal de Mantenimiento	300,00
TOTAL	1 525,5

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6.4. se puede ver los costos de operación mensual del centro de acopio. Tomando en cuenta los tres meses de veda (diciembre – enero) que existe en el municipio en los cuales seguirán existiendo costos de reposición de equipos y personal de mantenimiento. Es bajo este entendido que se obtiene un costo de operación mensual ponderado a nueve meses de operación en el cual se cubre esos meses de veda. Este costo es de 1835,40 Bs/mes.

Finalmente, se observa la comparación de las dos situaciones en la tabla 6.5. También se tiene en cuenta que el proyecto impulsa a la pesca como actividad económica, incrementando está en un 20%.

Tabla 6.5 Factibilidad de la Inversión.

	Antes del Proyecto [Bs/mes]	Después del Proyecto [Bs/mes]	Diferencia (Después - Antes)
Costo de Operación	6 836,56	1 835,40	-5 001,16
Ingreso por Pescado	29 976,768	35 972,1216	5 995,35
Utilidad Generada	23 140,21	34 136,72	10 996,52

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 6.5. se observa una disminución en costo operativo mensual de 5.0001,16 Bs, y al mismo tiempo un incremento de los ingresos de 5.995,35 Bs. Los

resultados saltan a la vista con un incremento en la utilidad que percibe la comunidad del 52% con la actividad pesquera.

6.3 Conclusiones

En conclusión, se realizó el cálculo de demanda térmica que el centro de acopio requiere para mantener una correcta cadena de frío en la conservación de carne de pescado. Para esto se tuvo en cuenta la carga térmica del producto, la carga térmica necesaria para producir el hielo que se usara para manipular el pescado desde su captura hasta su distribución al cliente final (cadena de frío).

Se diseñó un sistema híbrido fotovoltaico-generador el cual cuenta con una potencia instalada de 1800Wp en paneles solares y un generador a combustible con una potencia de 2300VA. La continuidad del suministro energético es brindada por un grupo de baterías de 450Ah a 24V, y resguardada por el generador eléctrico el cual cuenta con un arrancador automático que se activará con el nivel de las baterías, y el inversor/cargador escogido se hará cargo de la transferencia.

Se trabajó un plan de mantenimiento y operación que asegura el correcto funcionamiento de todos los elementos técnicos del sistema de alimentación híbrido. También se trabajó mano a mano con las familias para que adquieran las capacidades necesarias para llevar a cabo las tareas de mantenimiento.

Se hizo una transferencia tecnológica completa del centro de acopio hacia las familias de la comunidad. A la fecha las familias disfrutan de los beneficios de este nuevo centro de acopio lo cual se logró mediante una serie de talleres de capacitación, no solo técnicos, sino de gestión del nuevo centro de acopio. No obstante, cabe resaltar la resistencia al “cambio” que las familias opusieron al inicio, pero ahora se muestra un interés y compromiso por parte de la comunidad para que este centro de acopio se mantenga e incluso expanda en un futuro.

En síntesis, se logró implementar un centro de acopio destinado a la conservación de carne de pescado dentro de la comunidad de Real Beni, ubicado en el municipio de Rurrenabaque – Beni, mediante la implementación de un sistema híbrido fotovoltaico-generador el cual brinda la energía eléctrica. Este proyecto mejora la

calidad de vida de las familias de la comunidad aumentando el ingreso económico que perciben, e incrementando su seguridad alimentaria.

6.4 Recomendaciones

Al ser este un proyecto piloto para la zona, se recomienda el estudio profundo de la generación de energía eléctrica fotovoltaica que perciben los paneles fotovoltaicos en el municipio. Se recomienda tener en cuenta la temperatura real de operación de los paneles fotovoltaicos, la potencia pico real de los paneles solares, y las horas solares pico de las que se dispone en la zona.

Se recomienda investigar el comportamiento de descarga dinámica de las celdas de las baterías. Considerando que la descarga individual de cada batería en un arreglo no es homogénea los voltajes instantáneos de las baterías no serán iguales en todo momento por lo cual existen baterías que se descargan más que otras. Esto genera un desgaste desigual del arreglo el cual reduce el tiempo de vida útil del grupo, lo que finalmente se refleja en el incremento de los costos de operación.

Se recomienda un estudio de la demanda actual del centro de acopio. Analizar la posible implementación de otros equipos congeladores y una ampliación de la potencia pico instalada. También un análisis de factibilidad respecto al costo de implementación de más paneles solares y el costo de combustible ahorrado en el centro de acopio.

Como recomendaciones en otras áreas de estudio, se ve la necesidad de realizar un estudio de mercado para el filete de pescado, corte fino, dentro del centro poblado de Rurrenabaque como en la ciudad de La Paz para incrementar los ingresos económicos percibidos por la comunidad. De encontrar mercado en la ciudad de La Paz, se recomienda el diseño e implementación de un medio de transporte frigorífico para su correcta manipulación.

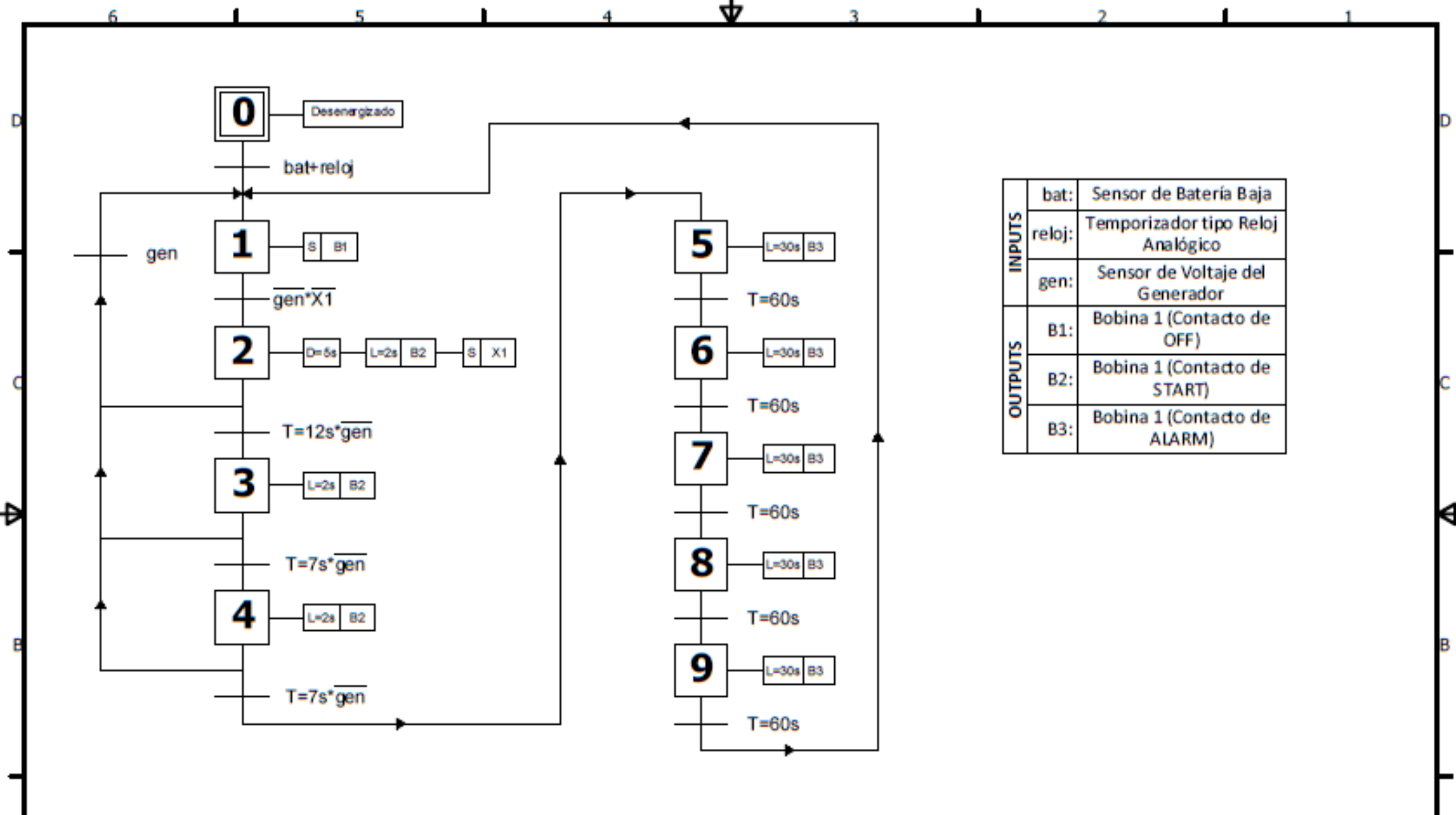
ANEXOS

	Página
Anexo A Programación del Inversor Cargador en VEConfig 3.0	122
Anexo B Arrancador Automático	123
Anexo C Programación en C++ para Arduino (Arrancador automático).....	127
Anexo D Diagramas Eléctricos de la Instalación Eléctrica	129
Anexo E Plano de la Instalación Eléctrica	132
Anexo F Esquema del sistema de sincronización de arranques.....	134
Anexo G Planos de las estructuras	136
Anexo H Mesa para las Baterías	159
Anexo I Tabla Comparativa de escala AWG / kCM x serie métrica IEC (NB777).....	161
Anexo J Capacidad de conducción para alambres y cables de cobre aislados con PVC a 60°C (TW) o PVC 75°C (THW) a temperatura ambiente de 30 °C (hasta 3 conductores agrupados).....	162
Anexo K Registro Fotográfico	163

Anexo A Programación del Inversor Cargador en VEConfig 3.0

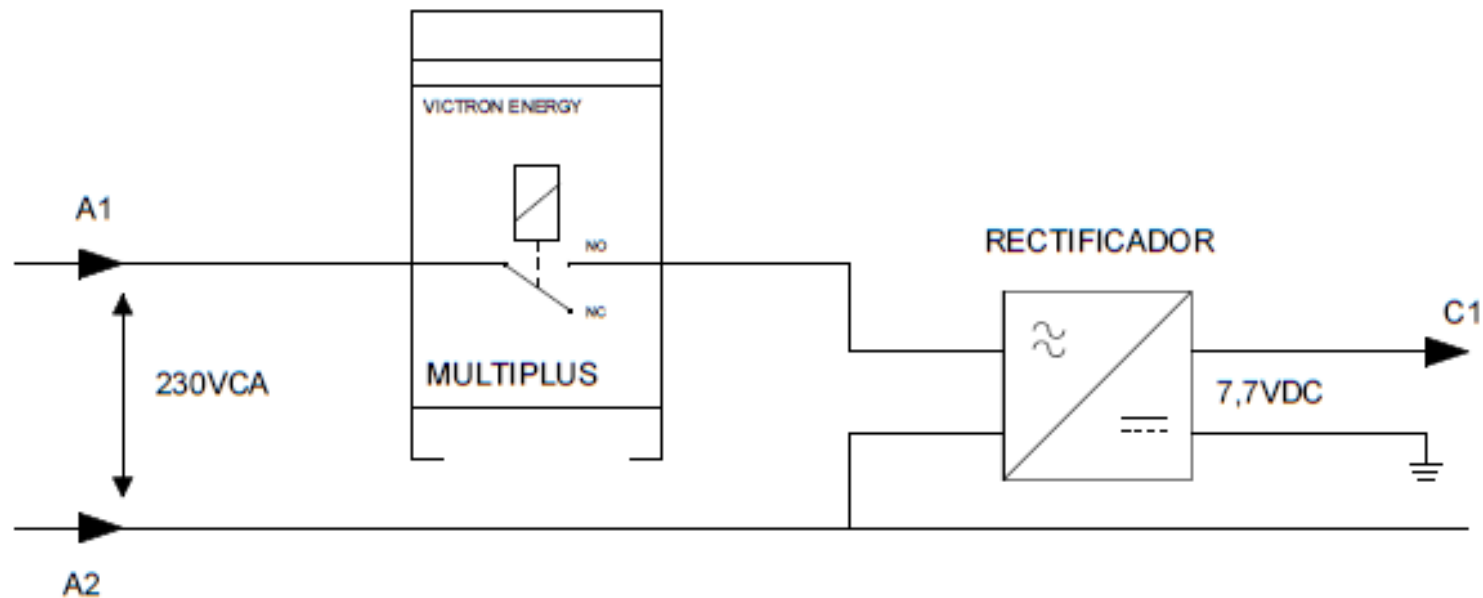
PESTAÑA	GENERA
Frecuencia del Sistema	: 60Hz
Corriente de pantalán	: 50,0 A
Invalidado por el panel remoto	: No seleccionado
Corriente de entrada secundaria de pantalán	: 16,0 A
Invalidado por el panel remoto	: No seleccionado
Limitador de corriente dinámico	: Seleccionado
External Currente Sensor connected	: No seleccionado
Estado de la carga al finalizar la fase de cargar inicial	: 85%
Capacidad de la batería	: 450Ah
Eficiencia de carga	: 0,80
PESTAÑA	INVERSOR
PowerAssist	: Seleccionado
Factor aceleración corr. aux.	: 2.0
Tensión de salida del inversor	: 230 V
Rele de puesta a tierra	: Seleccionado
Tensión CC para desactivación del inversor	: 23.52 V
Tensión CC para reinicio del inversor	: 25.56 V
Nivel de alarma por CC baja	: 25.08 V
Do not restar after short-circuit	: No seleccionado
Habilitar AES	: Seleccionando
Carga para iniciar el modo AES	: 69W
Compensación para salir del modo AES	: 12W
Tipo de AES	: Modo de búsqueda
PESTAÑA	CARGADOR
Habilitar cargador	: Seleccionado
Entrada CA débil	: Seleccionado
Parar si tiempo de bulk excesivo	: Seleccionado
Lithium Batteries	: No Seleccionado
Modo de almacenamiento	: Seleccionado
Utilice la ecualización	: No seleccionado
Curva de Carga	: Adaptable + BatterySafe
Tensión de Absorción	: 28.80 V
Tensión de Flotación	: 27.60 V
Corriente de carga	: 40 A
Tiempo de absorción repetida	: 1.00 Hr
Intervalo de absorción repetida	: 7.00 Dias
Tiempo Máximo de absorción	: 8 Hr
PESTAÑA	VIRTUALSWITCH
Uso del VirtualSwitch	: Control del generador dedicado
Cambiar el tiempo del periodo de inversión en Udc	: No seleccionado
Intervalo de Limite superior de potencia para arrancar el generador	: -1 s
Nivel de CC bajo para arrancar el generador	: 25.08 V
Intervalo de nivel bajo de CC para arrancar el generador	: 30 segundos
Nivel de SOC para arrancar el generador	: 70.0%
Intervalo de Fase de carga de absorción finalizada para detener el generador	: 5 minutos
Parar el generador cuando la AC2 este disponible	: No seleccionado
Controlar el rele auxiliar del inversor	: No seleccionado

Anexo B Arrancador Automático



INPUTS	
bat:	Sensor de Batería Baja
reloj:	Temporizador tipo Reloj Analógico
gen:	Sensor de Voltaje del Generador
OUTPUTS	
B1:	Bobina 1 (Contacto de OFF)
B2:	Bobina 1 (Contacto de START)
B3:	Bobina 1 (Contacto de ALARM)

Referencia desde documento:			Preparo	JUAN P. VASQUEZ	Trab	Esquema GRAFCET del arrancador automático	Desc. Doc.		Un esquema que muestra las etapas para el diseño del arrancador automático		
Referencia hacia documento:			Aprobo	ING. CIRO LEVY DIAZ			Dpto. Rep.		ENERGÍA	Idiom	ESP
o			Proyecto	REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI		Documento		SUBSISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGIA		Edic	03
A						Umsa				Plan	PE-SA/01
Rev.			Fecha	Ejecutivo							



Referencia desde documento: PE-SG/02

Preparó JUAN P. VASQUEZ

Título Diagrama de Conexión de ARDUINO UNO

Desc. Doc.

Conexión de la alimentación para el ARDUINO UNO de modo que el inversor controle el encendido del arrancador

Referencia hacia documento: PE-SA/02

Aprobó ING. CIRO LEVY DIAZ

Opto. Resp. ENERGIA

Idioma ESP

Proyecto REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI

UMSA

Documento SUBSISTEMA DEL ARRANCADOR AUTOMÁTICO DEL GENERADOR

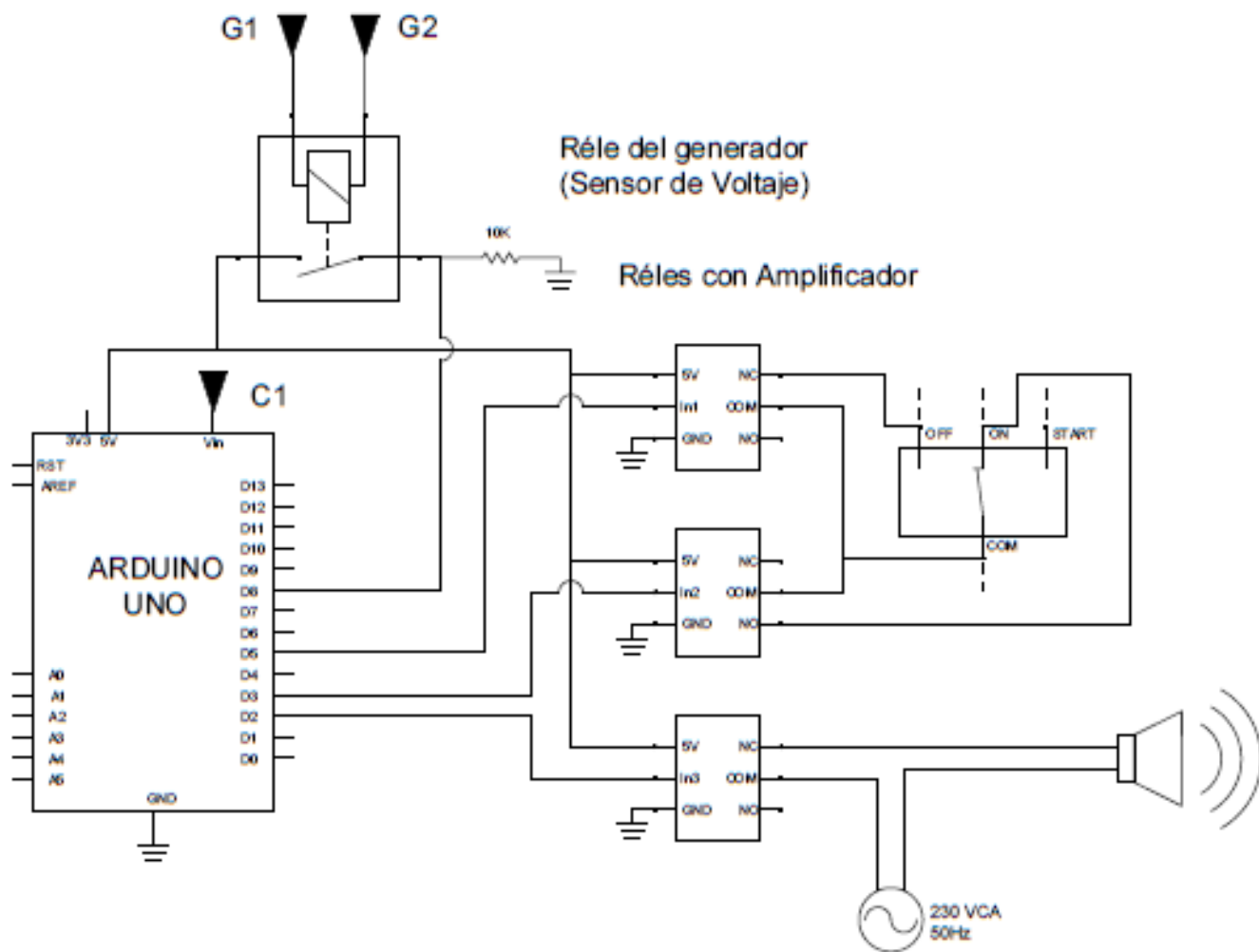
Top 05

Rev PE-SA/03

Rev.

Fecha

Ejecutivo



Referencia desde documento: PE-SA/01		Preparó: JUAN P. VASQUEZ		Trabaja: Diagrama electrónico del arrancador automático		Desc. Doc.: Conexión del arrancador automático	
Referencia hacia documento: PE-SA/03		Aprobó: ING. CIRO LEVY DIAZ		UMSA		Dpto. Resp.: ENERGÍA	
Proyecto: REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI		Documento: SUBSISTEMA DEL ARRANCADOR AUTOMÁTICO DEL GENERADOR				Idioma: ESP	
Rev.:		Fecha:				Hoja: 04	
		Ejecutivo:		Plano: PE-SA/02			

Anexo C Programación en C++ para Arduino (Arrancador automático)

```
int Rele1 = 2; //para el contacto con OFF
int Rele2 = 3; //para el contacto con START
int Rele3 = 4; //Este queda disponible para cualquier necesidad
int Rele4 = 5; //Para la alarma
int Gen = 8;
boolean intento1 = LOW;
boolean alarmaOff = LOW;

void setup() {
  pinMode (Rele1, OUTPUT);
  pinMode (Rele2, OUTPUT);
  pinMode (Rele3, OUTPUT);
  pinMode (Rele4, OUTPUT);
  pinMode (Gen, INPUT);
}

void loop() {
  boolean estadoGen = LOW;
  digitalWrite(Rele1, LOW);
  digitalWrite(Rele2, HIGH);
  digitalWrite(Rele3, HIGH);
  digitalWrite(Rele4, HIGH);

  estadoGen = digitalRead(Gen);
  if (estadoGen == LOW && intento1 == LOW)
  { intento1 = HIGH;
    delay (5000);
    digitalWrite (Rele2, LOW);
    delay (2000);
    digitalWrite (Rele2, HIGH);
    delay (5000);
    estadoGen = digitalRead(Gen);
    if (estadoGen == LOW)
```

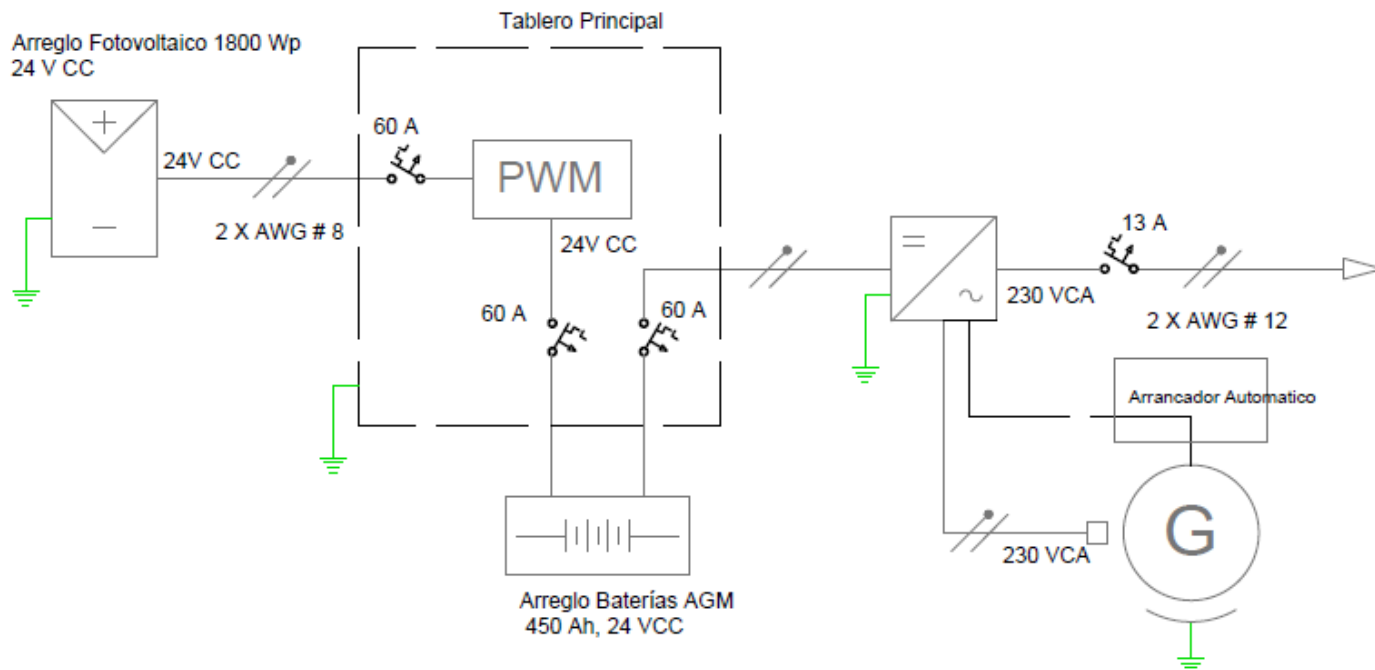
```

{
  digitalWrite (Rele2, LOW);
  delay (2000);
  digitalWrite (Rele2, HIGH);
  delay(5000);
  estadoGen = digitalRead(Gen);
  if (estadoGen == LOW)
  {
    digitalWrite (Rele2, LOW);
    delay (2000);
    digitalWrite (Rele2, HIGH);
    delay(5000);
    estadoGen = digitalRead(Gen);

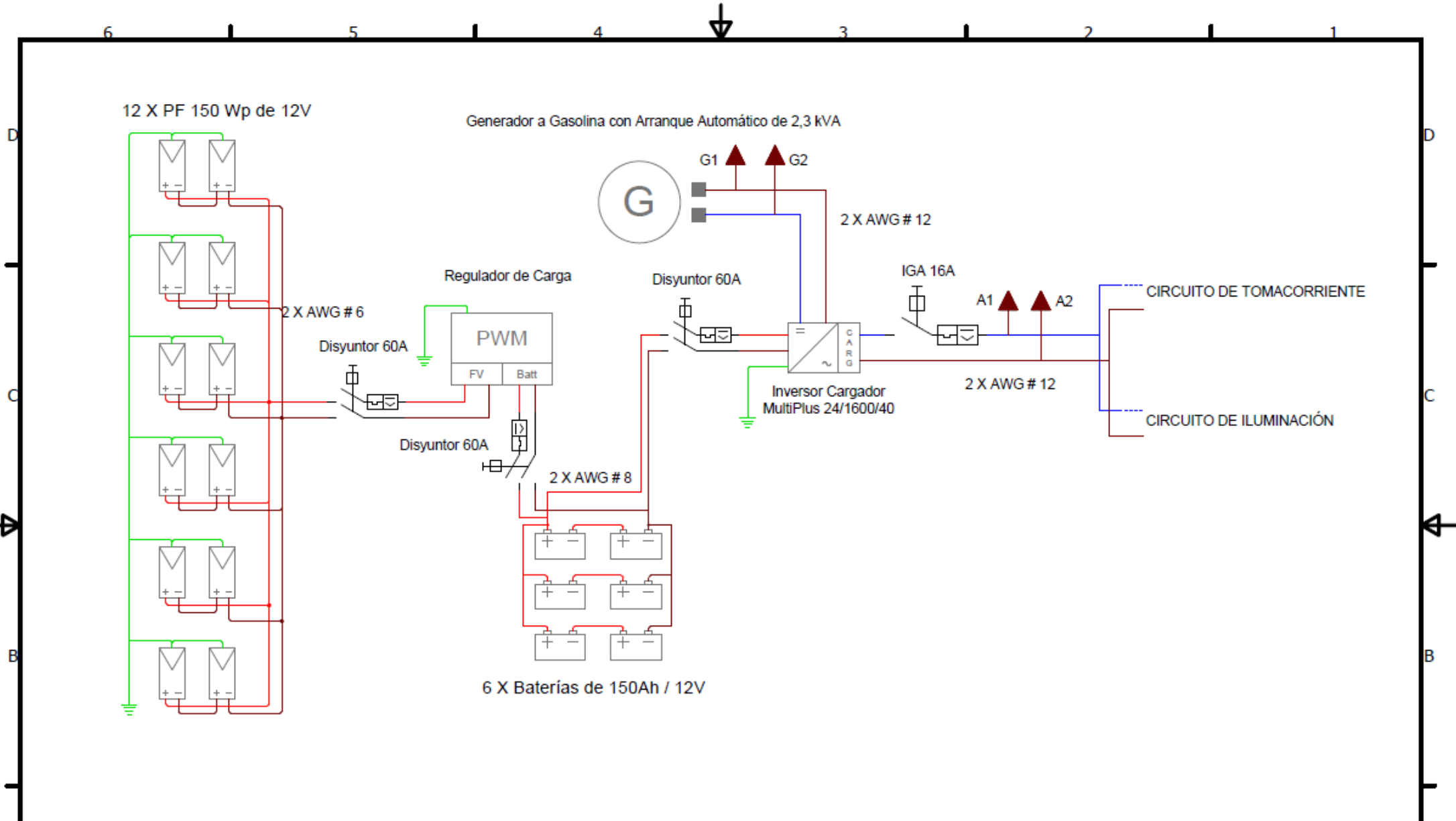
    if (estadoGen == LOW)
    {
      for (int i = 0; i < 5; i++)
      { digitalWrite (Rele4, LOW);
        delay (30000);
        digitalWrite (Rele4, HIGH);
        delay (30000);
      }
      estadoGen = digitalRead(Gen);
    }
  }
}
}
}
}
}
}

```

Anexo D Diagramas Eléctricos de la Instalación Eléctrica

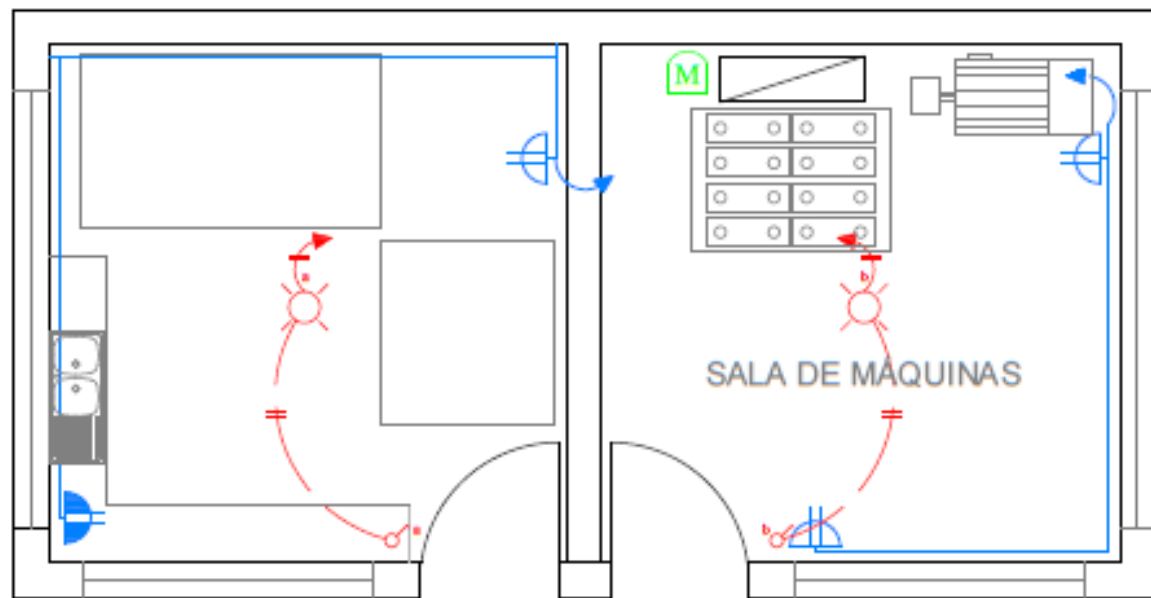


Referencia desde documento:		Preparo	JUAN P. VASQUEZ	Título	Diagrama Unifilar		Desc. Doc.	Diagrama unifilar del sistema de generación híbrido	
Referencia hacia documento:		Aprobo	ING. CIRO LEVY DIAZ	UMSA		Dpto. Resp.	ENERGÍA	Idioma	ESP
A		Proyecto	REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI			Documento	SUBSISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA	Hoja	01
Rev.		Fecha				Plano	PE-SG/01		

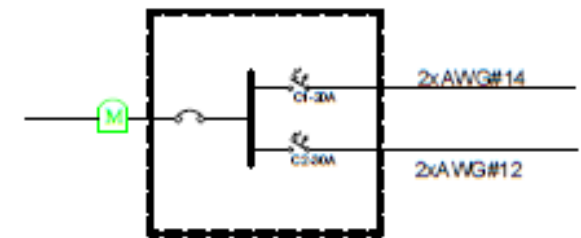


Referencia desde documento:		Preparo	JUAN P. VASQUEZ	Titulo	Diagrama Multifilar del sistema hibrido	Desc. Doc.		Diagrama multifilar del sistema de generación hibrido	
Referencia hacia documento: PE- SA/02 PE-SA/03		Aprobo	ING. CIRO LEVY DIAZ			Dpto. Resp. ENERGÍA		Idioma ESP	
A		Proyecto		UMSA	Documento		Hoja 02		
A		REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI			SUBSISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA		Plano PE-SG/02		
Rev.		Fecha	Ejecutivo						

Anexo E Plano de la Instalación Eléctrica

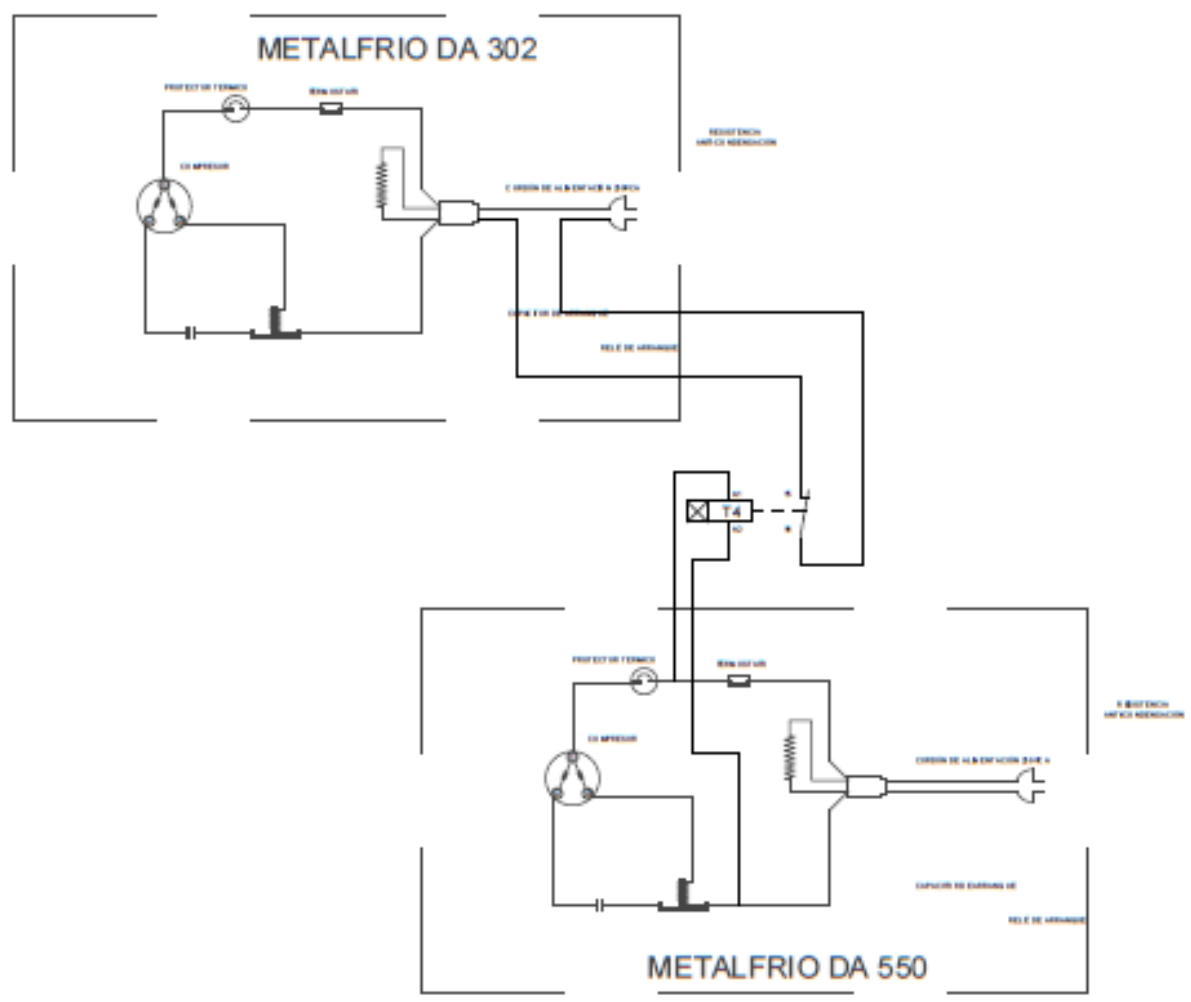


SIMBOLOGIA	
	Medidor de Energía
	Tablero de distribución
	Acometida a Tablero
	Conductor por Pared
	Conductor por Techo
	Tomacorrientes a 0,3m SNPT
	Tomacorrientes a 1,2m SNPT
	Luminaria
	Interruptor Simple



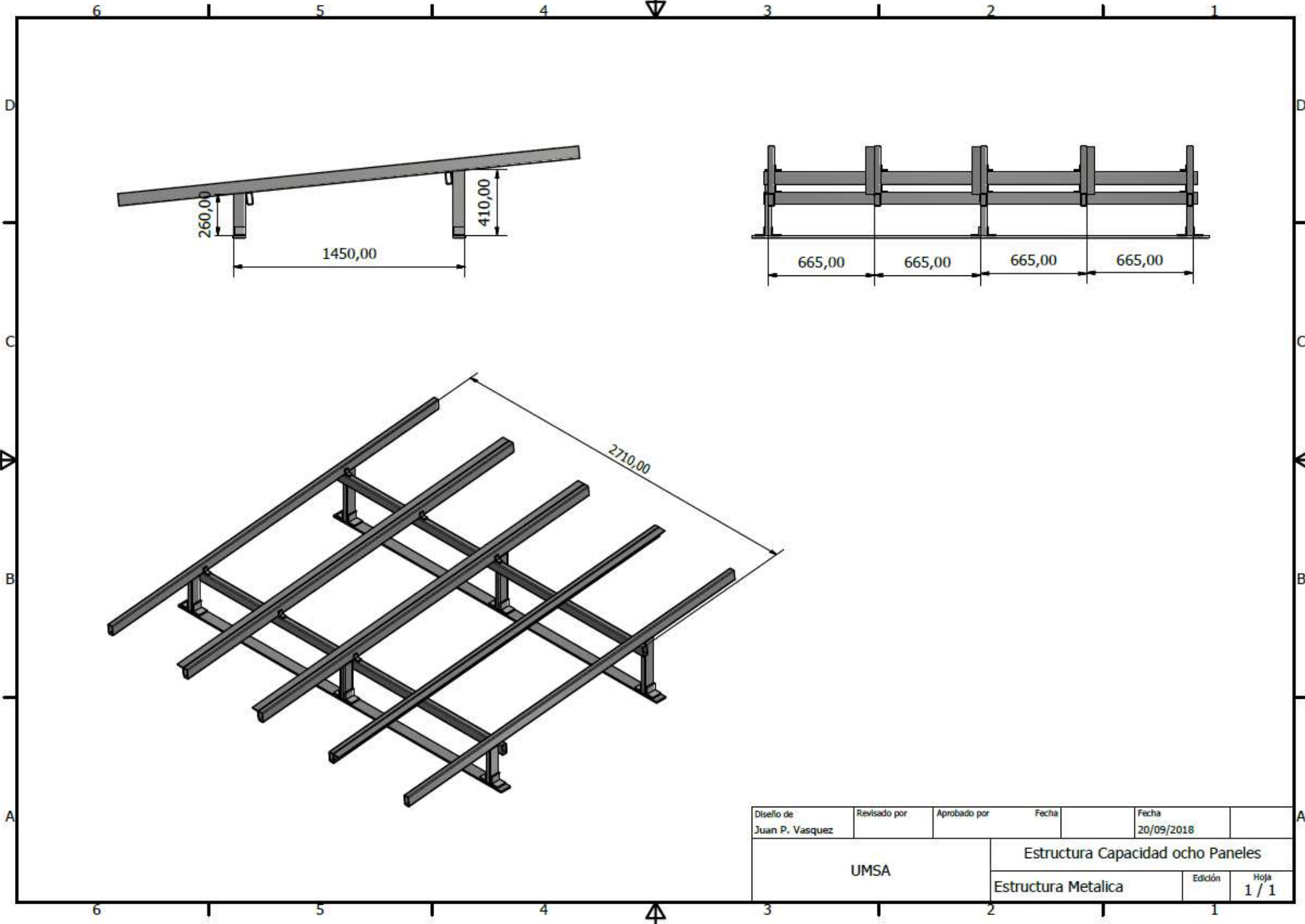
Referencia desde documento:		Proyecto JUAN P. VASQUEZ		Título Plano de la Instalación Eléctrica	Desc. Doc. Plano arquitectónico de la obra, incluidos los circuitos eléctricos	
Referencia hacia documento:		Aprobó ING. CIRO LEVY DIAZ			ESCALA 1:20	Idioma ESP
A		Proyecto REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI		UMSA	Documento SUBSISTEMA DE GENERACIÓN DE ENERGÍA	Hoja 07
A					Plano PE-PA/01	
Rev.		Fecha	Ejecutivo			

Anexo F Esquema del sistema de sincronización de arranques

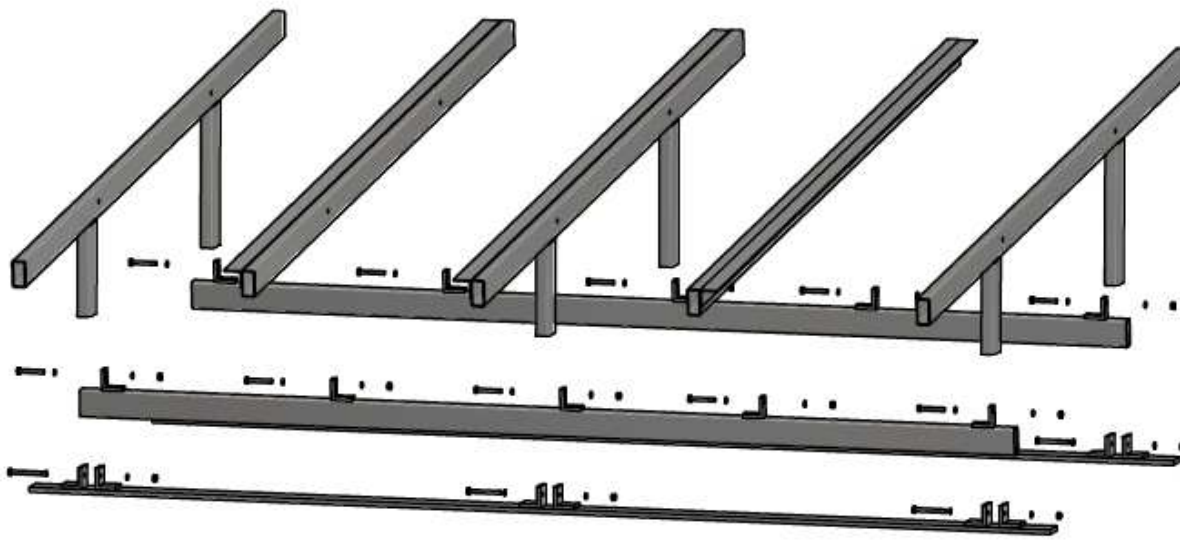


Referencia desde documento:		Proyecto JUAN P. VASQUEZ		Título Sincronización de arranques		Disc. Doc. Se sincronizan los arranques de las dos congeladoras mediante el uso de un temporizador energizado por el termistor del congelador DA 550			
Referencia hacia documento:		Aprobó ING. CIRO LEVY DIAZ		UMSA		Opción Resp. ENERGIA		Idioma ESP	
o		Proyecto REFRIGERACIÓN SOLAR EN LA COMUNIDAD DE REAL BENI				Documento SUBSISTEMA DE GENERACION DE ENERGIA		Hoja 06	
A		Fecha				Ejecutivo		Plano PE-SS/01	
Rev.									

Anexo G Planos de las estructuras



Diseno de	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha	
Juan P. Vasquez				20/09/2018	
UMSA			Estructura Capacidad ocho Paneles		
			Estructura Metalica	Edición	Hoja
					1 / 1



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Estructura para 8 Paneles	
2	14500,00	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 114,173	Tubo
3	803,648	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 10,547	Tubo
4	1230,00	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 16,142	Tubo
5	5420,00	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 106,693	Tubo
6	8700,00	AISC - L 2 x 2 x 1/8 - 114,173	Sección angular de acero
7	5920,00	AISC - 3x1/2 - 116,535	Barra
8	32	BS 4464 - M10 Forma A	Especificación para arandelas de presión.
9	6	ISO 8676 - M10 x 1 x 90	Tornillos de cabeza hexagonal.
10	16	ISO 8673 - M10x1	Tuercas hexagonales, tipo 1.
11	10	ISO 8676 - M10 x 1 x 70	Tornillos de cabeza hexagonal.

Diseño de Juan P. Vasquez	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 20/09/2018
UMSA		Estructura Capacidad ocho Paneles		
		Estructura Metalica	Edición	Hoja 2 / 2

Informe de análisis de la estructura



Propiedades físicas

Masa	137,344 kg
Área	112153,909 mm ²
Volumen	18414,560 mm ³
Centro de gravedad	x=732,557 mm y=342,744 mm z=2,011 mm

Material(es)

Nombre	Acero, suave	
	Densidad de masa	7,850 g/cm ³
General	Límite de elasticidad	207,000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345,000 MPa
Tensión	Módulo de Young	220,000 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
Nombre(s) de pieza	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000001.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000002.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000003.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000004.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000005.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000006.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000008.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000009.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000011.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000012.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000013.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000014.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000015.ipt

ANSI L 2 x 2 x 1_8 00000019.ipt
 ANSI L 2 x 2 x 1_8 00000020.ipt
 ANSI L 2 x 2 x 1_8 00000021.ipt

☐ Sección o secciones transversales

	Área de sección (a)	659,523 mm ²
	Anchura de sección	38,100 mm
Propiedades de geometría	de Altura de sección	76,200 mm
	Centroide de sección (x)	19,050 mm
	Centroide de sección (y)	38,100 mm
	Momento de inercia (I _x)	466593,000 mm ⁴
	Momento de inercia (I _y)	156077,715 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torsión (J)	379666,763 mm ⁴
Propiedades mecánicas	Módulo de sección (W _x)	12246,535 mm ³
	Módulo de sección (W _y)	8193,056 mm ³
	Módulo de sección de torsión (W _z)	0,000 mm ³
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _x)	207,107 mm ²
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _y)	379,720 mm ²
Nombre(s) de pieza	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000001.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000002.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000003.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000004.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000005.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000006.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000008.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000009.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000011.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000012.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000013.ipt

ANSI 3 x 2 x 1_8 00000014.ipt
 ANSI 3 x 2 x 1_8 00000015.ipt

	Área de sección (a)	317,165 mm ²
	Anchura de sección	50,800 mm
Propiedades geometría	de Altura de sección	50,800 mm
	Centroide de sección (x)	13,468 mm
	Centroide de sección (y)	13,468 mm
	Momento de inercia (I _x)	76893,115 mm ⁴
	Momento de inercia (I _y)	76893,115 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torsión (J)	1208,877 mm ⁴
Propiedades mecánicas	Módulo de sección (W _x)	2059,725 mm ³
	Módulo de sección (W _y)	2059,725 mm ³
	Módulo de sección de torsión (W _z)	225,095 mm ³
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _x)	114,137 mm ²
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _y)	114,137 mm ²
Nombre(s) de pieza	ANSI L 2 x 2 x 1_8	00000019.ipt
	ANSI L 2 x 2 x 1_8	00000020.ipt
	ANSI L 2 x 2 x 1_8	00000021.ipt

Resultados

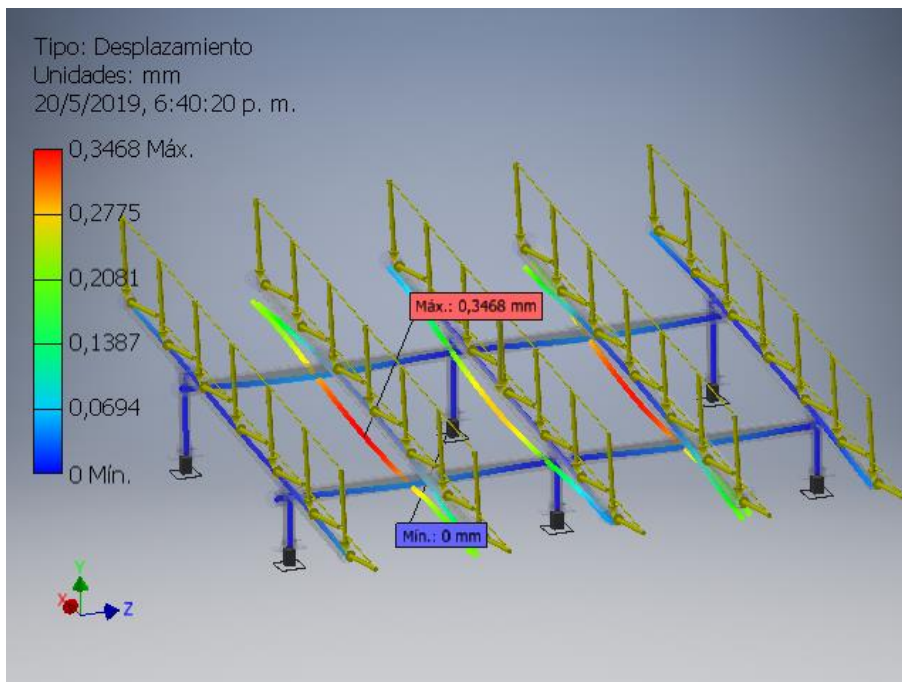
Resumen de resultados estáticos

Nombre	Mínimo	Máximo
Desplazamiento	0,000 mm	0,347 mm
Fuerzas		
	Fx	-134,424 N 126,371 N
	Fy	-495,675 N 456,017 N

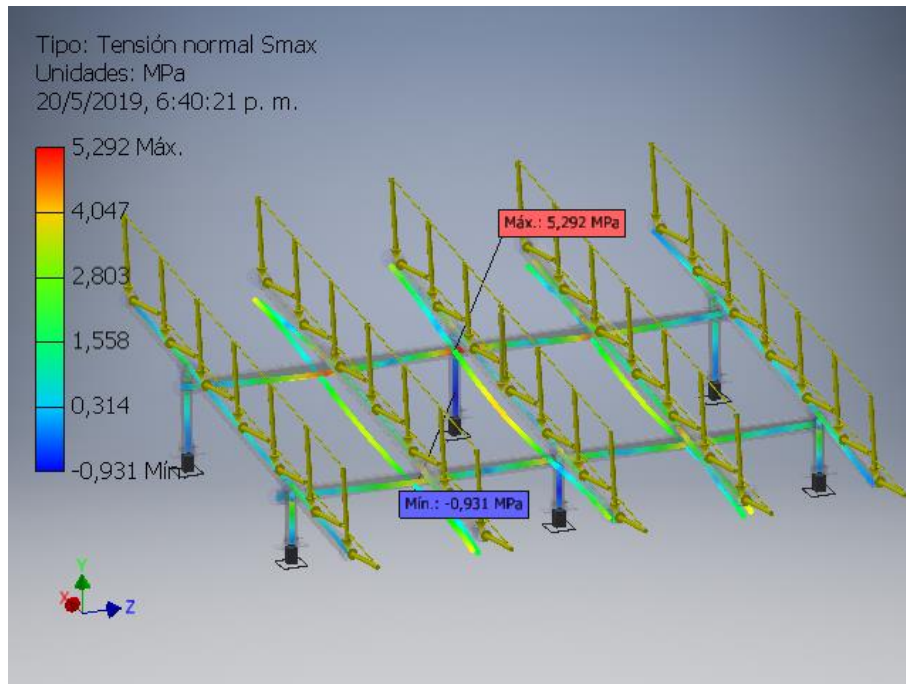
	Fz	-434,458 N	627,962 N
	Mx	-57038,413 N mm	50443,182 N mm
Momentos	My	-25443,996 N mm	23555,839 N mm
	Mz	-14680,554 N mm	16080,510 N mm
	Smax	-0,931 MPa	5,292 MPa
	Smin	-9,473 MPa	0,468 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	4,658 MPa
Tensiones normales	Smin(Mx)	-9,383 MPa	-0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	3,764 MPa
	Smin(My)	-9,394 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-0,952 MPa	0,659 MPa
Tensión de corte	Tx	-0,610 MPa	0,649 MPa
	Ty	-1,201 MPa	1,305 MPa
Tensiones de torsión T		-0,001 MPa	0,001 MPa

Figuras

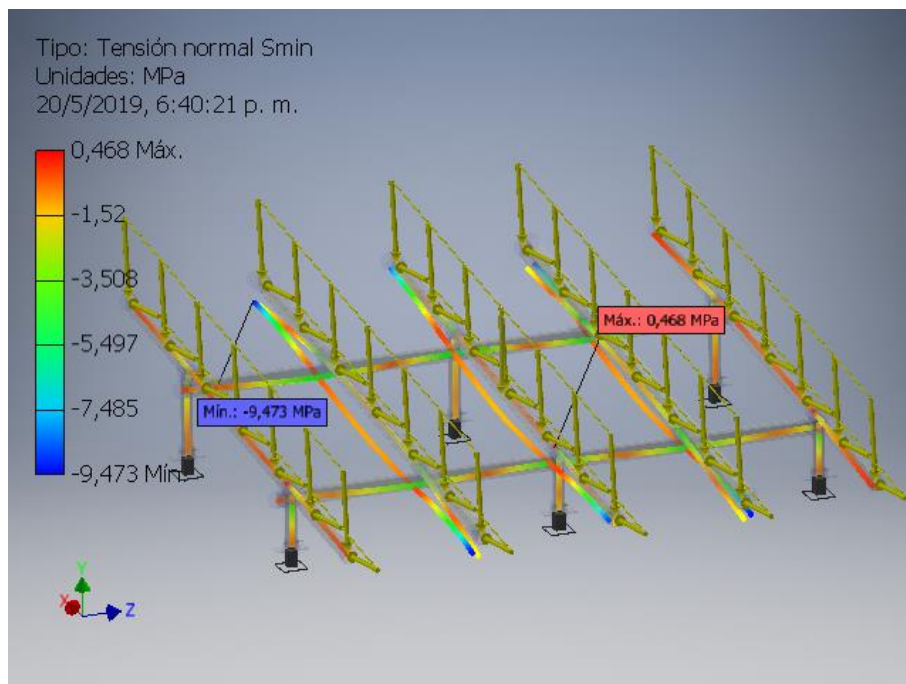
Desplazamiento



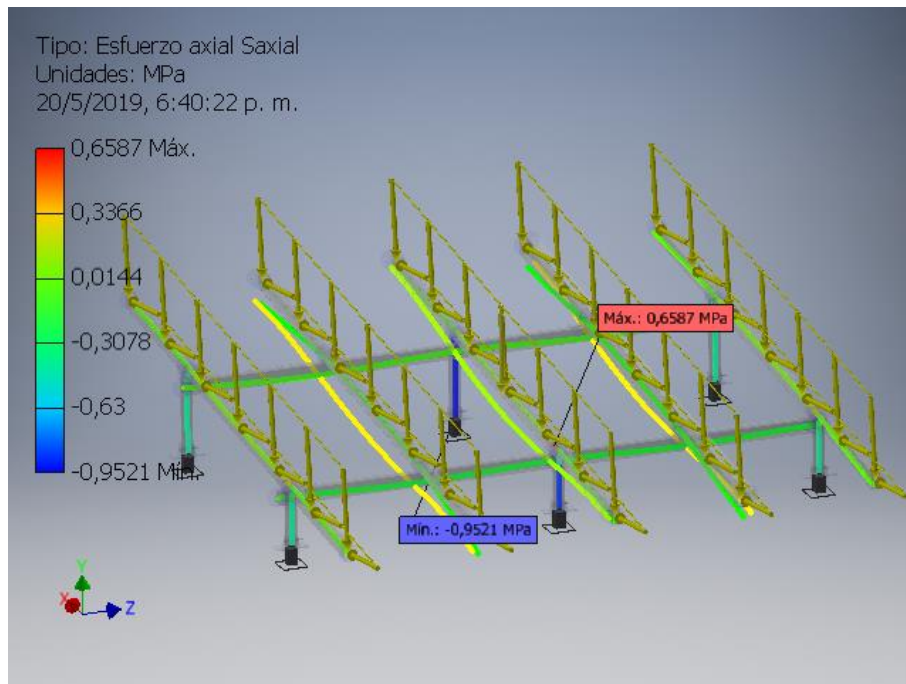
Smax



Smin

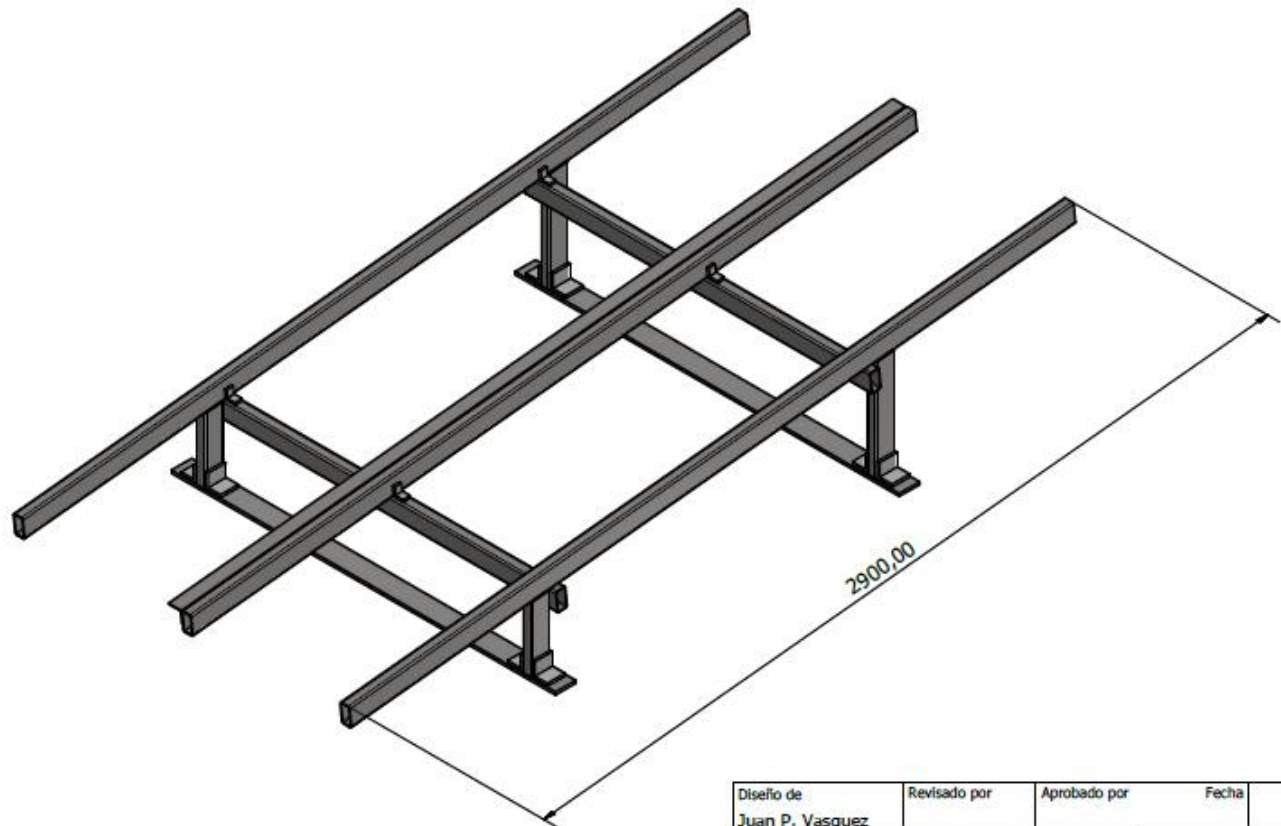
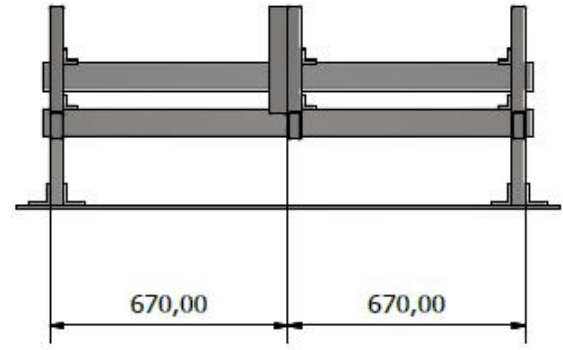
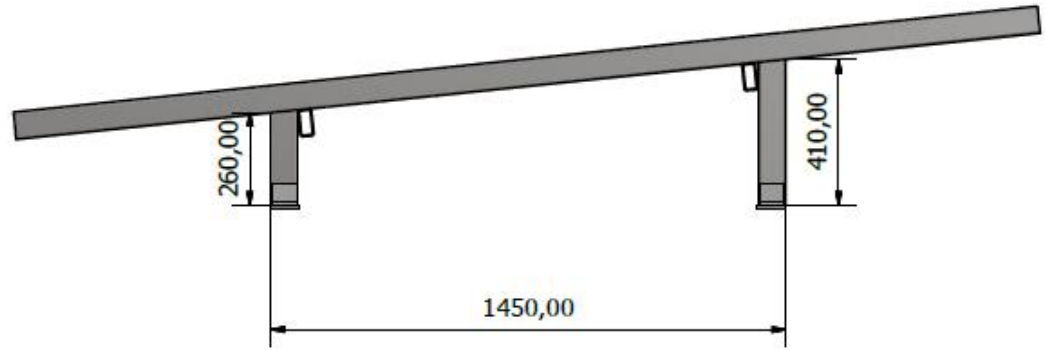


Saxial



6 5 4 3 2 1

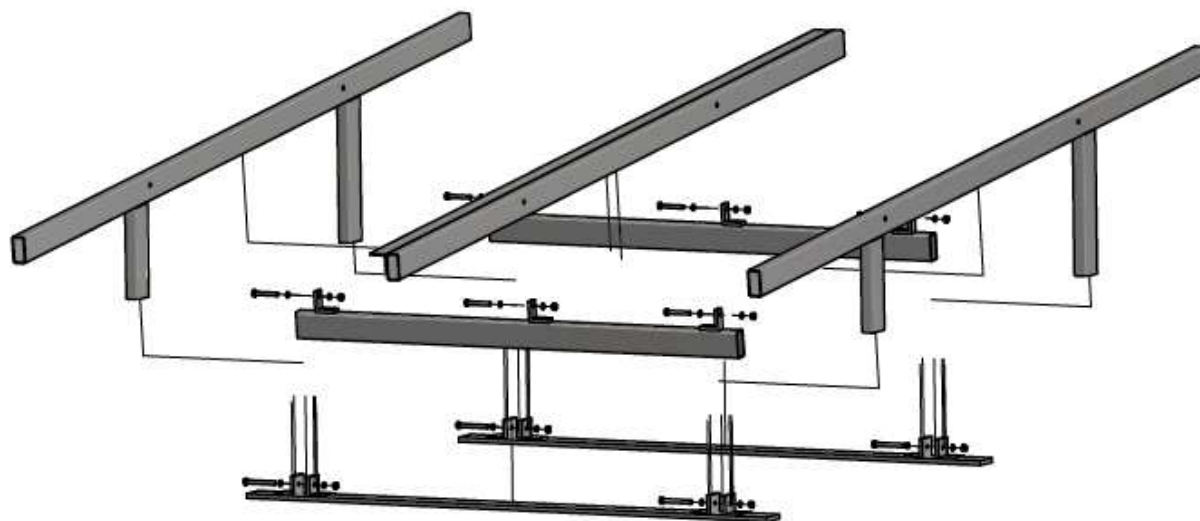
D
C
B
A



6 5 4 3 2 1

D
C
B
A

Diseño de Juan P. Vasquez	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 30/05/2018
UMSA			Estructura capacidad cuatro paneles	
			Segunda Estructura	Edición 2
				Hoja 1 / 1



LISTA DE PIEZAS			
ELEMENTO	CTDAD	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN
1	1	Estructura a pedir	
2	8700,000 mm	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 114,173	Tubo
3	820,000 mm	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 16,142	Tubo
4	535,766 mm	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 10,547	Tubo
5	2760,000 mm	AISC - 3 x 2 x 1/8 - 54,331	Tubo
6	2900,000 mm	AISC - L 2 x 2 x 3/16 - 114,173	Sección angular de acero
7	3260,000 mm	AISC - 3x1/2 - 64,173	Barra
8	3	Tope estructural forma de L 40X40	Pieza
9	20	BS 4464 - M10 Forma A	Especificación para arandelas de presión para uso general.
10	6	ISO 8676 - M10 x 1 x 70	Tornillos de cabeza hexagonal con rosca métrica ISO de paso fino
11	10	ISO 8673 - M10x1	Tuercas hexagonales, tipo 1, con rosca métrica ISO de paso fino
12	8	Tope estructural forma L 60x60	Pieza
13	4	ISO 8676 - M10 x 1 x 90	Tornillos de cabeza hexagonal con rosca métrica ISO de paso fino

Diseño de Juan P. Vasquez	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 30/05/2018
UMSA		Estructura capacidad cuatro paneles		
		Segunda Estructura	Edición 2	Hoja 2 / 2

Informe de análisis de la estructura



Propiedades físicas

Masa	78,274 kg
Área	61386,682 mm ²
Volumen	10567,735 mm ³
Centro de gravedad	x=734,585 mm y=340,720 mm z=-663,140 mm

Material(es)

Nombre	Acero, suave	
	Densidad de masa	7,850 g/cm ³
General	Límite de elasticidad	207,000 MPa
	Resistencia máxima a tracción	345,000 MPa
Tensión	Módulo de Young	220,000 GPa
	Coefficiente de Poisson	0,275 su
Nombre(s) de pieza	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000001.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000002.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000003.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000004.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000005.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000006.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000013.ipt
	ANSI L 2 x 2 x 3_16	00000019.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000015.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000016.ipt

Sección o secciones transversales

	Área de sección (a)	659,523 mm ²
Propiedades de geometría	Anchura de sección	38,100 mm
	Altura de sección	76,200 mm
	Centroide de sección (x)	19,050 mm
	Centroide de sección (y)	38,100 mm
	Momento de inercia (I _x)	466593,000 mm ⁴
	Momento de inercia (I _y)	156077,715 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torsión (J)	379666,763 mm ⁴
Propiedades mecánicas	Módulo de sección (W _x)	12246,535 mm ³
	Módulo de sección (W _y)	8193,056 mm ³
	Módulo de sección de torsión (W _z)	0,000 mm ³
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _x)	207,107 mm ²
	Área de esfuerzo cortante reducida (A _y)	379,720 mm ²
Nombre(s) de pieza	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000001.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000002.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000003.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000004.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000005.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000006.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000013.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000015.ipt
	ANSI 3 x 2 x 1_8	00000016.ipt
Propiedades de geometría	de Área de sección (a)	467,024 mm ²
	Anchura de sección	50,800 mm
	Altura de sección	50,800 mm

	Centroide de sección (x)	14,200 mm
	Centroide de sección (y)	14,200 mm
	Momento de inercia (I_x)	111470,528 mm ⁴
	Momento de inercia (I_y)	111470,528 mm ⁴
	Módulo de rigidez de torsión (J)	3836,922 mm ⁴
Propiedades mecánicas	Módulo de sección (W_x)	3045,652 mm ³
	Módulo de sección (W_y)	3045,652 mm ³
	Módulo de sección de torsión (W_z)	518,860 mm ³
	Área de esfuerzo cortante reducida (A_x)	170,248 mm ²
	Área de esfuerzo cortante reducida (A_y)	170,248 mm ²
Nombre(s) de pieza	ANSI L 2 x 2 x 3_16 00000019.ipt	

Condiciones de funcionamiento

Gravedad

Tipo de carga Gravedad

Magnitud 9810,000 mm/s²

Dirección Y-

Carga continua:1

Tipo de carga Carga continua

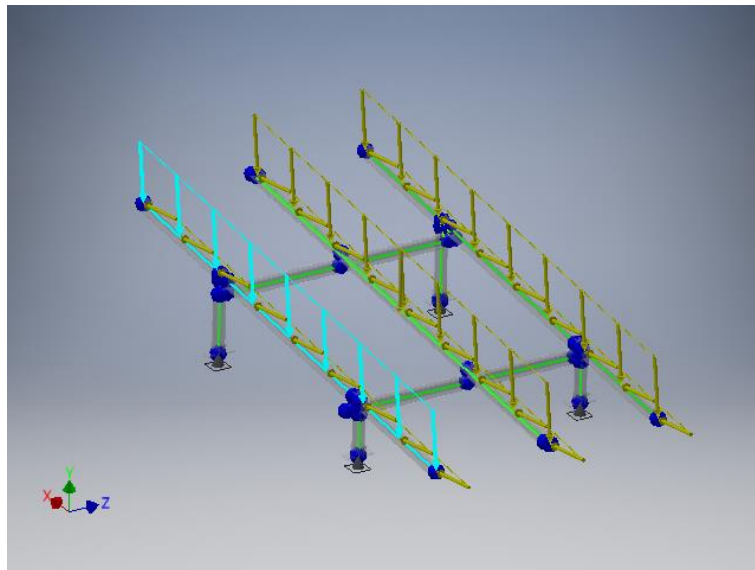
Magnitud 0,041 N/mm

Sistema de coordenadas de vigas No

Ángulo de plano 262,00 gr

Ángulo en plano 90,00 gr

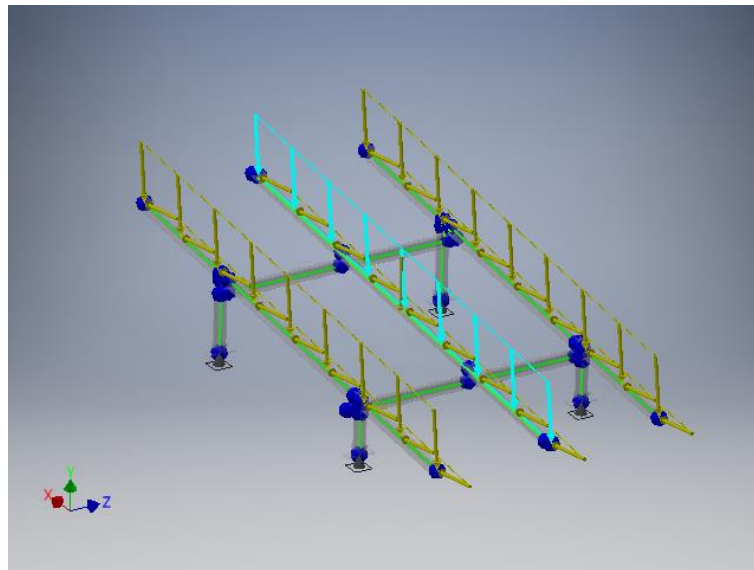
Qx	-0,006 N/mm
Qy	-0,040 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Desfase	0,000 mm
Longitud	2900,000 mm
Magnitud final	0,041 N/mm



Carga continua:2

Tipo de carga	Carga continua
Magnitud	0,081 N/mm
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	262,00 gr
Ángulo en plano	90,00 gr
Qx	-0,011 N/mm
Qy	-0,080 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Desfase	0,000 mm

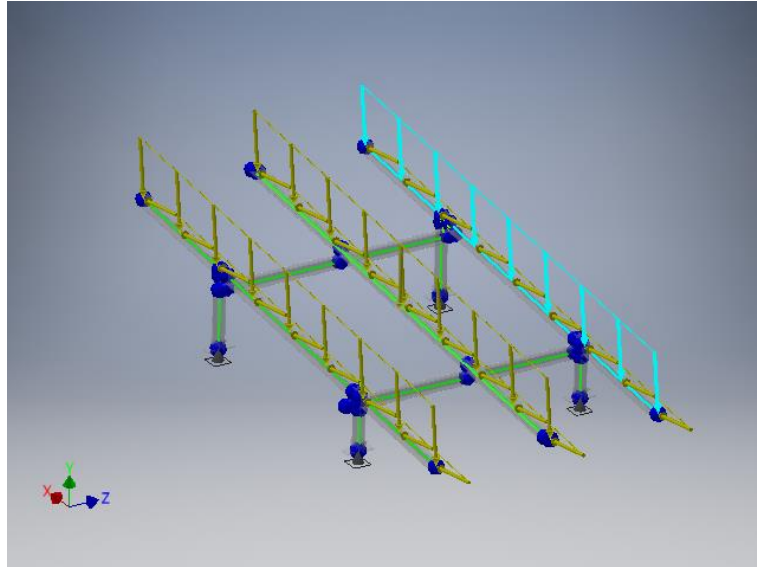
Longitud	2900,000 mm
Magnitud final	0,081 N/mm



Carga continua:3

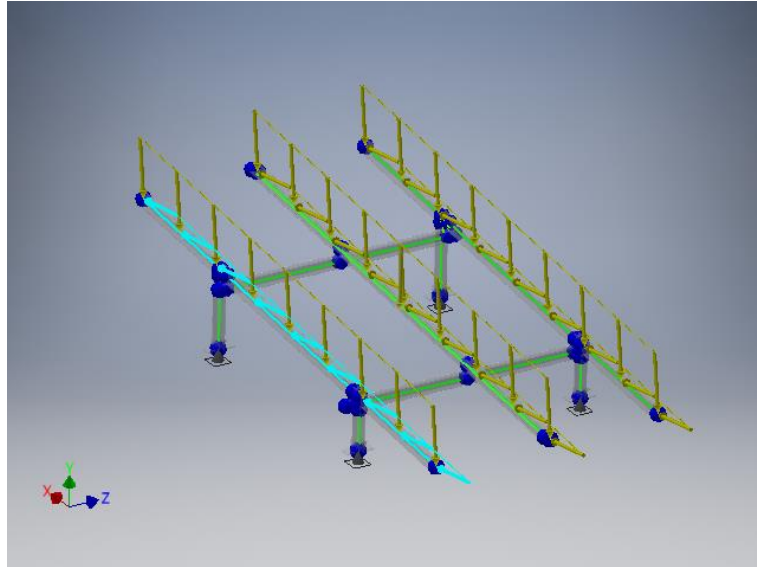
Tipo de carga	Carga continua
Magnitud	0,041 N/mm
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	262,00 gr
Ángulo en plano	90,00 gr
Qx	-0,006 N/mm
Qy	-0,040 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Desfase	0,000 mm
Longitud	2900,000 mm
Magnitud final	0,041 N/mm

Referencia o referencias seleccionadas



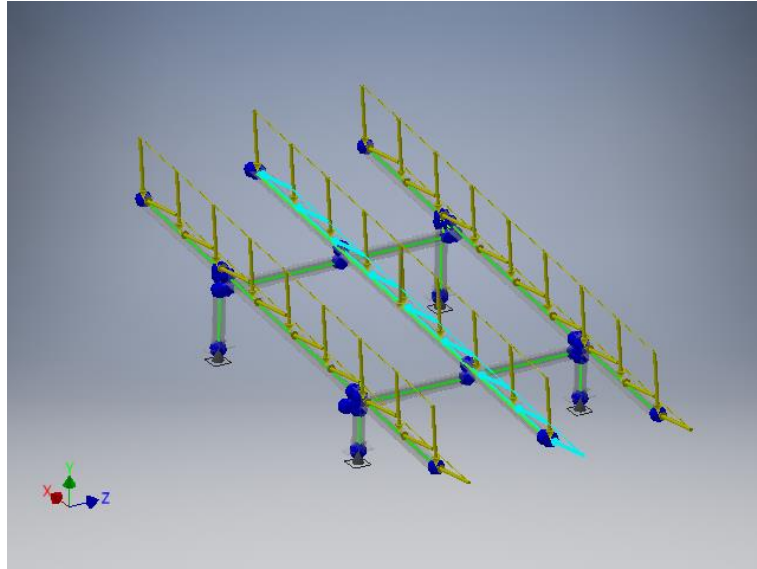
Carga continua:4

Tipo de carga	Carga continua
Magnitud	0,010 N/mm
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	352,00 gr
Ángulo en plano	90,00 gr
Qx	0,010 N/mm
Qy	-0,001 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Desfase	0,000 mm
Longitud	2900,000 mm
Magnitud final	0,010 N/mm



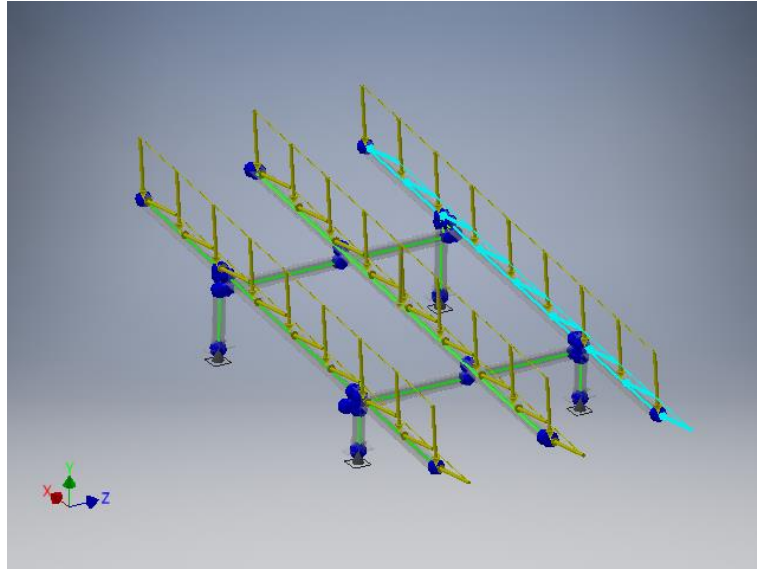
Carga continua:5

Tipo de carga	Carga continua
Magnitud	0,020 N/mm
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	352,00 gr
Ángulo en plano	90,00 gr
Qx	0,020 N/mm
Qy	-0,003 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Desfase	0,000 mm
Longitud	2900,000 mm
Magnitud final	0,020 N/mm



Carga continua:6

Tipo de carga	Carga continua
Magnitud	0,010 N/mm
Sistema de coordenadas de vigas	No
Ángulo de plano	352,00 gr
Ángulo en plano	90,00 gr
Qx	0,010 N/mm
Qy	-0,001 N/mm
Qz	0,000 N/mm
Desfase	0,000 mm
Longitud	2900,000 mm
Magnitud final	0,010 N/mm



Resultados

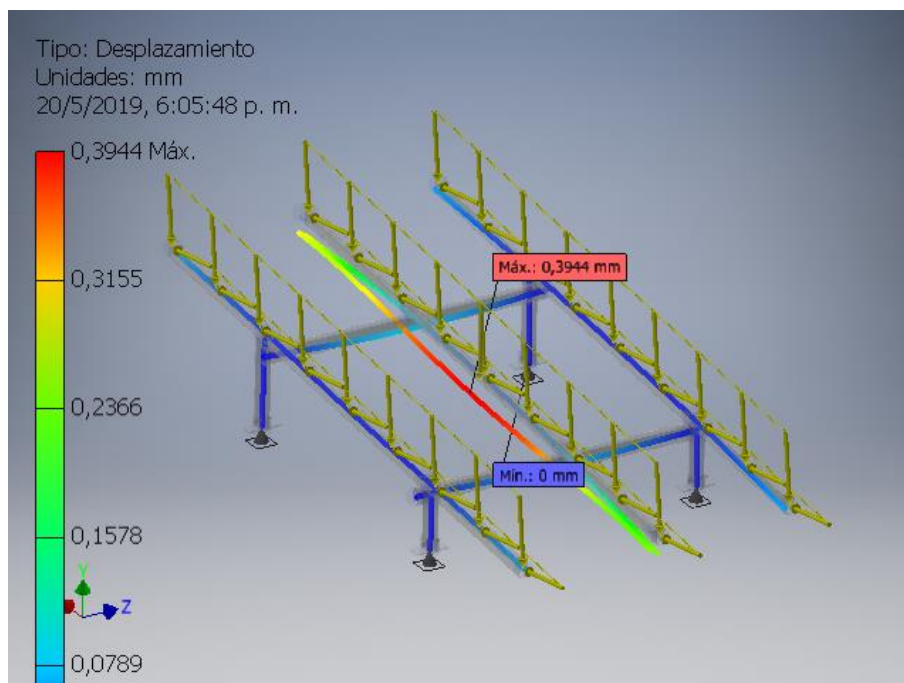
Resumen de resultados estáticos

Nombre		Mínimo	Máximo
Desplazamiento		0,000 mm	0,394 mm
Fuerzas	Fx	-146,218 N	146,422 N
	Fy	-273,139 N	221,814 N
	Fz	-258,512 N	320,402 N
Momentos	Mx	-67432,450 N mm	30734,868 N mm
	My	-33685,520 N mm	33732,596 N mm
	Mz	-23846,433 N mm	23936,752 N mm
Tensiones normales	Smax	-0,486 MPa	5,889 MPa
	Smin	-9,467 MPa	0,331 MPa
	Smax(Mx)	0,000 MPa	5,506 MPa
	Smin(Mx)	-9,348 MPa	0,000 MPa
	Smax(My)	-0,000 MPa	4,117 MPa

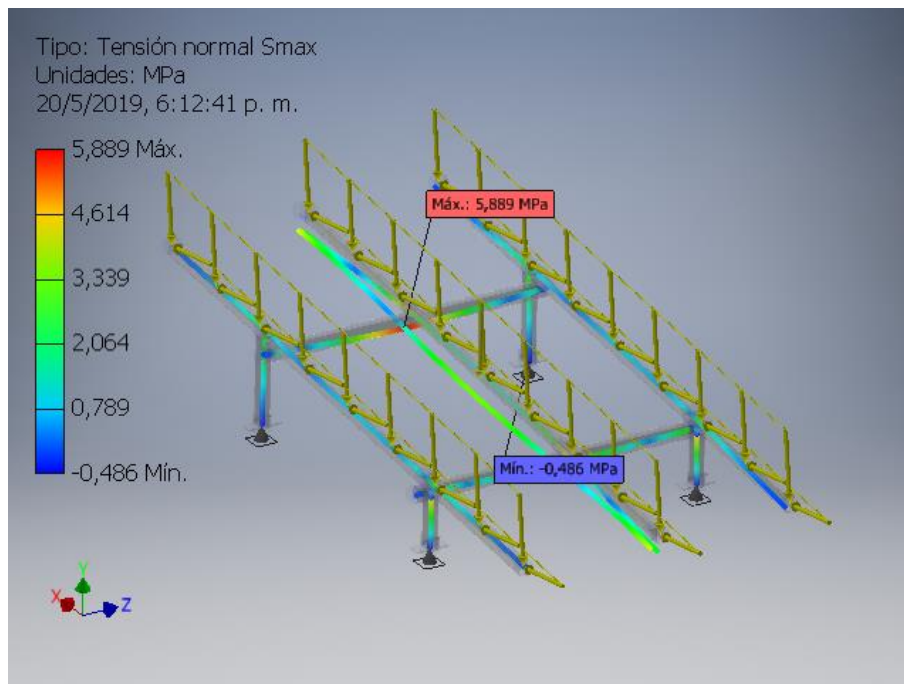
	Smin(My)	-4,117 MPa	0,000 MPa
	Saxial	-0,486 MPa	0,392 MPa
Tensión de corte	Tx	-0,707 MPa	0,706 MPa
	Ty	-0,584 MPa	0,719 MPa
Tensiones de torsión T		-0,000 MPa	0,000 MPa

Figuras

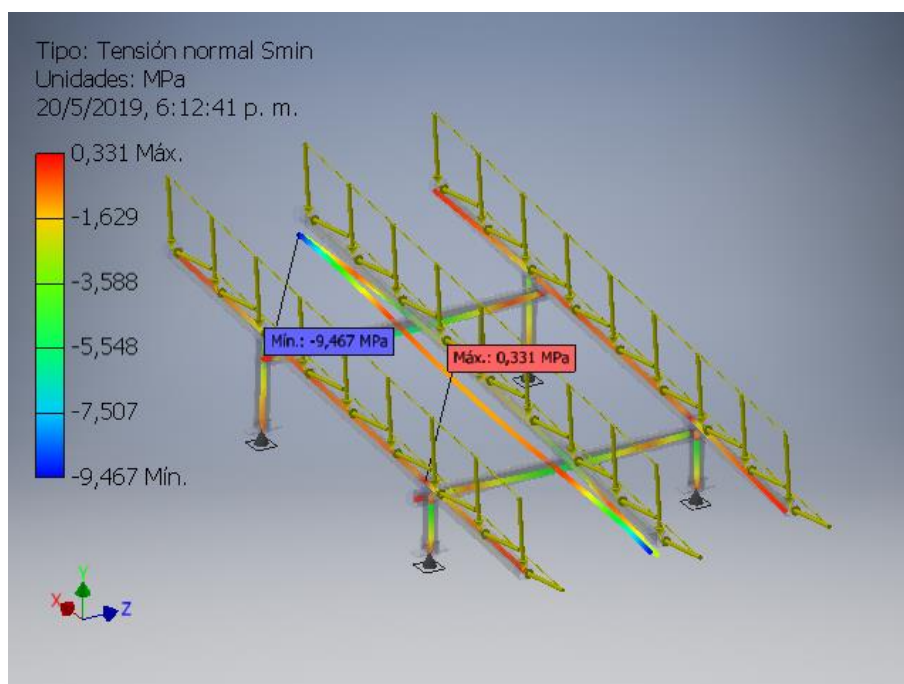
Desplazamiento



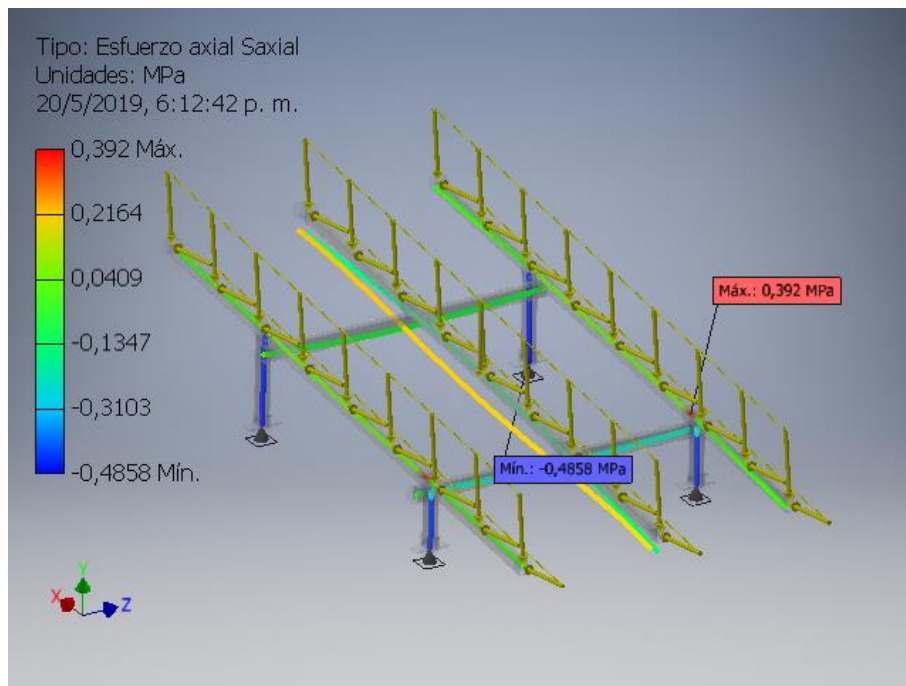
Smax



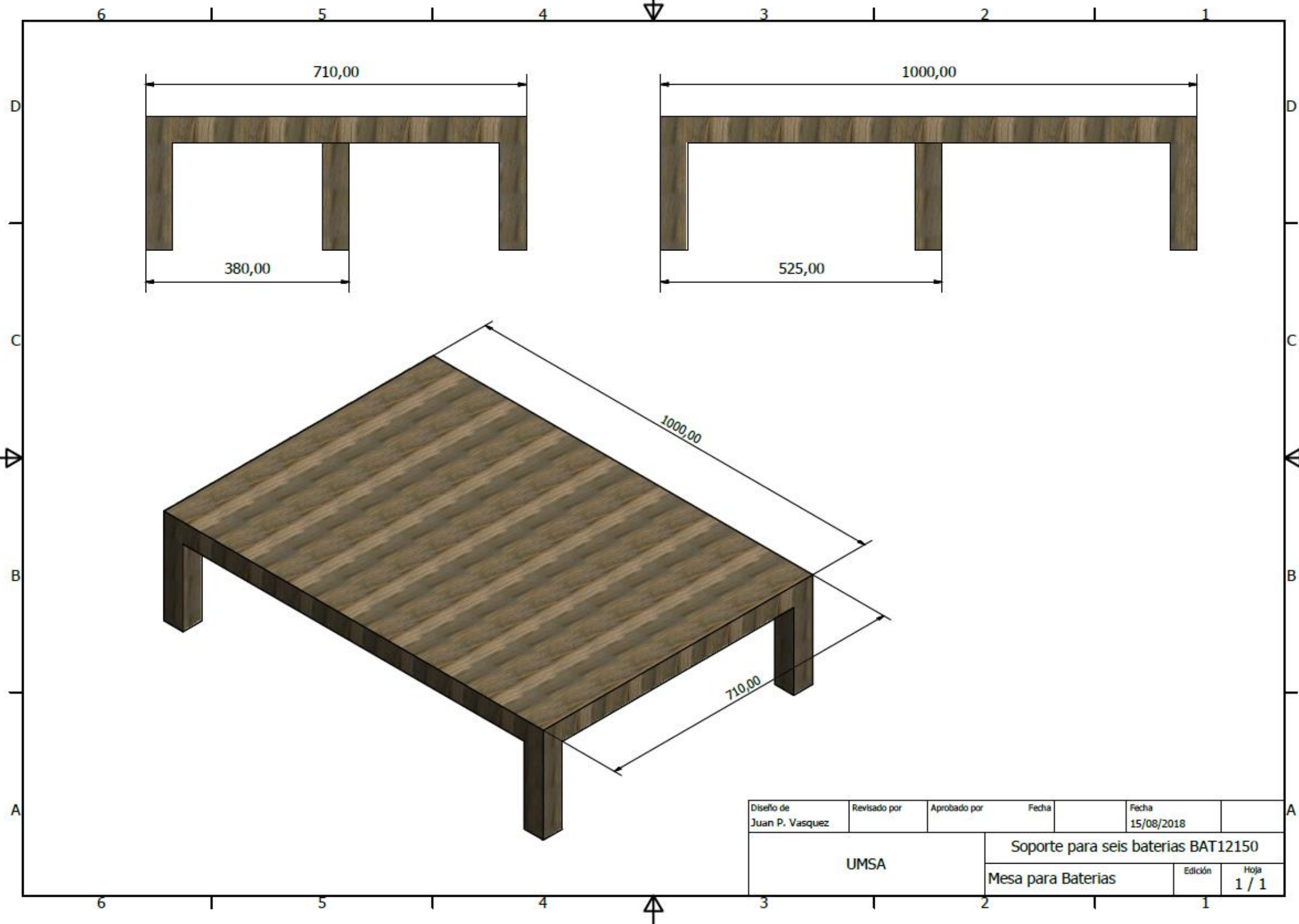
Smin



Saxial



Anexo H Mesa para las Baterías



Diseño de Juan P. Vasquez	Revisado por	Aprobado por	Fecha	Fecha 15/08/2018	
UMSA			Soporte para seis baterías BAT12150		
			Mesa para Baterías	Edición	Hoja 1 / 1

Anexo I Tabla Comparativa de escala AWG / kCM x serie métrica IEC (NB777)

AWG/kCM (*)		IEC mm	AWG/kCM (*)		IEC mm
N°	mm		N°	mm	
40	0,005		9	6,65	
39	0,0062		8	8,36	
		0,0072			10
7	0,0082			10,52	
37	0,01		6	13,28	
		0,012			16
36	0,013		5	16,77	
35	0,016		4	21,15	
		0,018			25
34	0,02		3	27	
33	0,025		2	33,62	
		0,029			35
32	0,032		1	42,37	
31	0,04				50
		0,046	1/0	53,49	
30	0,051		2/0	67,43	
29	0,065				70
		0,073	3/0	85,01	
28	0,08				95
27	0,102		4/0	107,21	
		0,12			120
26	0,128		250000 (*)	126,69	
25	0,163				150
		0,18	300000 (*)	151,86	
24	0,2		350000 (*)	177,43	
23	0,26				185
		0,3	400000 (*)	202,69	
22	0,32				240
21	0,41		500000 (*)	23,06	
		0,5			300
20	0,52		600000 (*)	304,24	
19	0,65		700000 (*)	354,45	
		0,75	750000 (*)	380	
18	0,82				400
		1	800000 (*)	405,71	
17	1,04		900000 (*)	455	
16	1,31				500
		1,5	1000000 (*)	506,04	
15	1,65				630
14	2,08		1250000 (*)	633,4	
		2,5	1500000 (*)	760,1	
13	2,63				800
12	3,31		1750000 (*)	886,7	
		4			1000
11	4,15		2000000 (*)	1013	
10	5,26		2500000 (*)	1266,2	
		6			

Anexo J Capacidad de conducción para alambres y cables de cobre aislados con PVC a 60°C (TW) o PVC 75°C (THW) a temperatura ambiente de 30 °C (hasta 3 conductores agrupados).

Calibre AWG/kCM(*)	Sección mm ²	Capacidad de Corriente en (A)	
		En ducto	Aire Libre
16	1,31	10	15
14	2,08	15	20
12	3,31	20	25
10	5,26	30	40
8	8,36	40	60
6	13,28	5	80
4	21,15	70	105
2	33,62	95	140
1	42,37	110	160
1/0	3,49	150	195
2/0	67,43	17	225
3/0	8,01	200	255
4/0	107,21	230	30
250000 (*)	126,69	255	335
300000 (*)	151,86	285	375
350000 (*)	177,43	310	405
400000 (*)	202,69	335	435
500000 (*)	253,06	380	500
600000 (*)	304,24	420	555
700000 (*)	354,45	460	600
800000 (*)	405,71	490	645
900000 (*)	47,44	520	680
1000000 (*)	6,01	545	710

Anexo K Registro Fotográfico



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

FACULTAD DE INGENIERÍA

INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

DESCRIPCIÓN:

Reconocimiento del terreno durante la primera etapa de construcción de la infraestructura del centro de Acopio en la comunidad de Real Beni.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:
Control de calidad de las estructuras metálicas durante su
el proceso de construcción en el taller, Cochabamba.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

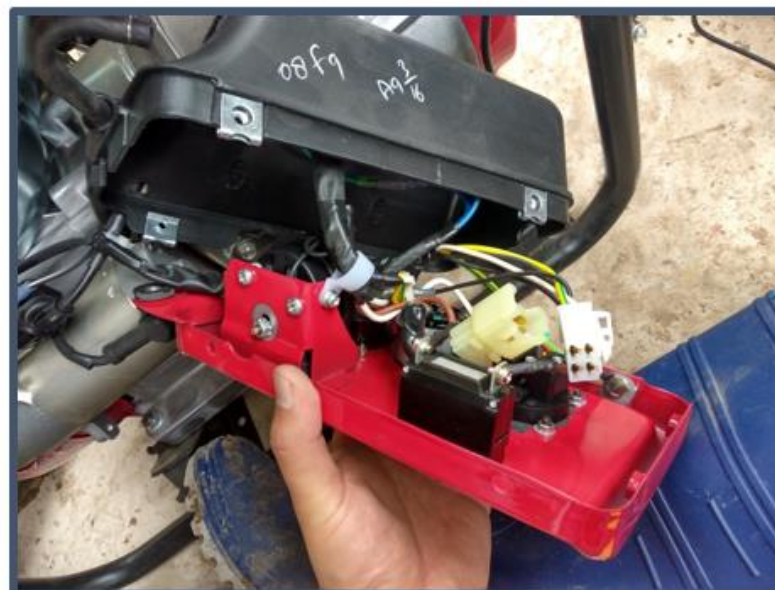
DESCRIPCIÓN:
Ingreso a la comunidad con el equipo necesario para
sistema fotovoltaico.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

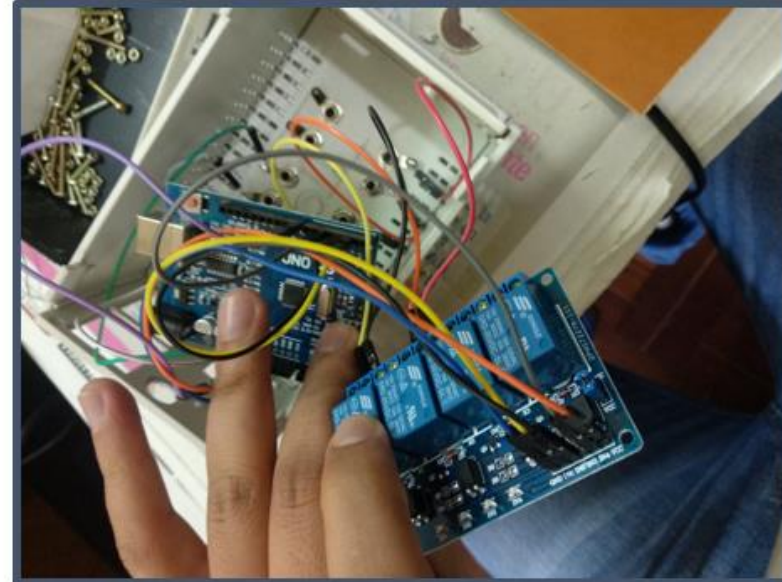
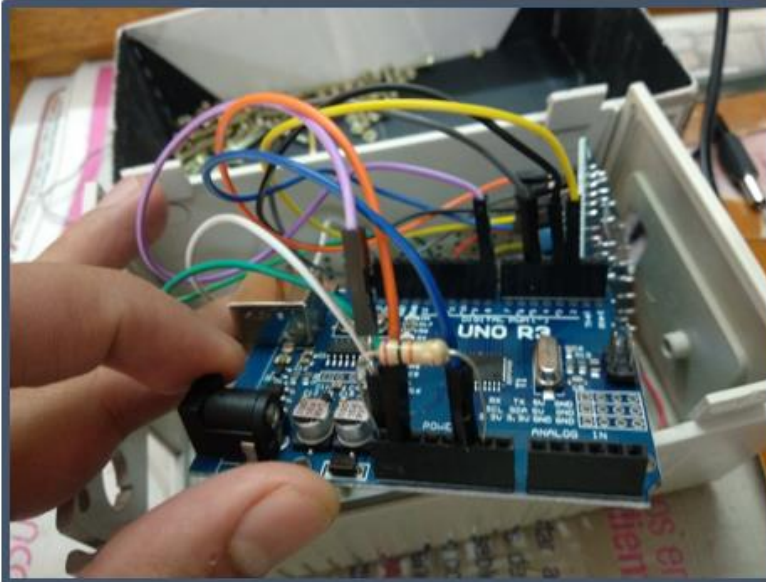
DESCRIPCIÓN:

El equipo de trabajo en reunión con el grupo inicial de la comunidad para explicarles el proyecto, los alcances y las limitaciones del mismo.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:
Haciendo pruebas en el circuito de encendido del
generador eléctrico para implementar el arrancador
automático.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:
Construcción del equipo de arrancador automático en base al microprocesador de ARDUINO I, que se acoplará al generador eléctrico.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECÁNICA

DESCRIPCIÓN:
Montaje de la estructura del primer grupo de paneles
solares.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:

El material utilizado para capacitar a las personas de la comunidad en el tema de energía solar, operación y mantenimiento del sistema fotovoltaico. Parte de la transferencia tecnológica que se tiene que hacer.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:
Los componentes conectados y funcionando.
Programando el equipo Inversor/Cargador para que
funcionen con el Arrancador automático.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:
Las obras del centro de acopio terminado y en funcionamiento.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:

Las familias de la comunidad empezando a apropiarse de la tecnología. El centro de acopio empezó a funcionar.



UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
INGENIERIA ELECTROMECAÁNICA

DESCRIPCIÓN:

Tras una serie de talleres de capacitación sobre la gestión del centro de acopio, se termina finalmente la transferencia del centro de acopio a la comunidad.

BIBLIOGRAFÍA/WEBGRAFÍA

- AEDES. (2008). *Ponencias del Congreso Iberoamericano de Energía Solar*. Vigo.
- Alcor, E. (2008). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Sevilla: Progensa.
- Arestegui, M. (2013). *Manejo y aseguramiento de la conservación de productos pesqueros en la Amazonía*. Lima: Practical Action.
- Axaopoulos, P. (2017). *El sol y su radiación*. Atenas: TEI de Atenas Grecia.
- Camburn, M. (2011). *El Consumo de Pescado en la Amazonía Boliviana*. Santa Cruz - Bolivia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Colectivo. (2009). *La energía solar. Aplicaciones Prácticas*. España: Artes Gráficas Gala, SL.
- DOCPLAYER. (Enero de 2018). *Sesion 5 Energía Solar*. Obtenido de <https://docplayer.es/16315985-Sesion-5-energia-eolica-gonzalo-guerron.html>
- EE.RR., M. (Enero de 2018). *Captar y Almacenar-Utilizar y Amortizar*. Obtenido de http://mienergiasolar.es/energy_technologies/micro_wind.htm
- Energy, V. (2014). *Which solar charge controller: PWM or MPPT?* Estados Unidos.
- Harper, G. E. (2011). *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos*. México: Limusa.
- Homer Energy*. (Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.homerenergy.com/>
- Informatica, T. e. (Enero de 2018). *Red Eléctrica*. Obtenido de <http://wwwangiecollazos.blogspot.com/2013/03/red-electrica.html>

Instituto Nacional de Estadística. (2012). *Instituto Nacional de Estadística*.
Obtenido de <http://www.ine.gob.bo/>

Norte Paceño. (18 de Octubre de 2017). *Mancomunidad de Municipio de Norte Paceño Tropical*. Obtenido de <http://www.nortepaceno.org/municipios/san-buenaventura>

Ó. Perpiñan, A. C. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. España: Creative Commons.

Prado Mora, C. R. (2008). *Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada*. Costa Rica.

Reza, C. (2017). *Uso productivo de la energía en la Amazonía Boliviana: Refrigeración Solar*. La Paz: Soluciones Prácticas ONG.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología . (8 de Julio de 2018). *SENAMHI*. Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>

Solar System and Beyond. (Febrero de 2018). Obtenido de NASA: <https://www.nasa.gov/>

Solón, F. (Junio de 2017). *Situación de la Energía Solar en Bolivia*. Obtenido de <https://fundacionsolon.org/2017/06/26/situacion-de-la-energia-solar-en-bolivia/>

TOYO. (Marzo de 2018). Obtenido de Baterías Toyo AGM VRLA: <http://www.bateriastoyo.com/producto.php?flia=14>

Victron Energy. (Noviembre de 2017). Obtenido de Blue Power: <https://www.victronenergy.com/>

WATTSON. (Enero de 2018). *Funcionamiento de los generadores Eléctricos*. Obtenido de <Http://www.wattson.com.ar/funcionamiento-de-los-generadores-electricos>

REFERENCIAS

- AEDES. (2008). *Ponencias del Congreso Iberoamericano de Energía Solar*. Vigo.
- Alcor, E. (2008). *Instalaciones Solares Fotovoltaicas*. Sevilla: Progensa.
- Arestegui, M. (2013). *Manejo y aseguramiento de la conservación de productos pesqueros en la Amazonía*. Lima: Practical Action.
- Axaopoulos, P. (2017). *El sol y su radiación*. Atenas: TEI de Atenas Grecia.
- Camburn, M. (2011). *El Consumo de Pescado en la Amazonía Boliviana*. Santa Cruz - Bolivia: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.
- Colectivo. (2009). *La energía solar. Aplicaciones Prácticas*. España: Artes Gráficas Gala, SL.
- DOCPLAYER. (Enero de 2018). *Sesion 5 Energía Solar*. Obtenido de <https://docplayer.es/16315985-Sesion-5-energia-eolica-gonzalo-guerron.html>
- EE.RR., M. (Enero de 2018). *Captar y Almacenar-Utilizar y Amortizar*. Obtenido de http://mienergiasolar.es/energy_technologies/micro_wind.htm
- Energy, V. (2014). *Which solar charge controller: PWM or MPPT?* Estados Unidos.
- Harper, G. E. (2011). *El ABC de las instalaciones eléctricas en sistemas eólicos y fotovoltaicos*. México: Limusa.
- Homer Energy*. (Diciembre de 2017). Obtenido de <https://www.homerenergy.com/>
- Informatica, T. e. (Enero de 2018). *Red Eléctrica*. Obtenido de <http://wwwangiecollazos.blogspot.com/2013/03/red-electrica.html>

Instituto Nacional de Estadística. (2012). *Instituto Nacional de Estadística*.
Obtenido de <http://www.ine.gob.bo/>

Norte Paceño. (18 de Octubre de 2017). *Mancomunidad de Municipio de Norte Paceño Tropical*. Obtenido de <http://www.nortepaceno.org/municipios/san-buenaventura>

Ó. Perpiñan, A. C. (2012). *Diseño de Sistemas Fotovoltaicos*. España: Creative Commons.

Prado Mora, C. R. (2008). *Diseño de un sistema eléctrico fotovoltaico para una comunidad aislada*. Costa Rica.

Reza, C. (2017). *Uso productivo de la energía en la Amazonía Boliviana: Refrigeración Solar*. La Paz: Soluciones Prácticas ONG.

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología . (8 de Julio de 2018). *SENAMHI*. Obtenido de <http://senamhi.gob.bo/index.php/inicio>

Solar System and Beyond. (Febrero de 2018). Obtenido de NASA: <https://www.nasa.gov/>

Solón, F. (Junio de 2017). *Situación de la Energía Solar en Bolivia*. Obtenido de <https://fundacionsolon.org/2017/06/26/situacion-de-la-energia-solar-en-bolivia/>

TOYO. (Marzo de 2018). Obtenido de Baterías Toyo AGM VRLA: <http://www.bateriastoyo.com/producto.php?flia=14>

Victron Energy. (Noviembre de 2017). Obtenido de Blue Power: <https://www.victronenergy.com/>

WATTSON. (Enero de 2018). *Funcionamiento de los generadores Eléctricos*. Obtenido de <Http://www.wattson.com.ar/funcionamiento-de-los-generadores-electricos>