



**Adaptación de un Sistema de Conservación por Agua de Mar Refrigerada a
Bordo de una Embarcación Parguera de Taganga, Caribe Colombiano, Operada
con Energía Solar.**

Lina Marcela Pimienta Rodríguez

Universidad Magdalena

Facultad, de Ingeniería

Programa de Maestría en Pesquerías Tropicales

Santa Marta, Colombia

2022



**Adaptación de un Sistema de Conservación por Agua de Mar
Refrigerada a Bordo de una Embarcación Parguera de Taganga,
Caribe Colombiano, Operada con Energía Solar.**

Lina Marcela Pimiento Rodríguez

Trabajo presentado como requisito parcial para optar al título de:

Magister en Pesquerías Tropicales

Director:

Mag. Alvaro E. Espeleta Maya

Modalidad: Profundización

Universidad del Magdalena

Facultad de Ingeniería

Programa de Maestría en Pesquerías Tropicales

Santa Marta, Colombia

2022

Nota de aceptación:

Aprobado por el Consejo de Programa en cumplimiento de los requisitos exigidos por el Acuerdo Superior N° 11 de 2017 y Acuerdo Académico N° 20 de 2017 para optar al título de Magister en Pesquerías Tropicales.

(Ph.D) Víctor Márquez Zaldúa

(Ph.D) Rafael García

Santa Marta, 19 de agosto de 2022.

Por ellos la inspiración para escalar un peldaño más en mi formación profesional.

A Dios, por darme la fortaleza para cumplir una vez más con una meta profesional.

A mis padres Wilmer Antonio Pimienta Martínez e Ibeth María Rodríguez Villanueva por darle color a mi vida, por su abnegada y esforzada labor en mi formación personal y profesional.

A mi padrino Ari Javier Ramírez Britto, por confiar en mí, por su estímulo y motivación.

A mi hermana Angie Vanessa Pimienta Rodríguez, por su apoyo y cariño incondicional.

A mi pareja Erick Leonardo García Fernández, por creer en mis capacidades, por darme un empujón para iniciar el proceso, por no dejarme desfallecer y llenarme de amor a diario.

Y a la memoria de mis abuelos Myriam Villanueva de Rodríguez y Orlando Rafael Rodríguez García, mis ángeles.

A ustedes dedico este nuevo logro.

Agradecimientos

A Dios principalmente por ser quien en toda mi vida me ha encomendado para no desmayar en todas mis acciones y alimentarme cada día de pensamientos bonitos para proyectar mi luz al mundo.

A mi director de proyecto *M.Sc. Álvaro Espeleta Maya*, por segunda vez haberme brindado la oportunidad de recurrir a su experiencia, capacidades y conocimientos, para ser mi orientador a lo largo del proceso. A su vez, por su comprensión, paciencia, entrega, valiosos consejos y aprendizajes que me deja en claro que no solo cumplió con su función de director, si no que se ganó mi cariño y una hija más.

A mi compañera de aventuras *Ing. Lian Karla García Monsalvo*, por ser la mano amiga que nunca desfallece.

Agradecerle al *Ing. Jhon Taborda G*, por aportar al desarrollo de campo del proyecto y crear conexiones que permitieron el préstamo de los equipos solares para la ejecución en campo.

Al patrón de pesca Pablo José Marín Uriana, de la embarcación parquera Yoyi, por su tiempo y disposición.

A los estudiantes de último semestre del programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad del Magdalena, *Manuel Berdugo, Jorge Maldonado, Guillermo Martínez y Ernesto Jaraba*; por creer en el proyecto y aportar sus conocimientos y tiempo.

Agradecerles a todas y cada una de las personas que directa o indirectamente se me acercaron y me brindaron una mano, en cada uno de los momentos difíciles que pasé en el desarrollo de campo y que me guiaron para salir adelante.

A todos y cada uno de ellos agradezco desde el fondo de mi alma.

Resumen

Las actividades pesqueras requieren condiciones óptimas de conservación del pescado a fin de reducir su deterioro de tal manera que se mantenga la calidad de estos dentro de la cadena de suministro. El presente trabajo pretende garantizar la conservación de la captura obtenida en faenas a bordo de embarcaciones pargueras artesanales en la zona de Taganga en la ciudad de Santa Marta, mediante el cálculo y diseño de un prototipo de sistema de conservación por frío autónomo con agua de mar refrigerada, empleando fuentes de energías renovables. La actividad de campo de la embarcación modelo, se llevó a cabo en la Universidad del Magdalena. Se construyó un sistema de refrigeración capaz de lograr un descenso de temperatura del agua de mar entre 0 °C y -1.5 °C en menos de 12 horas (tiempo estimado necesario para las actividades pre-faena); se utilizó un controlador PID con el fin de supervisar el sistema de refrigeración de forma remota. La carga total estimada para la bodega de la embarcación utilizada para el enfriamiento del agua de mar es de 0.86 TR y en con un análisis económico de los costos de equipos y montaje del proyecto el valor estimado es de \$20.440.460 COP y su incidencia en el precio del producto se estima en \$228,54 \$/Kg. COP

Palabras clave: Agua de Mar Refrigerada, Sistema de Conservación, Energías Renovables, Controlador PID.

Abstract

Fishing activities require optimal fish conservation conditions in order to reduce their deterioration in such a way that their quality is maintained within the supply chain. The present work intends to guarantee the conservation of the catch obtained in tasks aboard artisanal parguera boats in the Taganga area in the city of Santa Marta, through the calculation and

design of a prototype of an autonomous cold conservation system, using renewable energies. The field activity of the model boat was carried out at the Universidad del Magdalena. A refrigeration system capable of achieving a drop in seawater temperature between 0 °C and - 1.5 °C is built; PID controller was produced in order to monitor the refrigeration system remotely. The total estimated load for the hold of the vessel used for cooling seawater is 0.86 TR and, with an economic analysis of the costs of equipment and assembly of the project, the estimated value is \$20,440,460 COP and its impact on the price of the product is estimated at \$228.54 \$/Kg COP.

Keywords: Refrigeration Sea Water, Conservation System, Renewable Energies, PID Controller.

Contenido

Resumen	1
Abstract	1
Lista de Tablas.....	5
Lista de Figuras	6
Lista de Símbolos	7
1. Introducción.....	9
1.1 Objetivos	13
1.1.1. Objetivo General	13
1.1.2. Objetivos Específicos	13
2. Metodología.....	14
2.1. Área de Estudio.	14
2.2. Recolección de Datos.	15
2.3. Caracterización de la Embarcación.....	15
2.4. Diseño del Prototipo.....	17
2.5. Fuente de Energía Alterna.	18
2.5.1. Paneles Solares	18
2.5.2. Regulador Carga Solar PWM	18
2.5.3. Inversor.	19
2.5.4. Batería.....	19
2.5.5. Controlador PID.....	19
2.6. Carga de Refrigeración	20
2.7. Estimación de los Costos de Utilización	22
3. Resultados	23
3.1. Caracterización y Cálculos de la Cava Modelo	23

3.2.	Caracterización y Cálculos de la Bodega de la Embarcación Parguera de Taganga.....	30
4.	Conclusiones.....	36
5.	Recomendaciones.....	38
	Bibliografía.....	39
	Anexo I.....	42

Lista de Tablas

Tabla 1	<i>Inventario de Embarcaciones de la Flota Parguera de Taganga</i>	12
Tabla 2	<i>Características Principales de la Embarcación</i>	16
Tabla 3	<i>Características de la Cava de la Embarcación Modelo</i>	23
Tabla 4	<i>Cálculos de Áreas de las Medidas Interiores y Exteriores de la Cava (m^2)</i>	23
Tabla 5	<i>Cálculo del Volumen Interior de la Cava</i>	24
Tabla 6	<i>Peso (g) de los Ejemplares</i>	24
Tabla 7	<i>Cálculo del Calor Aportado por el Pescado</i>	25
Tabla 8	<i>Calor de Enfriamiento Inicial del Agua de Mar Refrigerada</i>	25
Tabla 9	<i>Capacidad de Enfriamiento de la Cava Modelo</i>	26
Tabla 10	<i>Cálculo y Análisis del Consumo de Energía de los Equipos de Refrigeración</i>	26
Tabla 11	<i>Características de la Bodega de la Embarcación Parguera</i>	30
Tabla 12	<i>Cálculo del Área Interior de la Bodega de la Embarcación Parguera</i>	30
Tabla 13	<i>Cálculo del Coeficiente Integral de Transferencia de Calor</i>	31
Tabla 14	<i>Enfriamiento del Agua de Mar en la Bodega de Carga</i>	32
Tabla 15	<i>Estimación de Costos a Bordo de la Embarcación Parguera</i>	34

Lista de Figuras

Figura 1	<i>Área de Estudio Comprendidas entre Taganga y el Cabo de la Vela Operación de Pesca de las Embarcaciones Pargueras</i>	14
Figura 2	<i>Embarcación Modelo Dotada con el Sistema de Refrigeración de Agua de Mar (AMR)</i>	18
Figura 3	<i>Curva Descriptiva de Enfriamiento de Agua de Mar</i>	27
Figura 4	<i>Curva Descriptiva de Enfriamiento del Agua de Mar del Controlador PID</i>	28
Figura 5	<i>Curva Descriptiva de Enfriamiento del Pescado en AMR Durante una Faena</i>	29

Lista de Símbolos

$\%$	Porcentaje.
$^{\circ}\text{C}$	Grados Celsius, XIV,
a	Área.
A	Amperio.
A/h	Amperio/hora.
AMR	Agua de Mar Refrigerada.
BTU/h	British Thermal Unit hora.
C_{agua}	Calor del agua de mar.
COP	Pesos Colombianos.
C_p	Calor específico del agua de mar.
e	Espesor.
Hp	Caballos de fuerza.
IoT	Internet de las cosas.
K	Conductividad térmica del material.
$Kcal$	kilocalorías. ,
$Kcal/h$	kilocalorías por horas.
kg	Kilogramo.
Kg/l	Kilogramo litros.
kW	Kilovatio.
kWh/d	kilovatio hora día.
LCD	Liquid crystal display.
m	Metros.
$\dot{m}$	Caudal circulante.
m^2	

	Metro cuadrado.
m^3	Metro cúbico.
min	Minuto.
PIB	Producto Interno Bruto.
PID	Controlador proporcional, integral y derivativo.
Pot_b	Potencia de la bomba.
PWM	Pulse width modulation.
qp	Perdida de calor a través de las paredes.
RSW	Refrigerated Sea Water.
s	Segundos.
t	Toneladas.
TRF	Tonelada de refrigeración.
U	Coeficiente integral de transferencia de calor.
v	Voltio.
W	Vatio.
Wh/d	Watt hora.
Δt	Diferencial de temperatura.

Capítulo 1

1. Introducción

La actividad pesquera marino-costera en Colombia, se constituye en uno de los principales usos de los recursos marinos (Rueda, y otros, 2014); aunque el aporte de la pesca al PIB nacional no sobrepasa el 1% (Beltran & Villaneda, 2000), esta actividad socioeconómica recobra importancia al ser fuente de ingresos, empleo y alimento de muchas comunidades costeras que ejercen una pesca principalmente de tipo artesanal.

La creciente necesidad de conservación del pescado en las embarcaciones impulsó la realización de trabajos de investigación aplicada, encaminados a indagar sobre distintos métodos de conservación a bordo, destacándose entre ellos el uso de Agua de Mar Refrigerada (AMR), desde el momento mismo de su captura hasta su posterior transporte a los muelles de desembarco. (Caicedo, 2016). El empleo de temperaturas entre 0°C y 1 ° C garantiza la buena conservación del producto reduciendo al mínimo la acción de los microorganismos alteradores y la acción de las enzimas. (Herrera, 2006).

Este sistema de circulación de Agua de Mar Refrigerada (AMR) requiere de la utilización de bombas, filtros y un adecuado circuito de tuberías entre la bodega y el sistema enfriamiento, comúnmente constituido por un evaporador, un compresor, un condensador y un dispositivo de expansión como elementos fundamentales del ciclo (Herrera, 2006).

La operación del equipo de refrigeración y del sistema de bombeo requieren del suministro eléctrico para el óptimo funcionamiento de este (Ruiz, 2012) y posee muchas ventajas entre ellas: incremento tanto en la velocidad de manipulación como en la de enfriamiento de la captura, lo que se refleja un aumento en el tiempo de conservación del

pescado mejorando significativamente la calidad de éste con respecto a los métodos comúnmente utilizado como el hielo. (Granham, Johnston, & Nichololson, 1993).

Las embarcaciones pargueras de Taganga, en la ciudad de Santa Marta, faenan en la zona norte del Caribe colombiano entre este corregimiento y el noreste del departamento de la Guajira utilizando artes de pesca tales como palangres de fondo (horizontales y verticales), nasas y líneas de mano (Arevalo, Melo, & Martinez, 2004), especializados en la captura de especies de peces demersales, de interés comercial tales como: el pargo rayado (*Lutjanus synagris*), ceibal o palmero (*L. analis*) y cunaro (*Rhomboplites aurorubens*), meros (Serranidae) y medregales (*Seriola* spp.). Este grupo de embarcaciones llevan a cabo sus faenas de pesca con duraciones entre 7 y 12 días, lo que implica la necesidad de mejorar la manipulación, el cuidado y la conservación de las capturas para satisfacer la demanda creciente de un mercado global cada vez más estricto en términos de control de calidad.

En el caso de las actividades pesqueras, se requieren condiciones óptimas de higiene y conservación del pescado a fin de reducir su deterioro de tal manera que se mantenga la calidad de estos dentro de la cadena de suministro, desde su captura hasta la mesa del consumidor final (Shawyer & A.F, 2005).

La energía procedente del sol es la fuente y una de las razones para que en el planeta tierra exista vida. Su potencia aproximada es de 62.600 Kw, originada a partir de diversas transformaciones de la energía lumínica y calorífica que irradia el sol que puede ser aprovechada mediante el calor que produce y por la absorción de la radiación, utilizando dispositivos tales como los paneles solares. (Bulnes, Best, & Lejos, 2010).

Un panel solar es el conjunto formado por un numero de celdas solares aproximadamente entre 36 y 72; que se encuentran conectadas en serie paralelo y acopladas sobre una placa metálica revestidas por un aislante térmico (Sukhatme & Nayak, 2008).

Estos dispositivos captan la energía lumínica procedente del sol y la transforman en electricidad con ayuda de semiconductores. (Duffie & WA, 1991). Estos sistemas de obtención renovable se han desarrollado últimamente debido al alto costo de la energía producida con el empleo y consumo de recursos naturales y por poca disponibilidad de esta. El uso de sistemas fotovoltaicos se ha incrementado en proyectos de electrificación rural y en proyectos agropecuarios. (Zambrano, Zambrano, Franklin, & Fumo, 2012)

Se pretende con la propuesta garantizar la conservación de la captura obtenida en faenas a bordo de embarcaciones pargueras artesanales en la zona de Taganga en la ciudad de Santa Marta, mediante el cálculo y diseño de un prototipo de sistema de conservación por frío autónomo, energéticamente hablando, que permita que en la iniciación de las faenas de pesca se independice de la posibilidad de consecución de hielo para la conservación del producto, pudiéndose entonces incrementar los días efectivos de pesca y las capturas por unidad de pesca. Además, el tratamiento a bajas temperaturas inmediatamente se realiza después de la captura lo que permite una mejor calidad organoléptica y, por tanto, mantener un mejor precio de venta para el producto desembarcado. La utilización de energías alternativas renovables minimiza a su vez el gasto en combustible.

El sistema propuesto plantea la utilización de Agua de Mar Refrigerada (AMR) o Refrigerated Sea Water (RSW), sistema que se instalará aprovechando las actuales cavas o bodegas existentes en las embarcaciones, dimensionando de acuerdo con las necesidades un equipo de refrigeración que enfríe el agua de mar colectada en alta mar y utilizando como fuente de energía la solar, captada a través de paneles de alta eficiencia y con acumuladores o baterías para el almacenamiento de la energía excedente.

La independencia que tendrían las embarcaciones del suministro local de hielo sería otro de los logros que se obtendrían al implementar el diseño planteado. Se espera poder diseñar un sistema cuya fuente de energía sea la solar, con la utilización de paneles solares de

última generación, de inversores compactos y de baterías de litio que garanticen el eficiente funcionamiento del sistema. Se incorporará al trabajo un estudio comparativo de costos de conservación que deberá entregar el valor total de la inversión, su vida útil y el período estimado de retorno de la inversión.

Desde la perspectiva de la autonomía en las faenas de pesca de las embarcaciones pargueras con asiento en Taganga, las lanchas muestran la mayor autonomía entre los departamentos del Magdalena y la Guajira (Gomez, Manjarrez, Duarte, & Altamar, 2004). Estas embarcaciones están diseñadas con motores internos y cuyos cascos están contruidos en madera, en fibra de vidrio y con madera recubierta con fibra de vidrio. (Acevedo, Cuello, & Altamar, 2020).

La actividad realizada por las embarcaciones pargueras tal como lo muestra la (Tabla 1), se encuentra en descenso pronunciado, pudiendo atribuirse tal evento a la disminución de la captura por unidad de esfuerzo pesquero, a los elevados costos involucrados en la faena y a un creciente desinterés de las nuevas generaciones de pescadores en esta ancestral actividad.

Tabla 1

Inventario de Embarcaciones de la Flota Parguera de Taganga

Estado	Año			
	1990	1995	2004	2020
Activo	18	12	12	2
Inactivo	3	4	6	1
Total	21	16	18	3

Nota. Fuente (Acevedo, Cuello, & Altamar, 2020).

1.1 Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Adaptar un sistema de Agua de Mar Refrigerada (AMR), autónomo energéticamente, a una embarcación parguera de Taganga, para efectos de la conservación de la captura.

1.1.2. Objetivos Específicos

Describir las operaciones de una faena de pesca de una embarcación parguera de Taganga.

Estimar la carga de refrigeración requerida para la conservación adecuada de los volúmenes de captura usualmente registrados para esta pesquería.

Calcular las necesidades energéticas del modelo de conservación basado en AMR, para la selección de la fuente de colecta y transformación de la energía solar.

Diseñar e implementar el sistema de conservación a bordo, basado en el uso de Agua de Mar Refrigerada (AMR).

Evaluar la operación a bordo del sistema AMR, con base en criterios económicos.

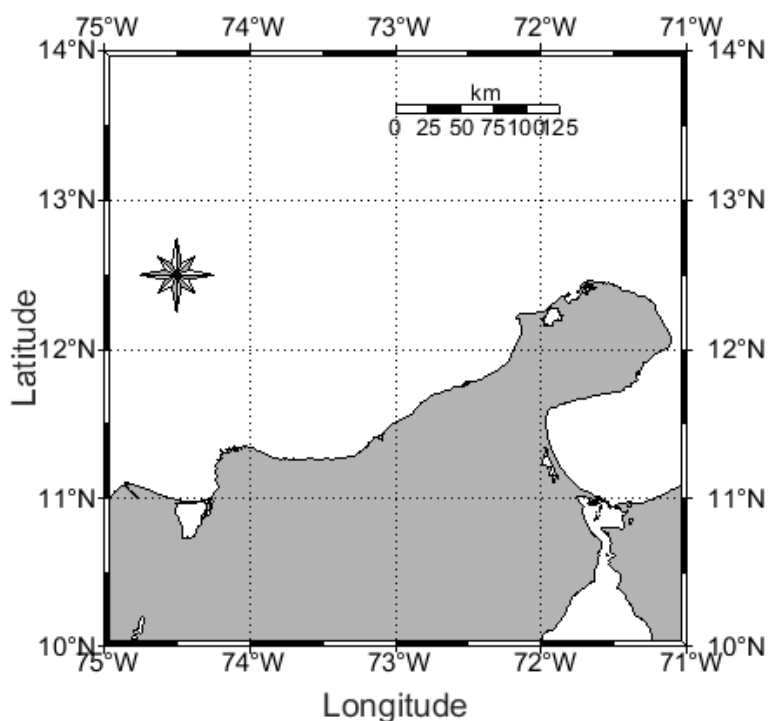
Capítulo 2

2. Metodología

2.1. Área de Estudio. En el Caribe colombiano, para Taganga se reportaron en el año 2021 desembarcos artesanales por 409 t (Duarte, y otros, 2021). Taganga está ubicada al norte de la ciudad de Santa Marta y se encuentra enmarcada por los cerros Punta Venado (Norte $11^{\circ} 16' 14''$ W $74^{\circ} 12' 16''$) y Punta Colorada (Norte $11^{\circ} 15' 44''$ W $74^{\circ} 11' 56''$) (Espitia, 2008), Figura 1. Es esta población residen, desembarcan y zarpan las embarcaciones parqueras objeto del estudio y sus faenas las realizan en la zona Norte del Caribe colombiano.

Figura 1

Área de Estudio Comprendidas entre Taganga y el Cabo de la Vela Operación de Pesca de las Embarcaciones Pargueras



2.2. Recolección de Datos. Se realizó una simulación de zarpe de una embarcación parguera desde puerto rumbo a la zona de pesca; se cargó la cava de agua de mar limpia para enfriar o pre-enfriar la cantidad necesaria de agua de mar en la bodega para posteriormente recircular la misma con una bomba de inmersión. La cava tenía instalado un evaporador capaz de lograr un descenso de temperatura en el agua de mar (entre 0° C y -1.5°C); temperatura que debe ser alcanzada antes de llegar a la primera zona o caladero de pesca (7-8 horas); pasado este tiempo el agua de mar ya debería estar enfriada y lista para recibir la primera cantidad de pescado proveniente de la captura inicial.

El pescado ingresa a la bodega, con una mezcla de 50% de pescado y 50% de Agua de Mar Refrigerada (AMR), es decir una relación 1:1. El sistema de recirculación debe estar funcionando continuamente durante los días de faena de tal manera que facilite retirar el calor suministrado por las capturas de los siguientes días y así mantener una temperatura cercana a -1°C. Los datos utilizados en el presente proyecto fueron obtenidos, en trabajo de campo, en las instalaciones de la Universidad del Magdalena. Los registros de tiempo (s) y temperatura (°C) del sistema de refrigeración en la cava, fueron tomados por un microcontrolador EPS32, y este a su vez poseía un controlador PID (controlador proporcional, integral y derivativo), enviados y almacenados en un servidor de IoT (internet de las cosas) de MATLAB (que nos ofrece la Universidad del Magdalena de forma gratuita), llamado Think Speak. Para el registro de la temperatura (°C) de cada una de las capturas, se utilizaron termómetros TESTO 108, y los datos fueron registrados en intervalos de 5 minutos y almacenados en Microsoft Excel.

2.3. Caracterización de la Embarcación. En la búsqueda de información se indagó a través de diálogos directos con el patrón de pesca de la embarcación parguera Yoyi, sobre las características de la flota, aprovisionamiento, zarpe y navegación, ejecución de la faena y desembarque. La embarcación diseñada para realizar pesca de palangre y nasas realiza sus

faenas a 12 millas náuticas ejerciendo su actividad en zona de bajura, con velocidad de operación promedio de 7 nudos. La Yoyi cuenta con una bodega para el almacenamiento de los productos de la pesca, con capacidad total de 4 toneladas, y emplea un sistema de refrigeración con sacos de hielo molido que les permite retrasar el proceso de descomposición. Entre las principales especies a capturar en las faenas de pesca se consideran el pargo rayado (*Lutjanus synagris*), pargo palmero (*L. analis*) y pargo cunaro (*Rhomboplites aurorubens*), meros (Serranidae) medregales (*Seriola* spp.) y langostas (*Panulirus argus*). Zarpa desde el puerto de Taganga, con ruta Magdalena – Guajira, un aprovisionamiento de alimentos para 5 tripulantes con costo alrededor de los \$600.000 COP, con una autonomía de doce días de faena; con un total de 70 sacos de hielo molido, con valor de \$10.000 COP y peso aproximado de 35 a 40 kg por saco. El costo total del hielo es de \$700.000 COP y realiza su desembarco en el puerto de Taganga.

Tabla 2

Características Principales de la Embarcación

Características	Cantidad	Unidades
Arqueo Bruto	17,76	T
Arqueo Neto	4,61	T
Calado	1,40	m
Eslora Total	14,47	m
Habitabilidad	5	Personas
Manga	3,66	m
Marca del Motor	M.W.M	
Material del Casco	Fibra de vidrio	
Potencia Total	104,43	Hp
Puntal	1,60	m
Tipo de Motor	Diesel	

Nota. Fuente Certificado de matrícula de la embarcación.

2.4. Diseño del Prototipo. Con el fin de mejorar las condiciones del sistema de refrigeración de las embarcaciones a bordo, se diseñó y construyó un prototipo experimental, según se observa en la Figura 2, que simule la estructura de las cavas de las embarcaciones con Agua de Mar Refrigerada (AMR) dirigido a la flota parguera de Taganga.

El equipo consta de un sistema por compresión a vapor, compuesto por una cava de poliestireno expandido de 40 Litros forrada con cinta foil de aluminio reforzada, que brinda un aislamiento de la cava para prever la menor ganancia de calor desde el exterior. Un compresor Tecumseh alternativo, R-134a de 115V de 1/10 Hp suficiente para alcanzar las condiciones requeridas por el sistema, logrando así la liberación del calor desde el equipo al ambiente. Un condensador de parrilla plana de tubos lisos como intercambiador térmico, que disipa el calor que se ha absorbido del medio. Un dispositivo de expansión (capilar 0.52 y 3.0 metros de longitud) el cual recibe el refrigerante líquido y lo expande de la presión de compresión a la presión de evaporación. Un evaporador de tubo desnudo en forma de espiral de acero inoxidable (1/4" de diámetro y 11 metros de longitud), que transfiere calor (absorbe) desde el interior de la cava al refrigerante y una bomba de inmersión con potencia de 45W, que recircula el agua en el interior de la cava, para asegurar una distribución uniforme de la temperatura.

Figura 2

Embarcación Modelo Dotada con el Sistema de Refrigeración de Agua de Mar (AMR)



2.5. Fuente de Energía Alterna. Con el fin de aprovechar la energía procedente del sol y su transformación en energía eléctrica, cuya corriente eléctrica producida se almacena en baterías para el funcionamiento del sistema de Agua de Mar Refrigerada (AMR).

2.5.1. Paneles Solares. Se dotó la embarcación prototipo de 4 módulos fotovoltaico SCL 50 W, ofrecen una excelente eficiencia de conversión, calidad y seguridad, con potencia máxima de 50 W, con células $4 \times 9 = 36$ de tipo monocristalinas (TECNOSOL, tienda online Energía Solar - venta de Placas solares, s. f.).

2.5.2. Regulador Carga Solar PWM. Se utilizó un PWM solar charger de 30 A, esta gama de reguladores de carga tipo PWM, posee funciones avanzadas de configuración y monitorización, su diseño permite una instalación rápida y sencilla, los parámetros de carga se

muestra de manera explícita en la pantalla LCD, se emplean con el fin de optimizar y proteger la vida de la batería de modo considerable; dentro de sus funciones se destacan la carga multi-etapas PWM, posee ajuste predefinidos para 3 tecnologías de baterías de plomo, detención automática o manual del voltaje de trabajo de baterías y protección interna por temperatura elevada (Manual Regulador, s. f.).

2.5.3. Inversor. Se instaló un inversor Solar-Tech 1500W onda modificada, cuya función es convertir la corriente continua generada por los paneles solares fotovoltaicos o baterías a un voltaje simétrico de salida de corriente alterna y de esta manera poder ser usados en instalaciones eléctricas (Solar-Tech – Energías Renovables, s. f.).

2.5.4. Batería. Se utilizó una batería MAGNA 12 V – 200 A/h, baterías estacionarias de ciclo profundo, utilizadas en sistemas de energía solar, que permiten una carga y descarga lenta y profunda, indispensable en la aplicación del sistema dado que se encuentra aislada de la red y es requerida para almacenar la energía y poder ser utilizada en la noche, con un voltaje de 12 V y capacidad de 200 A/h (Autopartes | Coéxito S.A.S., 2022).

2.5.5. Controlador PID. Para controlar la temperatura del sistema de refrigeración de agua de mar (RSW), se decidió diseñar un controlador PID (controlador proporcional, integral y derivado), con ayuda de docentes y estudiantes de pregrado de último semestre del programa de ingeniería electrónica de la Universidad del Magdalena. Con el fin de supervisar el sistema de forma remota y almacenar los datos en Think Speak, para su posterior análisis. Un controlador tipo PID, es uno de los más empleados para controlar sistemas realimentados, por su sencillez y buen comportamiento en diversas situaciones (Luiz, 2021).

El diseño se estructuró con un sistema de ON/OFF, con ajustes de rango de temperatura, conto con una sonda de temperatura DS18B20, la cual ofrece una alta eficiencia de precisión en sus datos y proporciona su salida mediante comunicación digital y se ajustó un microcontrolador EPS32 por su bajo consumo de energía, por sus múltiples entornos de desarrollos de código abierto, su biblioteca y su capacidad para conectarse a las redes inalámbricas (Beningo, 2020).

2.6. Carga de Refrigeración

Para efectos del cálculo de la carga de refrigeración, en el proceso de utilización del sistema de enfriamiento de pescado con Agua de Mar Refrigerada (AMR), se debe dividir en dos etapas: la primera que consiste en enfriar el agua desde la temperatura inicial disponible en el mar hasta la temperatura de trabajo, y la segunda etapa es la de enfriamiento y conservación de la captura.

Para iniciar el cálculo de la carga de refrigeración se asume que esta se encuentra compuesta por el calor que penetra por conducción a través de las paredes de la bodega, del calor de reenfriamiento de la masa de Agua de Mar Refrigerada (AMR) utilizada y de la cantidad de pescado que diariamente debe ser enfriado.

El calor por conducción dependerá a su vez de las dimensiones de la bodega (área de transferencia de calor), del material de construcción de las paredes y de la diferencia de temperatura entre el interior y el exterior de la cava.

Ecuación 1.

$$q_p = U * a * \Delta t$$

Donde,

q_p : Pérdida de calor a través de las paredes

U: Coeficiente integral de transferencia de calor

a: Área

Δt : Diferencial de temperatura

Ecuación 2.

$$U = \frac{1}{\frac{e1}{K1} + \frac{e2}{K2} + \frac{e3}{K3}}$$

Donde,

U: coeficiente integral de transferencia de calor

e: Espesor

K: Conductividad térmica del material

El calor de reenfriamiento de la masa de AMR se calcula a partir del caudal de la bomba de inmersión seleccionada, de su potencia nominal y de la diferencia de temperatura estimada en la recirculación.

Ecuación 3.

$$C_{agua} = \dot{m} * C_p * \Delta t * Pot_b$$

Donde,

C_{agua} : Calor del agua de mar

$\dot{m}$: Caudal circulante

C_p : Calor específico del agua de mar

Δt : Diferencial de temperatura

Pot_b : Potencia de la bomba

2.7. Estimación de los Costos de Utilización

Para la estimación de los costos de utilización del sistema se parte de una situación ideal: Una embarcación parguera de Taganga a la cual se le adapta un sistema de conservación a bordo con Agua de Mar Refrigerada (AMR) cuya fuente de aprovisionamiento de energía es la solar. La estimación mantendrá constantes los niveles promedios de producción actuales.

Inicialmente se calcularán los valores necesarios como inversión para el montaje del equipo y se evalúa la vida útil del equipo a cinco años. Las faenas se estiman en doce días de los cuales dos se emplearán en los desplazamientos desde Taganga hasta los sitios de pesca (caladeros) y su respectivo retorno, dejando diez días útiles de faena. El total de faenas al año se tasan en 24.

Capítulo 3

3. Resultados

3.1. Caracterización y Cálculos de la Cava Modelo

Las Tablas 3, 4 y 5 muestran resultados de cálculos efectuados sobre la cava utilizada en el modelo a escala evaluado.

Tabla 3

Características de la Cava de la Embarcación Modelo

Dimensionamiento	Medidas interiores (m)	Medidas Exteriores (m)	Espesor	Promedio espesor (m)
Largo	0,350	0,425	0,0375	0,0375
Ancho	0,350	0,425	0,0375	
Alto	0,335	0,430	0,0475	0,0475

Nota. El promedio del espesor de las paredes laterales fue de 0,0375 m y el espesor del piso y el techo de la cava fue de 0,0475 m.

Tabla 4

Cálculos de Áreas de las Medidas Interiores y Exteriores de la Cava (m²)

Área	Medidas Interiores	Medidas Exteriores
Área Total	0,714	1,092
Área Media Total		0,903
Área Lateral	0,469	0,731
Área media lateral		0,600
Área Piso-Techo	0,245	0,361
Área Piso-Techo media		0,303

Tabla 5***Cálculo del Volumen Interior de la Cava***

Sección	Cálculos Medidas	Unidades
Interior	0,041	m ³
	41,038	litros

Estimación de la carga de refrigeración requerida para la cava del modelo evaluado.

Tabla 6***Peso (g) de los Ejemplares***

Ejemplar	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Unidad
1	185,8	193,3	266,2	246,5	g
2	172,9	157,1	204,6	217,6	
3	168,1	175	241,6	185,3	
4	176,6	166,5	168,2	205,1	
Masa Total	7.034	6.919	8.806	8.545	g

Nota. Para la estimación de la carga de refrigeración se emplearon ejemplares de pargo rayado (*Lutjanus synagris*). El primer ingreso de productos (7.034 g) se realizó cuando habían transcurrido 7 horas y 50 minutos (T₁). La siguiente carga de producto (6.919 g) se efectuó a los 620 minutos (T₂). La tercera carga de producto (8.806 g) se realizó a los 720 minutos (T₃). El cuarto y último ingreso de producto (8.545 g) a los 870 minutos (T₄). La temperatura del agua de mar en la cava permaneció entre -1 y 0 °C tal como puede apreciarse en la Figura 5.

Tabla 7***Cálculo del Calor Aportado por el Pescado***

	Calor del pescado				Unidades
Calor del pescado	9,8	12,6	16,2	17,6	Kcal
	4,2	8,4	6,9	10,6	Kcal/h
Calor Especifico (Cp)	0,785	0,785	0,785	0,785	Kcal/Kg°C
T _i	16,1	21,8	22,2	25,3	°C
T _f	-1,6	-1,4	-1,2	-1,0	°C
DT (T _i -T _f)	17,7	23,2	23,4	26,3	°C
Tiempo	140	90	140	100	min

Tabla 8***Calor de Enfriamiento Inicial del Agua de Mar Refrigerada***

Características	Valores	Unidades
Cp	0,94	Kcal/Kg°C
T _i	26,2	°C
T _f	-2,0	°C
DT (T _i -T _f)	28,2	°C
Tiempo	460	min
Volumen	17,5	litros
Densidad	1,027	Kg/l
Masa	18,0	Kg
	476,4	Kcal
Calor aportado por el AMR	62,1	Kcal/h

Se empleó una bomba de inmersión con una potencia de 45 Wattios y con un aporte de calor de 38,72 Kcal/h.

Tabla 9**Capacidad de Enfriamiento de la Cava Modelo**

Características	Datos	Unidades
Área Media de Paredes	0,903	m ²
T _{ext}	30,7	°C
t _{inta}	-2,0	°C
DT (T _i -T _ú)	32,7	°C
Conductividad Poliestireno Expandido	0,025	Kcal/hm°C
Espesor	0,0375	m
Calor paredes	19,69	Kcal/h
	120,55	Kcal/h
	0,14	kW
Calor Total a Evacuar	478,06	BTU/h
	0,188	Hp
	0,0398	TR

Cálculos energéticos del modelo de conservación en Agua de Mar Refrigerada (AMR)

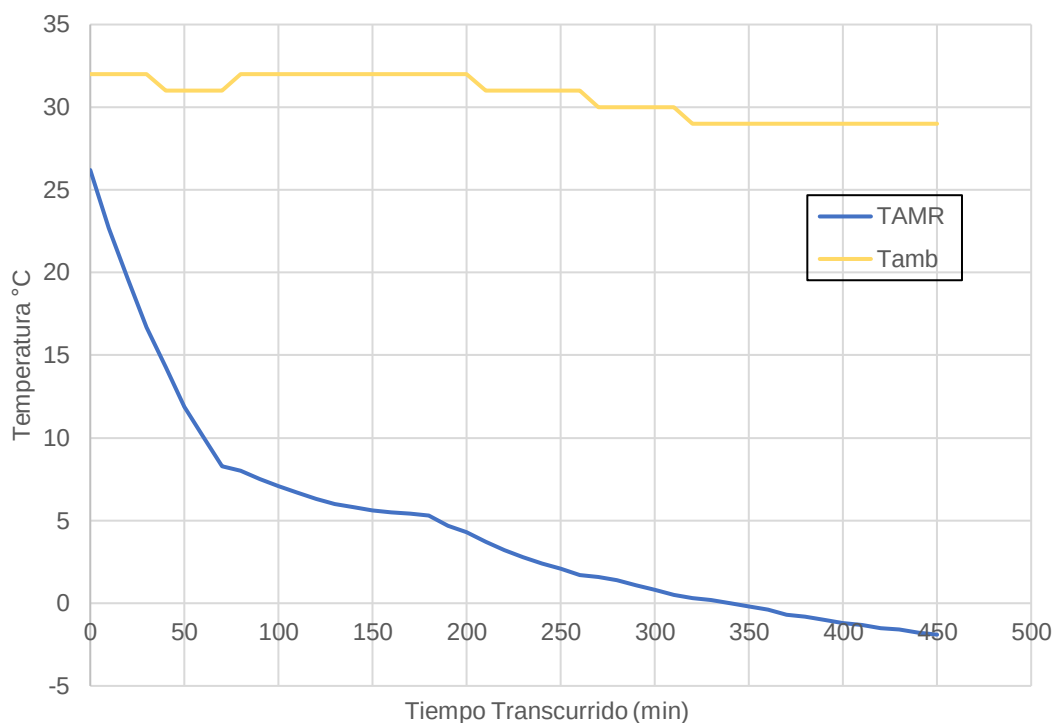
Tabla 10**Cálculo y Análisis del Consumo de Energía de los Equipos de Refrigeración**

Sección	Equipos	Unidades	Potencia Unitaria (W)	Horas por día	Energía diaria	Unidades
1	Bomba in.	1	45,0	18	810,0	(Wh/d)
2	Compresor	1	81,0	18	1.458,0	(Wh/d)
Total					2.268,0	Wh/d
					2,268	kWh/d

Cuando la cava modelo para el almacenamiento del pescado se encuentra vacía enfriando el agua de mar, necesita un tiempo de 450 (min), para que su temperatura interior alcance el valor requerido de -1°C , véase en la Figura 3.

Figura 3

Curva Descriptiva de Enfriamiento de Agua de Mar



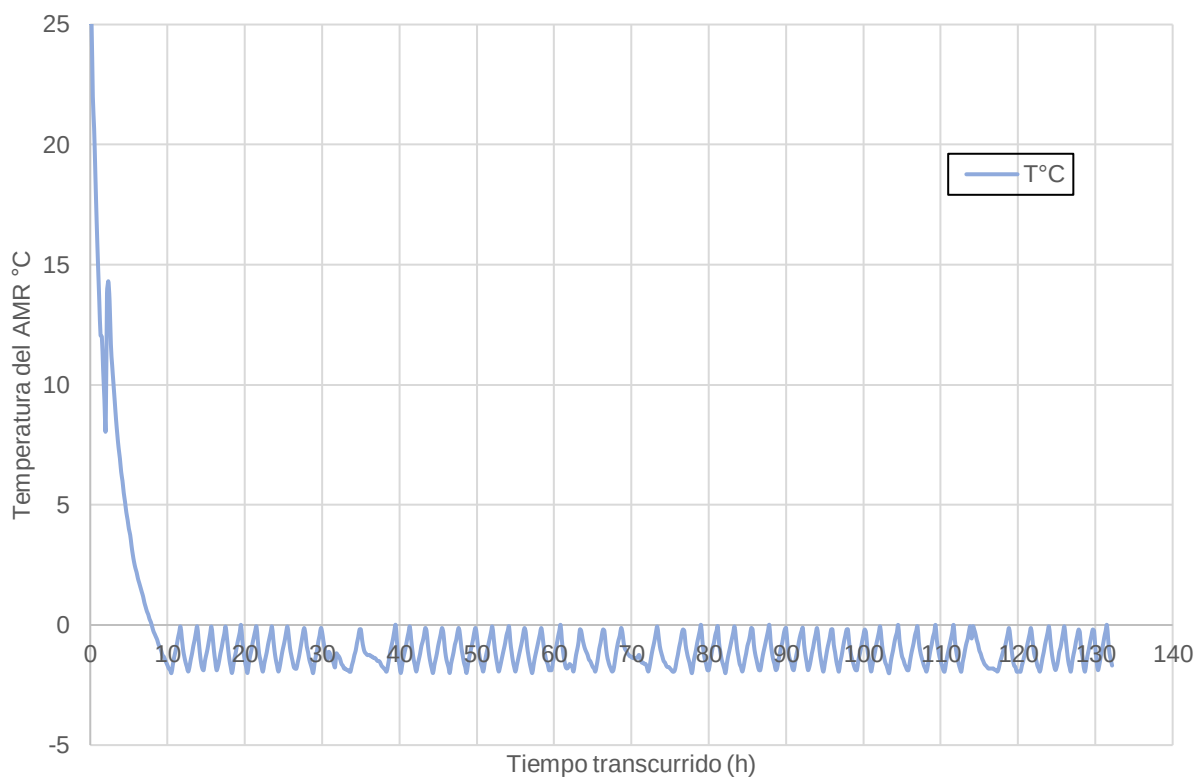
Nota. La Figura 3, muestra el comportamiento de la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) del agua de mar y el tiempo que demora en llegar a la temperatura deseada de trabajo.

Para efectuar un control sobre la temperatura de enfriamiento del agua de mar, mediante un controlador PID, se regula la temperatura interior de la cava entre -1°C y 0°C , para un almacenamiento de 10 días, el agua de mar dentro de la cava debe mantenerse permanentemente dentro de este rango de temperaturas en todos y cada uno de los momentos

de almacenamiento a través del trascurso total de la faena. La oscilación de temperatura con el paso del tiempo relaciona el encendido y apagado del sistema de refrigeración como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Curva Descriptiva de Enfriamiento del Agua de Mar del Controlador PID



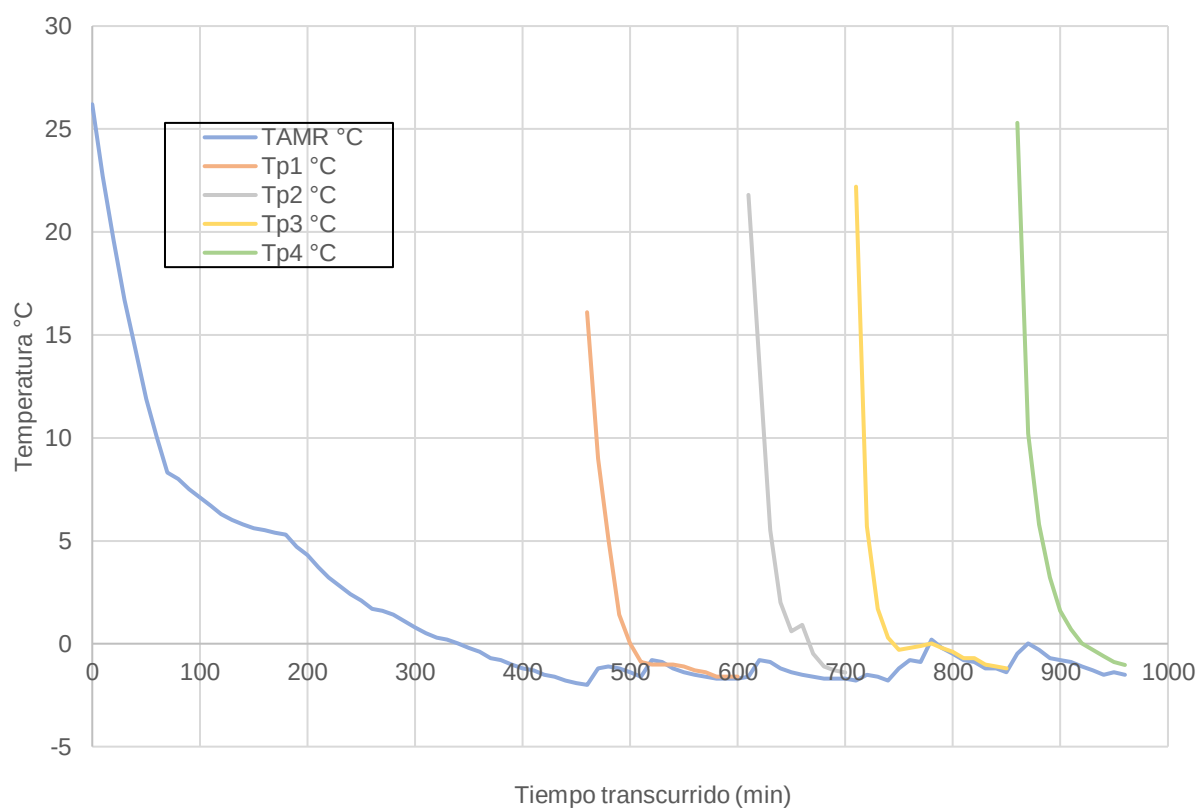
Nota. La Figura 4, muestra el control de temperatura de la cava, al controlar el rango de temperatura del sistema de refrigeración.

El tiempo de refrigeración para que el centro del pescado alcance una temperatura adecuada, va a depender de la masa de este, es decir, la temperatura del centro aumenta mientras mayor sea su masa. La Figura 5, muestra el comportamiento de la temperatura (°C)

tanto del agua de mar como de cada lote de pescado en la cava modelo durante el tiempo transcurrido.

Figura 5

Curva Descriptiva de Enfriamiento del Pescado en AMR Durante una Faena



Nota. La Figura 5, muestra la temperatura (°C) del agua de mar y la temperatura (°C) central del pescado para diferentes ingresos de carga a la cava modelo.

3.2. Caracterización y Cálculos de la Bodega de la Embarcación Parguera de Taganga

Tabla 11

Características de la Bodega de la Embarcación Parguera

Dimensionamiento	Medidas	Unidad
Alto	1.07	m
Ancho Inferior	2.90	
Ancho Superior	3.50	
Largo	3.50	

Tabla 12

Cálculo del Área Interior de la Bodega de la Embarcación Parguera

Dimensiones	Calculo	Unidad
Paredes 1 y 2 (Proa y Popa)	6,848	m ²
2,9*1,07*2	6,206	
0,3*1,07*2	0,642	
Paredes 3 y 4 (Babor y estribor)	7,77	
3,5*1,11*2	7,77	m ²
Piso	10,15	
2,9*3,5	10,15	
Techo	12,25	
3,5*3,5	12,25	m ²
Área Total Interior	37,018	

Tabla 13

Cálculo del Coeficiente Integral de Transferencia de Calor

Características	e	Unidades	k (Kcal/mh°C)	e/k	U (Kcal/m ² h°C)
Espesor de Paredes	13	cm			
Tabla Interior	2	cm	0,120	0,167	
Aislante (Poliuretano Inyectado)	10	cm	0,021	4,873	
Fibra de Vidrio	1	cm	0,036	0,278	
Conductividades Térmicas				5,318	0,188
Temperatura Interior	-1	°C			
Temperatura Exterior	30	°C			
Diferencia de Temperatura	31	°C			
Cantidad de Calor a través de las Paredes	215,8	Kcal/h			

Tabla 14***Enfriamiento del Agua de Mar en la Bodega de Carga***

Características	Cálculos	Unidades
Cantidad de Agua a Enfriar	1.020	litros
Calor Específico AMR	0,94	Kcal/Kg°C
Densidad del AMR	1,027	Kg/litro
Temperatura Inicial	27	°C
Temperatura Final	-1	°C
Diferencia de Temperatura	28	°C
Tiempo de Enfriamiento	12	horas
Calor de Enfriamiento del AMR	2.297,60	Kcal/h
Potencia de la Bomba	125	Watts
	107,60	Kcal/h
	2.621,00	Kcal/h
Cantidad Total de Calor a Retirar	10.400,70	BTU/h
	0,86	TR

La realización de un análisis económico es muy importante para considerar la factibilidad del proyecto. Análisis que se realiza tomando en cuenta el sistema de refrigeración utilizado actualmente por las embarcaciones y el sistema de refrigeración propuesto, de esta forma se analiza la factibilidad económica dentro de los cinco años de vida útil.

La Tabla 15, muestra el costo de los equipos necesarios para el montaje del sistema de refrigeración a bordo de la embarcación, referenciando la inversión inicial. Los precios fueron consultados con proveedores de acuerdo con el requerimiento deseado para la instalación de dicho sistema de refrigeración; el Anexo I, muestra los detalles de la cotización. Este costo

involucra los equipos del sistema de refrigeración, los equipos del sistema solar y la instalación cuyo valor total fue estimado en \$ 20.440.460 COP.

Tabla 15

Estimación de Costos a Bordo de la Embarcación Parguera

Equipos	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Vida Útil	Depreciación	Producción	Depreciación Unitaria
		\$	\$	Meses	\$/mes	Kg/mes	\$/kg
Evaporador	1	1.200.000	1.200.000	60	20.000	2.400	8,33
Condensador	1	850.000	850.000	60	14.167	2.400	5,90
Compresor	1	950.000	950.000	60	15.833	2.400	6,60
Dispositivo de Expansión	1	250.000	250.000	60	4.167	2.400	1,74
Tuberías y Accesorios	Gl	500.000	500.000	60	8.333	2.400	3,47
Bomba de Inmersión	1	350.000	350.000	60	5.833	2.400	2,43
Deflectores de Flujo	4	120.000	480.000	60	8.000	2.400	3,33
Subtotal Sistema de Frio			4.580.000	60	76.333	2.400	31,81
Paneles Solares	3	970.000	2.910.000	60	48.500	2.400	20,21
Inversor de Onda Pura	1	1.950.000	1.950.000	60	32.500	2.400	13,54
Controlador de Carga	1	1.700.000	1.700.000	60	28.333	2.400	11,81
Batería AGM Ciclo Profundo	2	3.094.000	6.188.000	60	103.133	2.400	42,97
Soporte Anclaje Panel	8	116.620	932.960	60	15.549	2.400	6,48
Soporte Anclaje Batería	1	535.500	535.500	60	8.925	2.400	3,72

Equipos	Cantidad	Costo Unitario	Costo Total	Vida Útil	Depreciación	Producción	Depreciación Unitaria
		\$	\$	Meses	\$/mes	Kg/mes	\$/kg
Controlador PID	1	454.000	454.000	60	7.567	2.400	3,15
Instalación a Bordo	1	1.190.000	1.190.000	60	19.833	2.400	8,26
Subtotal Energía Solar			15.860.460	60	264.341	2.400	110,14
Total Depreciación			20.440.460		340.674		141,95
Intereses préstamo bancario					207.811		86,59
Total Pago					548.486		228,54
Valor Conservación con Hielo	70	10.000	700.000	0,5	1.400.000	2.400	583,33

Capítulo 4

4. Conclusiones

Desde los puntos de vista estructural, operacional o funcional, energético y económico fue posible adaptar un sistema de enfriamiento por agua de mar refrigerada, energéticamente autónomo a una embarcación parguera de Taganga.

En forma resumida, las operaciones involucradas en una faena de pesca de una embarcación parguera en Taganga son: Aprovechamiento y legalización del zarpe, traslado a los caladeros de pesca, calado y recogida diaria de los artes de pesca, limpieza y clasificación de la captura obtenida, conservación de la captura en la bodega de enfriamiento, retorno a Taganga, entrega de la captura al comercializador.

La carga total estimada para el enfriamiento inicial del agua de mar necesaria para el enfriamiento y conservación de la captura durante la faena completa es de 2.621 Kcal/h ó 10.401 BTU/h ó 0.86 TR.

De las fuentes de energía renovable, la energía solar se puede considerar una de las más importantes debido a su abundancia, siendo aprovechada por medio de la conversión de la radiación solar en energía eléctrica. El sistema solar empleado para el modelo consto de cuatro paneles solar de 50 W, un inversor Solar-Tech 1500 W onda modificada, una batería 12 V – 200 A/h y un regular de carga solar PWM 30 A.

Con base en criterios económicos, la implementación del sistema de refrigeración es económicamente rentable, ya que se logrará una disminución en los gastos operacionales que demanda la faena pesquera, se puede lograr un ahorro al dejar de utilizar la conservación por medio del hielo, esto reduce los costos operacionales logrando beneficios económicos. Mientras que para los paneles solares y el Agua de Mar Refrigerada se estima un valor de \$228.54/Kg, para el sistema tradicional de hielo picado incrementa a \$588.33/Kg.

Capítulo 5

5. Recomendaciones

Implementar el proyecto a escala real en una de las embarcaciones pesqueras de Taganga.

Socializar el proyecto con las comunidades de pescadores potencialmente beneficiarios de la idea planteada.

Presentar ante la comunidad científica, autoridades pesqueras y entidades financieras el proyecto con el fin de viabilizar su implementación.

Bibliografía

- Acevedo, A., Cuello, F., & Altamar, J. (2020). Cambios históricos en el esfuerzo pesquero de la flota parguera de Taganga, Caribe Colombiano. *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación científica*, 1-9.
- Arevalo, J., Melo, G., & Martinez, L. (2004). *Inventario y caracterización general de la flota de lanchas "pargueras" de Taganga, Mar Caribe de Colombia. Pesquerías demersales del área norte del Mar Caribe Colombiano y parámetros biológicos-pesqueros y poblacionales del recurso pargo*. Santa Marta: INPA,Colciencias.
- Autopartes | Coéxito S.A.S. (2022, 6 junio). Coéxito S.A.S. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <https://coexitocom.co/lineas-de-productos/sistema-de-respaldo/>
- Beningo, J. (2020, 21 enero). *Cómo seleccionar y usar el módulo ESP32 con Wi-Fi/Bluetooth adecuado para una aplicación de IoT industrial*. Digi-Key Electronics. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <https://www.digikey.com/es/articles/how-to-select-and-use-the-right-esp32-wi-fi-bluetooth-module>.
- Beltran, C., & Villaneda, A. (2000). *Perfil de la pesca y la acuicultura en Colombia*. Bogota, D.C: Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura- INPA.
- Bulnes, C., Best, R., & Lejos, B. (2010). Energía del Sol. *Revista Ciencia*, 10-17.
- Caicedo, G. (2016). *Análisis Tecno-Económico de un sistema de refrigeración para embarcaciones de pesca artesanal*. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Duarte, L., Cuervo, C., Vargas, O., Gil, b., Cuello, F., De León, G., . . . Reyes, H. (2021). *Estadística de desembarco y esfuerzo de las pesquerías artesanales de Colombia 2021*. Santa Marta: Autoridad nacional de acuicultura y pesca (AUNAP).
- Duffie, J., & WA, B. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes* John Wiley & Sons. 747.

- Espitia, J. (2008). Estructura de la Comunidad del Phylum Echinodermata en aguas someras de la Bahía de Taganga, Caribe colombiano. *U.D.C.A Actualidad & divulgación científica* , 1-9.
- FAO. (2015). *Colombia Pesca en cifras 2014*. Bogotá, D.C: FAO.
- Gomez, P., Manjarrez, L., Duarte, L., & Alltamar, J. (2004). *Atlas pesquero del área norte del mar Caribe de Colombia*. Santa Marta: Universidad del Magdalena.
- Granham, J., Johnston, W., & Nicholoso, F. (1993). *El hielo en las pesquerías*. Roma: FAO.
- Herrera, E. (2006). *Diseño de sistemas de refrigeración mecánica en pesquero artesanal*. Valdivia-Chile: Universal Austral de Chile .
- Luiz, L. (2021, 29 marzo). Teoría de control en Arduino: El controlador PID. Luis Llamas. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <https://www.luisllamas.es/teoria-de-control-en-arduino-el-controlador-pid/>
- Manjarres, L. (1993). *Detección de caaderos para la pesca de recursos demersales en La Guajira crucero de septiembre-octubre/93*. Santa Marta : Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura INPA.
- Manual Regulador. (s. f.). Must Solar Inversores Solares. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <https://www.must-solar.es/>
- Rueda, M., Marmol, D., Viloria, E., Doncel, O., Rico-Mejía, F., García, L., & A, G. (2014). Identificación, Ubicación y Extensión de caladeros de pesca artesanal e industrial en el territorio marino-costero de Colombia. *Scielo*, 1-30.
- Ruiz, V. (2012). Analysis of existing refrigeration plants onboard fishing vessels and improvement possibilities . *Energy Efficiency* , 1-8.
- Shawyer, M., & A.F, M. (2005). *Fisheries and Aquaculture Management División*. Roma: FAO.
- Sukhatme, S., & Nayak, J. (2008). *Solar Energy: Principles Of Thermal Collection and Storage* (3rd ed.). Delhi, India: McGraw Hill. Recuperado el 30 de 05 de 2022

Solar-Tech – Energías Renovables. (s. f.). Energías Renovables. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <https://www.solartech.com.co/?v=1508ceb44a9d>

Tecnosol, tienda online Energía Solar - venta de Placas solares. (s. f.). Tecnosolab. Recuperado 5 de agosto de 2022, de <https://tecnosolab.com/>

Zambrano, J., Zambrano, A., Franklin, B., & Fumo, N. (2012). Propuesta de implementación de energía solar fotovoltaica en instalaciones pesqueras en Venezuela. *Mechanical Engineering Faculty Publications and Presentations*, 1-9.

Anexo I

Cotización del sistema solar.



SOLAR ECOLOGY SAS
 NIT 901101231 -7
 Calle 18 # 5 - 58 Of 101 Ed Ceballos - Santa Marta
 +57 3156167101
 www.solarecology.com.co
 contabilida@solarecology.com.co

Cotización
No. 283

SEÑOR(ES)	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	FECHA DE EXPEDICIÓN (DD/MM/AA)
DIRECCIÓN	CRA 32 # 22-08 SECTOR SAN PEDRO ALEJANDRINO	04/08/2022
CIUDAD	Santa Marta	FECHA DE VENCIMIENTO (DD/MM/AA)
TELÉFONO	3152407755	04/08/2022
	NIT 891780111	

Ítem	Precio	Cantidad	Impuesto	Total
PANEL SOLAR MONO PERC 540W	\$970,000	3.00	0%	\$2,910,000
INVERSOR DE ONDA PURA 1500W - 24v (Características del producto: - Carcasa de aluminio puro, de textura sólida y confiable, con una fantástica disparidad. -7 funciones de protección: protección de bajo voltaje, protección contra sobrecalentamiento, protección contra sobretensión, protección contra cortocircuitos, protección contra polaridad inversa, protección contra sobrecarga y protección de conexión a tierra. -El ventilador de refrigeración está controlado por el nivel de carga para garantizar su seguridad. -THD menos del 3% garantiza la pureza y la estabilidad de la producción. El controlador remoto de 5 metros de largo está disponible para equipar la función remota del inversor de acuerdo con los requisitos. -Todos los grandes mosfets importados con una gran capacidad de conducción. -2 años de garantía)	\$1,950,000	1.00	0%	\$1,950,000



SOLAR ECOLOGY SAS
 NIT 901101231 -7
 Calle 18 # 5 - 58 Of 101 Ed Ceballos - Santa Marta
 +57 3156167101
 www.solarecology.com.co
 contabilida@solarecology.com.co

Cotización
No. 283

SEÑOR(ES)	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	FECHA DE EXPEDICIÓN (DD/MM/AA)
DIRECCIÓN	CRA 32 # 22-08 SECTOR SAN PEDRO ALEJANDRINO	04/08/2022
CIUDAD	Santa Marta	FECHA DE VENCIMIENTO (DD/MM/AA)
TELÉFONO	3152407755	04/08/2022
	NIT 891780111	

Ítem	Precio	Cantidad	Impuesto	Total
CONTROLADOR DE CARGA 12/24/48v LCD MPPT 80A (El medidor remoto MT50 de nueva generación es compatible con el controlador de carga solar LS **** B de Epsolar. Puede monitorear datos y estado en tiempo real, controlar de forma remota la carga ON / OFF, explorar y modificar el parámetro de control, el modo de carga, el modo de trabajo de carga y la información de falla de consulta, etc. características: - Identifica automáticamente el controlador y muestra el tipo, modelo y datos de parámetros relevantes - La pantalla LCD multifunción de pantalla grande muestra todos los datos operativos y el estado de funcionamiento del sistema en forma digital, gráfica y textual - Con seis teclas de función de navegación, la operación es directa, conveniente y rápida. - Registro de estadísticas de energía en tiempo real. - Tanto los datos como los que fluyen en el mismo cable, sin necesidad de alimentación externa. - Monitoreo en tiempo real y alarma acústica de información de falla del controlador - Mayor distancia de comunicación basada en RS485 Función más potente a través de MT50 - Modos de control de carga diversificados: manual, luz ON / OFF, luz ON + temporizador, control de tiempo - Selección del tipo de batería: Gel, sellado, inundado y tipo USUARIO - Monitor en tiempo real - Parámetros programables - Función de visualización de energía Autoconsumo: Luz de fondo y alarma acústica en <65mA Luz de fondo encendida <23mA Luz de fondo apagada <15mA Dimensiones de la placa frontal 98 × 98 mm / 3.86 × 3.86 en Dimensiones del marco 114 × 114 mm / 4.49 × 4.49 pulgadas Tipo de conector RJ45 Cable medidor Estándar 2m, máx .50m Medidor de peso 0,190 kilogramos)	\$1,700,000	1.00	0%	\$1,700,000



SOLAR ECOLOGY SAS
 NIT 901101231 -7
 Calle 18 # 5 - 58 Of 101 Ed Ceballos - Santa Marta
 +57 3156167101
 www.solarecology.com.co
 contabilida@solarecology.com.co

Cotización
No. 283

SEÑOR(ES)	UNIVERSIDAD DEL MAGDALENA	FECHA DE EXPEDICIÓN (DD/MM/AA)
DIRECCIÓN	CRA 32 # 22-08 SECTOR SAN PEDRO ALEJANDRINO	04/08/2022
CIUDAD	Santa Marta	FECHA DE VENCIMIENTO (DD/MM/AA)
TELÉFONO	3152407755	04/08/2022
	NIT 891780111	

Ítem	Precio	Cantidad	Impuesto	Total
BATERIA AGM CICLO PROFUNDO 200Ahp 12v (Características técnicas • Batería de ácido de plomo regulada por válvula de gel-polímero • Diseño de terminal frontal adecuado para gabinete de 19 "/ 21" • Asas fuertes para una fácil operación. • Sellado de terminal de patente y acceso frontal • Válvula de alivio de presión autorregulable con parallamas • Cubierta de terminal para aislamiento con acceso flexible. • Carcasa de ABS ignífugo (UL94 V-0, opcional) • Kit centralizado de ventilación de gas H2 • Baja tasa de autodescarga • Cumplir con las normas IEC, IEEE, UL, EN, CE, etc. • Vida útil de diseño a 20 ° C (68 ° F): más de 12 años)	\$2,600,000	2.00	19%	\$5,200,000
SOPORTE ANCLAJE PANEL (SOAP-2020 Aluminio panel)	\$98,000	8.00	19%	\$784,000
SOPORTE ANCLAJE PANEL (SOAP-2020 Aluminio batería)	\$450,000	1.00	19%	\$450,000
INSTALACION (Instalacion de panel solar, inversor, controlador y batería y sistema AC)	\$1,000,000	1.00	19%	\$1,000,000
Quince millones cuatrocientos seis mil cuatrocientos sesenta pesos (COP)				

Subtotal	\$13,994,000
IVA (0.00%)	\$0
IVA (19.00%)	\$1,412,460
Total	\$15,406,460

Total de ítems: 17

SOLAR ECOLOGY S.A.S
 Bogotá - Medellín - Cali
 NIT. 901.101.231-7
 Cel. 3156167101- Tel. 4300051
 ELABORADO POR