



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima y Ciencias del Mar

**“DISEÑO DE BUQUE ATUNERO DE 2500 TON DE CAPACIDAD EN
CUBAS PARA LA INDUSTRIA ECUATORIANA”**

PROYECTO INTEGRADOR

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

STEVEN DAVID CEDEÑO VENTURA

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2018

DEDICATORIA

Este proyecto se lo dedico a mi Madre por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad; cada uno de mis logros se lo debo a ella, incluyendo este. Me haces llenar de orgullo, te amo y no va a haber manera de devolverte tanto que me has ofrecido desde que incluso no hubiera nacido.

A mis abuelos Amada y Wilfrido, por los valores, enseñanzas y el amor incondicional que han aportado a mi vida, los cuales son invaluable.

A mi tía María, por ser como una hermana mayor para mi y acompañarme en esta etapa universitaria, le agradezco con gratitud infinita por su gran corazón.

AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento a Dios, por bendecirme y darme vida cada día.

A mis padres Bella y Carlos y hermanos Carlos y Aris por brindarme su apoyo y ser mi pilar emocional.

A mis profesores de la facultad de Ingeniería Marítima, que impartieron sus valiosos conocimientos y son parte de mi formación académica.

A mi tutor, el Ing. Hugo Jama y al Ing. Patrick Townsend por brindarme sus conocimientos para sacar adelante este proyecto.

A mis amigos, por estar siempre presentes haciéndome la carga mas ligera con el regalo de su amistad.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOl realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



.....
Steven David Cedeño Ventura

EVALUADORES



Hugo José Jama Avelga
PROFESOR DE LA MATERIA



Hugo José Jama Avelga
PROFESOR TUTOR

RESUMEN

Ecuador es un país pesquero que cuenta con una extensa flota atunera y dicha actividad se encuentra en constante crecimiento, se pretende diseñar un buque atunero de 2500 TON en capacidad de cubas cumpliendo los requerimientos del armador y aplicando reglas de clasificación que permitan renovar la flota existente y solucionar problemas típicos de estas embarcaciones.

Durante el desarrollo del proyecto se utilizó el concepto de la tecnología de grupo y la herramienta de la espiral de diseño. Los cuales, en conjunto con la bibliografía existente, software de Ingeniería naval, reglas de sociedades de clasificación y normas de entidades pertinentes se lograron acoplar para alcanzar los objetivos del diseño.

Se logró obtener el diseño conceptual y preliminar del buque cumpliendo los requerimientos del armador, el diseño de detalle o final se completó satisfaciendo las sugerencias por parte del tutor y experto en este tipo de embarcaciones, y se estimó el presupuesto de construcción y diseño del buque por grupo tecnológico planteados en dos escenarios distintos.

El diseño final de la embarcación se lo obtiene satisfaciendo los requerimientos del armador y validándolos mediante software de Ingeniería naval obteniendo así los cuadernos de cálculo y planos necesarios para demostrar la validez del diseño

Palabra clave: Tecnología de grupo, Espiral de diseño, Cubas, Armador.

ABSTRACT

Ecuador is a fishing country that has an extensive tuna vessels and this activity is constantly growing, it is intended to design of a 2500-Ton Tuna fishing vessel meeting the shipowner requirements and applying classification rules that must renew the existing vessels and fix typical problems of these boats.

During the development of the project, the concept of technology group and the tool called design spiral are used. Which, together with the existing bibliography, the naval engineering software, societies classification rules and the entities relevant rules are managed to achieve the design objectives.

It was possible to obtain the conceptual and preliminary ship design fulfilling the shipowner requirement, final or detail design was completed satisfying suggestions by the tutor and expert in this type of vessels, and the ship's construction and design budget was estimated by technological groups proposed in two different scenarios.

The final design of ship is obtained by satisfying the shipowner requirement and validating them by Naval Engineering software, obtaining the calculations booklets and plans necessary to demonstrate the validity of this design

Keywords: *group technology, design spiral, cargo, shipowner.*

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES	5
RESUMEN	I
<i>ABSTRACT</i>	II
ÍNDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	V
SIMBOLOGÍA	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	IX
ÍNDICE DE PLANOS	X
CAPÍTULO 1	1
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción del problema	1
1.2 Justificación del problema.....	1
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 Objetivo General	2
1.3.2 Objetivos Específicos	2
1.4 Marco teórico	2
1.4.1 El buque y sus características.....	2
1.4.2 Tecnología de Grupo.....	5
1.4.3 Preparación de un diseño	5
1.4.4 Entidades Reguladoras	7
CAPITULO 2	9
2. METODOLOGÍA	9
2.1 Diseño conceptual y preliminar del buque atunero	9

2.1.1	Diseño Conceptual	9
2.1.2	Diseño Preliminar	13
2.2	Etapla complementaria del diseño e Implicación de mejoras	17
2.2.1	Etapla complementaria	17
2.2.2	Implicación de mejoras para el detalle	19
2.3	Estimación del costo de diseño y construcción del buque	21
2.3.1	Escenario 1: Construcción en astillero Internacional	22
2.3.2	Escenario 2: Construcción en astillero nacional con total aprovisionamiento	22
CAPÍTULO 3		23
3.	RESULTADO Y ANALISIS	23
3.1	Diseño conceptual y preliminar del buque atunero	23
3.2	Etapla complementaria del diseño e Implicación de mejoras	25
3.2.1	Etapla Complementaria	25
3.2.2	Implicación de mejoras para el detalle	29
3.3	Estimación del costo de diseño y construcción del buque	34
3.3.1	Escenario 1: Construcción en astillero Internacional	34
3.3.2	Escenario 2: Construcción en astillero nacional con total aprovisionamiento	35
CAPÍTULO 4		36
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	36
	Conclusiones	36
	Recomendaciones	37
BIBLIOGRAFÍA		38
APÉNDICES		39

ABREVIATURAS

ESPOL	Escuela Superior Politécnica del Litoral
CNP	Cámara Nacional de Pesquería
IATTC	Inter – American Tropical Tuna Commission
IMO	International Maritime Organization
IACS	International Association of Classification Societies
ISO	International Organization for Standardization
FEDEPESCA	Federación Nacional de Asociaciones Provinciales de Empresarios Detallista de Pescados y Productos Congelados
SWBS	Ship Work Breakdown Structure Titles
SOLAS	Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar
MARPOL	El Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques
ABS	American Bureau of Shipping
LR	Lloyd's Register
DNV	Det Norske Veritas
BV	Bureau Veritas
RINA	Registro Italiano Naval
NIRSA	Negocios Internacionales Real S.A.
ANSYS	Swanson Analysis Systems

SIMBOLOGÍA

Ton	Tonelada
m	Metros
Kn	Knots
Bhp	Brake horsepower
B	Manga
D	Puntal
Loa	Legth overall
Mm	Milímetros
L	Eslora total
Sb	Espaciamiento estructural
Lr	Eslora de escantillonado
Shp	Shaft horsepower
Ehp	Efficient horsepower
Hp	Horsepower
Np	Eficiencia propulsiva
Kw	Kilovatio
Δ	Desplazamiento
EN	Numeral de Equipo
A	Área lateral
Cb	Coeficiente de Block
Max	Máximo
Fn	Froude number
Cp	Coeficiente prismático
Lpp	Eslora entre perpendiculares
T	Calado
GZ	Brazo Adrizante
Rad	radian
KB	Centro de boyantes vertical
Lcb	Centro de boyantes longitudinal

Bmt	Radio metacéntrico transversal
Bml	Radio metacéntrico longitudinal
Kmt	Metacentro transversal inicial
Rpm	revoluciones por minuto
Lcg	Centro de gravedad longitudinal
Vcg	Centro de gravedad transversal
Q	Calor - Carga térmica
NaCl	Cloruro de sodio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Buque Atunero “Albatun – Dos”	4
Figura 1.2 Maniobra de Cerco	4
Figura 1.3 Espiral de Diseño.....	6
Figura 2.1 Requerimientos de Armador	9
Figura 2.2 Regresión Lineal – Eslora Total vs Capacidad de Bodega	10
Figura 2.3 Regresión Lineal – Manga vs Capacidad de Bodega	11
Figura 2.4 Regresión Lineal – Puntal vs Capacidad de Bodega	11
Figura 2.5 Regresión Lineal – Velocidad vs Capacidad de Bodega	11
Figura 2.6 Tipo de Popa de la embarcacion	12
Figura 2.7 Tipo de Proa de la embarcacion	12
Figura 2.8 Utilización de software para comprobación de coeficientes.....	12
Figura 2.9 Panel de la embarcacion previo al análisis en ANSYS estructural	14
Figura 2.10 Huelgos mínimos entre hélices y casco.....	15
Figura 2.11 Arreglo Típico de un tanque de servicio.....	15
Figura 2.12 Criterio Metereológico.....	16
Figura 2.13 Modelo del Buque en 3D	17
Figura 2.14 Visión General de los Estándares y Criterios de maniobrabilidad	18
Figura 2.15 Disposición de tanques y cubas en la embarcacion	20
Figura 3.1 Análisis de continuidad de la embarcacion	23
Figura 3.2 Maqueta en 3D de la embarcacion	25
Figura 3.3 Parámetros principales de bulbo de proa	31
Figura 3.4 Comparación de la resistencia de los modelos.....	31
Figura 3.5 Buque atunero con bulbo y sin bulbo.....	32
Figura 3.6 Vista Isométrica-lateral de la embarcacion Atunera.....	33
Figura 3.7 Vista Isométrica-frontal de la embarcacion atunera.....	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1 Base de Datos de Barcos Atuneros	10
Tabla 2.2 Ubicación y capacidad de cubas en la embarcacion	13
Tabla 2.3 Grupo de consumidores eléctricos del buque	16
Tabla 2.4 Comparación de características entre refrigerantes	19
Tabla 2.5 Campo de aplicación del bulbo en proa	20
Tabla 2.6 Campo de aplicación del Método de Holtrop	20
Tabla 2.7 Criterio de estabilidad medido.....	21
Tabla 3.1 Dimensiones Principales de la embarcacion.....	23
Tabla 3.2 Comparación de coeficientes de la embarcacion.....	23
Tabla 3.3 Características principales del buque	24
Tabla 3.4 Requerimientos principales de armador.....	24
Tabla 3.5 Comparación de Centros de Gravedad del buque	25
Tabla 3.6 Comparación del Peso Estructural.....	26
Tabla 3.7 Característica del Timón	26
Tabla 3.8 Visión General de los Estándares y Criterios de maniobrabilidad.....	27
Tabla 3.9 Elementos del sistema de Amarre y Fondeo	27
Tabla 3.10 Espesor del aislante utilizado.....	29
Tabla 3.11 Cargas Térmicas del Sistema	29
Tabla 3.12 Equipos seleccionados para el sistema	29
Tabla 3.13 Dimensiones generales del bulbo	31
Tabla 3.14 Combustible necesario para una autonomía de 70 días	32
Tabla 3.15 Volumen de Tanque y Cubas de la embarcacion	32
Tabla 3.16 Criterio de estabilidad para varias condiciones de carga	33
Tabla 3.17 Estimación de Costos del Escenario 1	34
Tabla 3.18 Estimación de Costos del Escenario 2.....	35

ÍNDICE DE PLANOS

Plano 3.1 Perfil del Timón diseñado	26
Plano 3.2 Plano de Amarre y Fondeo implementado en el buque	28
Plano 3.3 Esquema de instalación del Sistema de Refrigeración	30

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción del problema

Ecuador durante la última década se ha convertido en una fuente constante de crecimiento en la captura de atún en las costas del Pacífico. Según los valores registrados [1] estos se encuentran entre 250000 - 300000 TM/año capturadas en el Océano Pacífico Oriental durante los últimos 5 años. Se cuenta con alrededor de 45 embarcaciones atuneras al cerco activas [2] que superan las 1000 TM en capacidad de carga para la realización de esta actividad. Esta realidad nos refleja la necesidad de un incremento en las embarcaciones atuneras y su capacidad de captura.

Aunque el país cuente con una de las mayores flotas atunera en la región y que las embarcaciones generalmente tienen un rango de vida útil en servicio aproximado de 25 años, más del 70% de las embarcaciones superan el rango recomendado. Es decir, la renovación de la flota como tal es una idea viable para la industria ecuatoriana.

Además, a lo previamente mencionado las embarcaciones pesqueras cuentan con problemas de diseño que deben ser solucionados. Los cuales generalmente son los de mal distribución y empleo de espacios, problemas de estabilidad, utilización de refrigerantes que ocasionan daño al medio ambiente, entre otros. Estos problemas tienden a ser solucionados o disminuidos con la aplicación de normas establecidas por Sociedades Clasificadores y entidades reguladoras al momento de diseñar y construir una embarcación.

1.2 Justificación del problema

Las embarcaciones pesqueras que operan en el país, por lo menos las de gran dimensionamiento provienen de diseños y construcciones de astilleros internacionales. En este trabajo se propone el diseño de una embarcación atunera de gran capacidad de carga que beneficiará directamente a la industria ecuatoriana e indirectamente a la población y a la economía del país, cumpliendo los requerimientos establecidos por el armador y que facilite mejoras en la problemática que existe en la mayoría de las embarcaciones que operan en la actualidad.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar una embarcacion atunera para la industria ecuatoriana mediante la aplicación de Sociedades de Clasificación y que cumpla los requerimientos del armador.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar el diseño conceptual y preliminar de una embarcacion atunera de 2500 TON en capacidad de carga.
- Implementar mejoras típicas para el diseño de detalle en este tipo de embarcacion.
- Estimar el costo de diseño y construcción por grupos tecnológicos en dos escenarios de mercados posibles.

1.4 Marco teórico

1.4.1 El buque y sus características

1.4.1.1 Aspecto Generales

Se entiende por buque pesquero a todo buque equipado o utilizado con fines comerciales para la captura de peces o de otros recursos vivos del mar [3]. Cuenta con características importantes como: ser un centro de producción, la tripulación que suele participar, el tiempo de permanencia en la mar, la estiba de las mercancías y las operaciones necesarias de pesca que los clasifican en diferentes grupos. El buque por desarrollar en el presente proyecto es un atunero congelador al cerco.

1.4.1.2 Atunero congelador al cerco

El atunero congelador al cerco es un buque pesquero denominado de tal manera por el tipo de recurso a capturar (atún), largo periodos de permanencia en la mar y por el arte de pesca que realizan. Frecuentemente trabajan en caladeros alejados en donde se experimentan condiciones de mala mar, exigiendo condiciones de trabajo apropiadas y seguras para los tripulantes de la embarcacion. La economía es una variable importante

en estas embarcaciones debido a que influye en: velocidad, autonomía y duración del viaje, equipos y sistemas de pesca, tripulación, etc.

Para satisfacer dichas necesidades este tipo de embarcaciones tienen consideraciones generales (ver Figura 1.1) a tomar en cuenta para su diseño:

- Tener dos cubiertas, denominadas principal y superior, dejando entre medias un puente de trabajo, la principal es llamada cubierta de francobordo.
- La Superestructura se ubican a proa de la sección media obteniendo en popa el espacio suficiente para ubicar equipos de pesca y poder realizar la maniobra.
- Sala de máquinas ubicadas en popa, contar con una planta frigorífica de gran potencia y tamaño, generalmente ubicado en un compartimento separado.
- Tener el número de cubas en función de la capacidad de carga, ubicadas simétricamente desde la línea de crujía y también deberán de ser aisladas para mantener baja temperaturas, típicamente utilizando el método de congelación por inmersión en salmuera.
- Encima de las cubas se encuentra el parque de pesca y la cinta transportadora por la cual se distribuye el atún hacia las cubas.
- Cuando se realiza la maniobra de pesca en la faena mediante el cerco, la embarcación debe de disponer de buena velocidad y maniobrabilidad para poder realizar la operación con éxito, además de que la velocidad ayuda para la autonomía de la embarcación.
- La inversión que se realiza en los equipos electrónicos de detección de pesca es alta es lo que destacan sonares, radio boyas, radares de navegación, etc.
- La propulsión empleada suele ser mediante motor diésel, los cuales son de gran potencia y generalmente se emplean bulbos en proa y popa para mejorar las condiciones propulsivas de la embarcación como son: la entrada de flujo, reducir las vibraciones y la resistencia al avance.
- Se cuenta con embarcaciones auxiliares como la panga y los speed-boats que sirven para ayudar en la maniobra de pesca, además del helicóptero ubicado sobre el puente.
- Pueden utilizar tanques estabilizadores por debajo de la rampa en popa y en el bulbo de proa para disminuir el balance en condiciones de mal tiempo.



Figura 1.1 Buque Atunero “Albatun – Dos”

FUENTE: Hijos de J. Barreras, *Hull 1624 “ALBATUN DOS”,* Vigo, 2004

1.4.1.3 Arte de Pesca

Se entiende como arte de pesca al método utilizado para la captura y extracción de su medio natural de los peces u otras especies acuáticas [4]. El arte utilizada por las embarcaciones atuneras es el denominado de cerco. Consiste en cercar al pez (atún), ubicando el banco de peces, determinando rumbo y velocidad, y procediendo a cercarlo haciendo un círculo alrededor de él, finalmente cerrando el fondo de la red. La red suele ser de 250-1000 [m] de longitud y 50 [m] de ancho, que flota y al pasar los peces se cierra. El proceso descrito previamente se lo observa a continuación (Ver Figura 1.2)

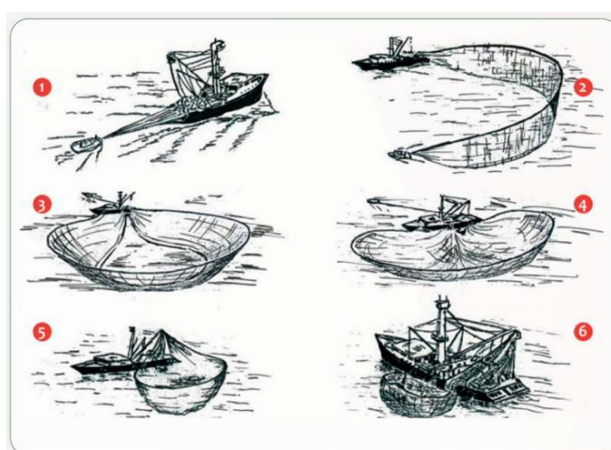


Figura 1.2 Maniobra de Cerco

FUENTE: PESCAVERDE, *Guía Técnica sobre Artes de Pesca,* FEDEPESCA, Madrid, 2013

1.4.2 Tecnología de Grupo

Los grupos tecnológicos pueden ser definidos como un arreglo lógico y una secuencia de todas las facetas de la operación de una compañía para llevar los beneficios de la producción en masa con alta calidad, combinados con una alta cantidad de producción [5]. Es decir, es una técnica de integración de problemas, tareas, principios y conceptos comunes para mejorar la productividad. El primer uso de los principios de esta técnica fue descrito en Estados Unidos y luego ha aumentado a un ritmo acelerado a nivel mundial, esto se debe en parte a su uso con la planificación automatizada de procesos en la industria.

1.4.2.1 Clasificación

Para el diseño de las embarcaciones se recomienda utilizar la secuencia de Grupos Tecnológicos denominada Ship Work Breakdown Structure Titles (SWBS) y recomendada en [6], en la cual se clasifican y especifican de la siguiente manera:

- G000 Diseño e Ingeniería
- G100 Casco y Superestructura
- G200 Sistema de Propulsión
- G300 Planta Eléctrica
- G400 Control y Monitoreo
- G500 Sistemas Auxiliares
- G600 Habitabilidad y Equipamiento
- G700 Armamento
- G800 Integración
- G900 Maniobra

Los grupos G700 y G800 no han sido considerados en el desarrollo de este proyecto, debido a que corresponde específicamente a embarcaciones militares.

1.4.3 Preparación de un diseño

1.4.3.1 Espiral de diseño

La aplicación de la tecnología de grupo en el diseño de una embarcación indica que generalmente un proyecto se realiza a través de las siguientes etapas de diseño:

conceptual, preliminar y contractual. Este proceso a menudo es ilustrado por la espiral de diseño (ver Figura 1.3) la cual nos indica, que, dado los objetivos del diseño, el diseñador trabaja para lograr la mejor solución, ajustando y equilibrando los parámetros interrelacionado a medida que el diseñador avanza en el proyecto.

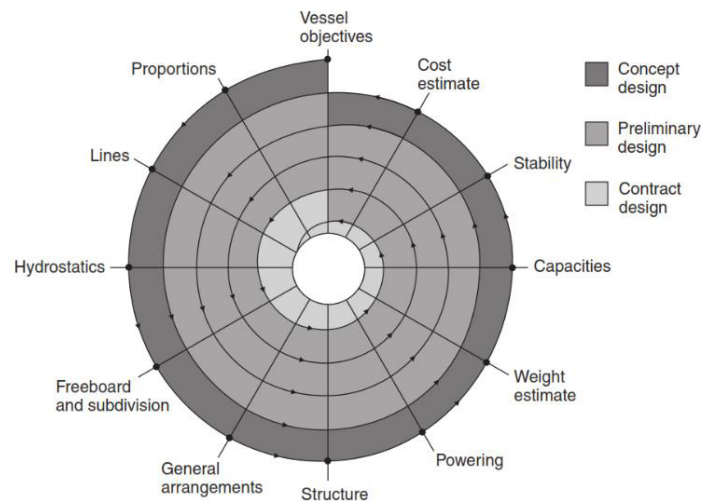


Figura 1.3 Espiral de Diseño

FUENTE: D. Eyres y G. Bruce, Ship Construction, Oxford: Elsevier Ltd, 2012

1.4.3.2 Diseño Conceptual

Es el primer esfuerzo para traducir los requerimientos del proyecto en arquitectura naval y características de ingeniería. Un diseño conceptual debe, desde los objetivos, proporcionar información suficiente para una evaluación técnico económica básica de las alternativas a realizar, para hablar de obtención de costos aproximados que a menudo determinan si iniciar o no el siguiente nivel de desarrollo del proyecto, el diseño preliminar.

1.4.3.3 Diseño Preliminar

El diseño preliminar refina y analiza el diseño de concepto acordado, completa los arreglos y la estructura, y tiene como objetivo optimizar el rendimiento del servicio de la nave. Su terminación proporciona una definición precisa de que el barco cumplirá con los requerimientos establecidos, esto proporciona la base para el desarrollo de planos de contrato y detalles, la cual es la siguiente etapa del diseño.

1.4.3.4 Diseño Contractual

El diseño del contrato detalla los arreglos y sistemas finales acordados con el propietario, al cual se le denomina armador, y satisface las condiciones del contrato de construcción. Produce un conjunto de planos y especificaciones que forman parte integral del documento contractual y abarca uno o más vueltas como sean necesarias a la espiral de diseño, lo que refina aún más el diseño preliminar, para poder llegar al diseño planteado al inicio del proyecto.

1.4.4 Entidades Reguladoras

En la industria marina, existen varias entidades con objetivos propios, pero con una característica común, las embarcaciones. Dichas entidades han sido creadas con el pasar del tiempo debido a la presentación de acontecimientos en el mar y pretenden estandarizar el diseño y construcción de las embarcaciones previo al inicio de operación, al mantenimiento y conservación de estas y del medio en el cual operan. Entre ellas destacan, las descritas a continuación:

1.4.4.1 Organización Marítima Internacional (IMO)

Es el organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques [7]. Sus regulaciones tienen como objetivos la seguridad, el recaudo, responsabilidad y la contaminación marina. Como, por ejemplo: Convenio Internacional para la Seguridad de la Vida en el Mar (SOLAS), El Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los Buques (MARPOL), etc.

1.4.4.2 Asociación Internacional de Sociedades de Clasificación (IACS)

El objetivo de la clasificación de buques es verificar la fortaleza e integridad estructural del casco del barco y sus agregados, generación de energía y aquellas otras características que han sido construidos dentro del buque con el fin de mantener los servicios esenciales a bordo. Buscan alcanzar este objetivo mediante el desarrollo y la aplicación de sus propias reglas [8]. Los miembros del IACS son 12 entidades que toman el nombre de Sociedades Clasificadoras entre las cuales destacan: American Bureau of

Shipping (ABS), Lloyd's Register (LR), Det Norske Veritas (DNV), Bureau Veritas (BV), Registro Italiano Naval (RINA), etc.

1.4.4.3 Organismo Internacional de Estandarización (ISO)

Es una federación mundial de organismos nacionales de normalización con más de 140 países. Promueve el desarrollo de actividades de normalización y las relacionadas en el mundo con el fin de facilitar el intercambio internacional de bienes y servicios publicado como Estándar Internacional. El comité de tecnología ISO que se ocupa de los buques y la tecnología marina es ISO TC8.

CAPITULO 2

2. METODOLOGÍA

2.1 Diseño conceptual y preliminar del buque atunero

El proyecto fue desarrollado aplicando la herramienta descrita previamente, la espiral de diseño, se alcanzó a cubrir las tres primeras etapas de la espiral, las dos primeras se enfatizarán a continuación: Diseño Conceptual y Preliminar. El resumen de esas etapas con las consideraciones seguidas, formulaciones realizadas, y resultados obtenidos se encuentran descritas en memoria de cálculos de *Diseño conceptual y preliminar de un Buque Atunero de 2500 TON en capacidad de cubas para la industria Ecuatoriana* [9].

2.1.1 Diseño Conceptual

En esta etapa se establecieron los requisitos básicos del diseño bajo los requerimientos del armador para poder determinar la viabilidad del proyecto, su utilidad y el camino de diseño a seguir previo a las siguientes etapas.

2.1.1.1 Requerimientos del Armador

Para obtener los requerimientos del armador se recurrió a una entrevista con el Ing. Naval. Pierre Torres, quien es uno de los encargados de la flota Atunera de la empresa Negocios Internacionales Real S.A. (NIRSA), ubicada en Posorja. A continuación, se puede observar 4 de los más importantes requerimientos solicitados (Ver Figura 2.1).

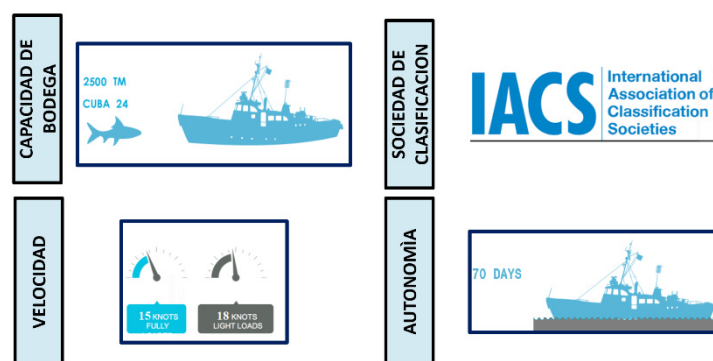


Figura 2.1 Requerimientos de Armador

2.1.1.2 Dimensiones Principales, Base de Datos y Regresiones

Para la obtención de las dimensiones principales de la embarcación basado en los requerimientos previos, se realizó y trabajó con una base de datos de 12 embarcaciones de similares características que se pueden observar en la Tabla 2.1.

Ship name	Design capacity [Ton]	Loa [m]	B [m]	D Cub. Sup. [m]	Draft [m]	Displa. [Ton]	Speed [kn]	Power [BHP]
Playa de Anzoras	1592	85.5	13.9	9.1	6.4	3909	16	5850
Montelucia	1913	91.9	15.2	9.8	6.5	5540	17	6690
Draco	1913	95.7	15.2	9.95	6.7	6130	17	8000
Albacora uno	2126	105	16.2	9.7	6.8	6010	17.3	8100
Albacora dos	2168	105	16.6	10.2	7.3	6900	16.8	9450
Txori Toki	2175	106.5	16	10.4	7.2	6500	16	7954
Artza	2250	112.8	16.5	10.3	6.8	6300	17.3	5921
Alakrana	2250	104.3	15.4	10.1	6.9	5230	17.3	6079
Doniene	2284	109.3	16.5	10	6.9	5972	18.5	8100
Via Libecio	2376	107.5	16.6	10.1	6.8	6436	19	8378
Intertuna Tres	2438	115	16.6	10.2	7.3	6900	19	8566
Albatun Dos	2474	115	16.6	10.3	6.8	6950	18	7950

Tabla 2.1 Base de Datos de Barcos Atuneros

Se utilizó el método de regresiones lineales (ver Figura 2.2 hasta Figura 2.5) en función de la base de datos para poder obtener las dimensiones principales requeridas, el detalle de este proceso se lo puede observar en el Cuaderno 1 de [9].

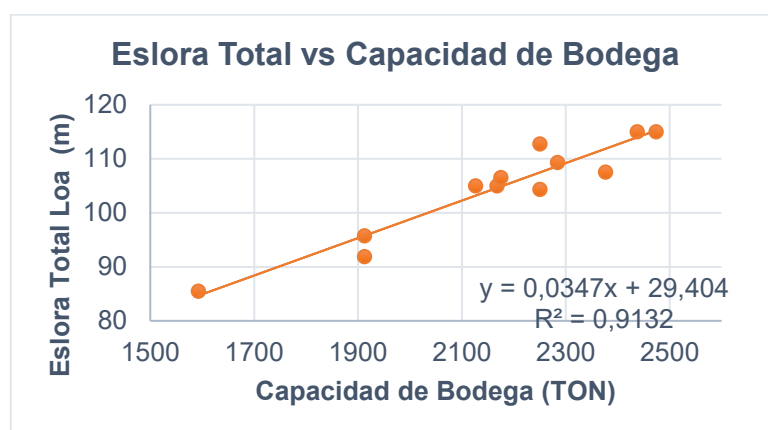


Figura 2.2 Regresión Lineal – Eslora Total vs Capacidad de Bodega

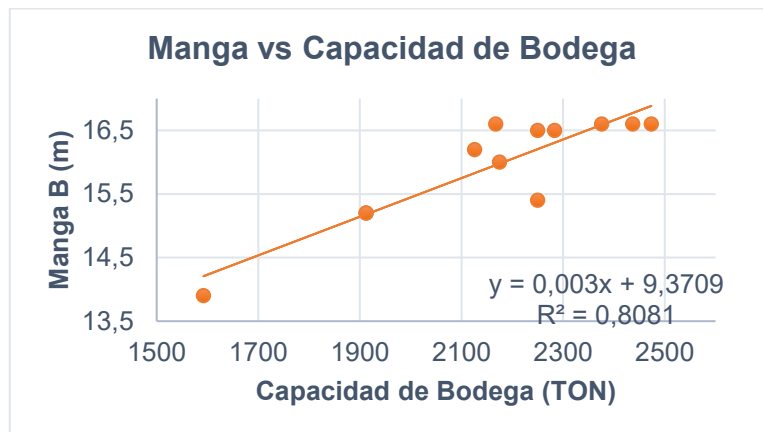


Figura 2.3 Regresión Lineal – Manga vs Capacidad de Bodega

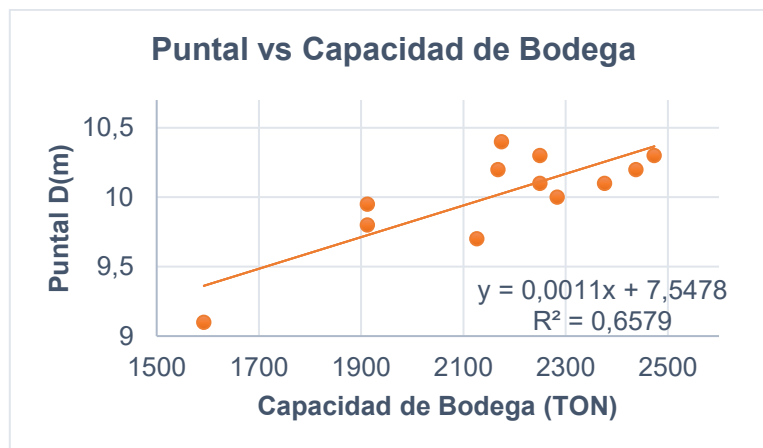


Figura 2.4 Regresión Lineal – Puntal vs Capacidad de Bodega

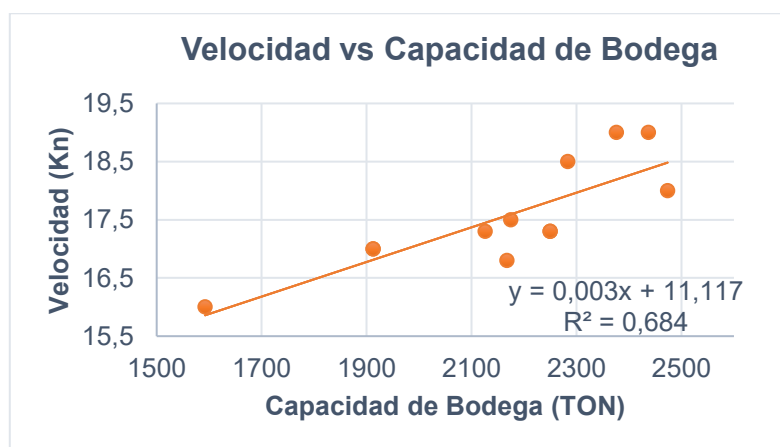


Figura 2.5 Regresión Lineal – Velocidad vs Capacidad de Bodega

2.1.1.3 Coeficientes Adimensionales, Formas y Estimación de Pesos

Para la obtención de una estimación de coeficientes adimensionales y de pesos, se utilizaron varias formulaciones semi-empíricas, resumidas en el Cuaderno 1 de [9], luego se empezó a trabajar en la obtención de formas del buque siguiendo varias recomendaciones sobre formas típicas (ver Figura 2.6 - Figura 2.7) y de mejoras existentes para este tipo de embarcaciones, en el Cuaderno 2 de [9] se detalla este proceso.

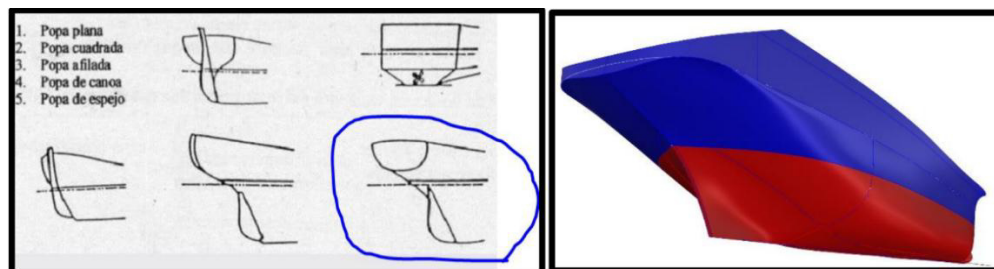


Figura 2.6 Tipo de Popa de la embarcacion

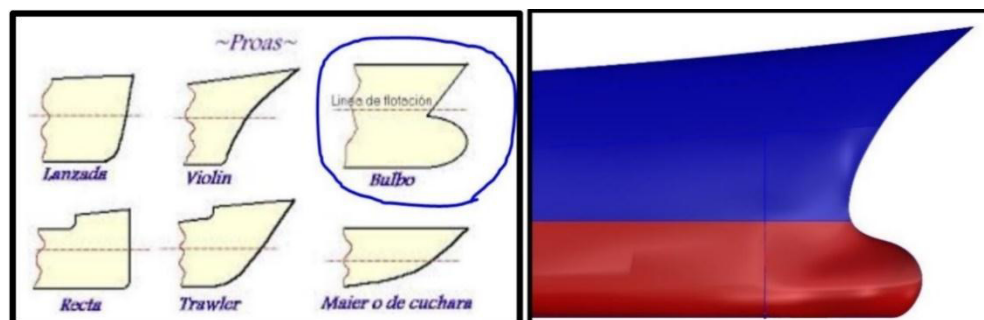


Figura 2.7 Tipo de Proa de la embarcacion

Finalmente, cuando se obtuvieron las formas y su modelo en 3D, se utilizó un programa de Ing. Naval para la comprobación de las estimaciones realizadas (ver Figura 2.8)

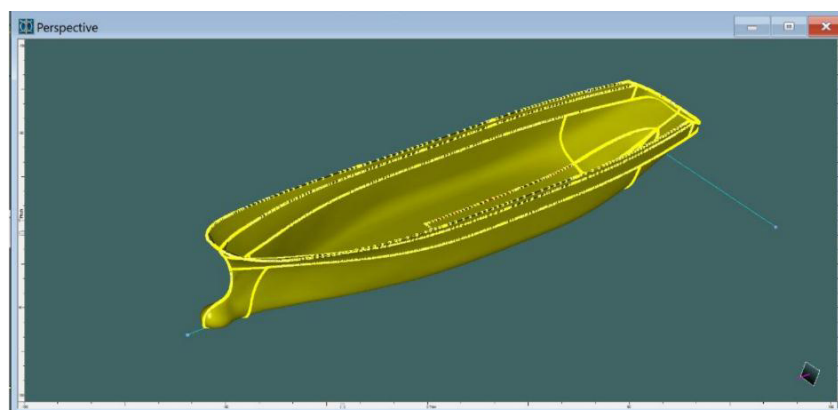


Figura 2.8 Utilización de software para comprobación de coeficientes

2.1.2 Diseño Preliminar

En esta etapa del diseño, ya obtenida las dimensiones y formas del buque se procedió al cálculo de disposición general, arreglo estructural, sistema de propulsión, sistemas auxiliares, planta de energía, estabilidad inicial y demás características con el fin de optimizar el rendimiento de servicio de la embarcacion.

2.1.2.1 Disposición General

El arreglo general se tiene que llevar en conjunto con el arreglo estructural. Se definió el espaciamiento de elementos estructurales mediante la fórmula.

$$S_b = \left(470 + \frac{L_r}{0.6} \right) [mm] \quad (2.1)$$

Los espaciamientos fueron determinados por recomendaciones típicas para estas embarcaciones y regulaciones tomadas de SOLAS, MARPOL entre otras entidades para la habitabilidad, sala de máquinas, mínimo número de mamparos, doblefondo, etc.

De acuerdo con la autonomía y capacidad de carga requerida, en el Cuaderno 3 de [9] se presenta en detalle la disposición general de la embarcacion con la ubicación de tanques, cubas (ver Tabla 2.2) y demás, para que cumplan los requerimientos establecidos, esto último se lo realizó mediante un cálculo previo de dimensionamiento y luego por comprobación de Software de Ingeniería Naval.

Babor	Capacidad [m³]	Estribor	Capacidad [m³]	Cuadernas
Cuba N° 2	91.90	Cuba N° 1	91.90	124-132
Cuba N° 4	115.89	Cuba N° 3	115.89	116-124
Cuba N° 6	130.58	Cuba N° 5	130.58	108-116
Cuba N° 8	144.05	Cuba N° 7	144.05	100-108
Cuba N° 10	150.80	Cuba N° 9	150.80	92-100
Cuba N° 12	153.22	Cuba N° 11	153.22	84-92
Cuba N° 14	153.22	Cuba N° 13	153.22	76-84
Cuba N° 16	153.22	Cuba N° 15	153.22	68-76
Cuba N° 18	151.77	Cuba N° 17	151.77	60-68
Cuba N° 20	153.22	Cuba N° 19	153.22	52-60
Cuba N° 22	153.22	Cuba N° 21	153.22	44-52
Cuba N° 24	153.22	Cuba N° 23	153.22	36-44
Total [m3]	1704.31	Total [m3]	1704.31	
Total [Ton] 2556.5				

Tabla 2.2 Ubicación y capacidad de cubas en la embarcacion

2.1.2.2 Arreglo Estructural

Se tomaron varias consideraciones importantes al momento de realizar el diseño estructural de la embarcacion como la relación de aspecto y el sistema de cuadernaje manejada por zonas, siendo 4:1 en la sección media con un cuadernaje longitudinal y 2:1 en la parte de proa y popa con un cuadernaje transversal. El arreglo estructural se detalla en el cuaderno 4 de [9] el cual contiene el rayado estructural, escantillonado de toda la embarcacion por secciones utilizando reglas de clasificación ABS, selección de escantillones, validaciones de resistencia longitudinal y del cálculo estructural mediante la utilización del software ANSYS Structural aplicando el método de elementos finitos (ver Figura 2.9), y los planos de detalles estructurales de las cuadernas y mamparos típicos del buque.

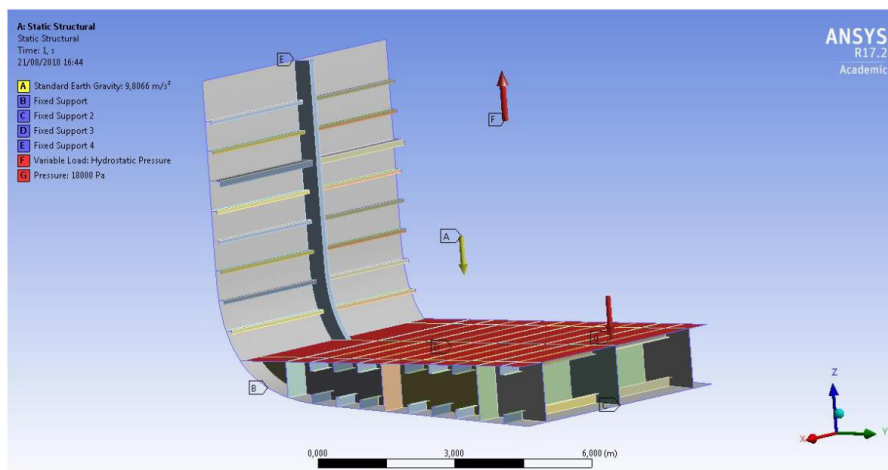


Figura 2.9 Panel de la embarcacion previo al análisis en ANSYS estructural

2.1.2.3 Resistencia y Propulsión

Se estimó la resistencia y potencia para un rango de velocidades, en la cual se incluía la velocidad de diseño de la embarcacion mediante la utilización de softwares y el método de Holtrop – Mennen, finalmente se utilizó la siguiente formulación para obtener la potencia de la propulsión del buque.

$$SHP = \frac{EHP}{\eta_p} \quad [hp] \quad (2.2)$$

El buque contará con doble propulsión por requerimiento del armador, el calculo de los elementos principales del sistema se los obtuvo mediante la aplicación de fórmulas,

software y recomendaciones (ver Figura 2.10) las cuales se encuentran resumidas en el cuaderno 5 de [9].

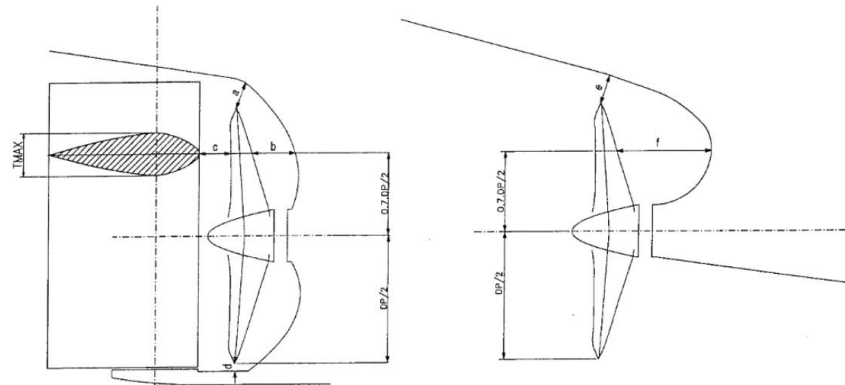


Figura 2.10 Huelgos mínimos entre hélices y casco

FUENTE: R. Alvariño Castro, El Proyecto Básico del Buque Mercante, Madrid: Fondo Editorial de Ingeniería Naval, 1997.

2.1.2.4 Sistemas Auxiliares

En el cuaderno 6 de [9] se desarrollaron para los siguientes sistemas: achique y contra incendio, combustible y agua dulce el cálculo y selección de sus elementos principales, planos unifilares e implementación en la embarcación siguiendo recomendaciones de SOLAS, MARPOL, Sociedades de Clasificación y regulaciones pertinentes.

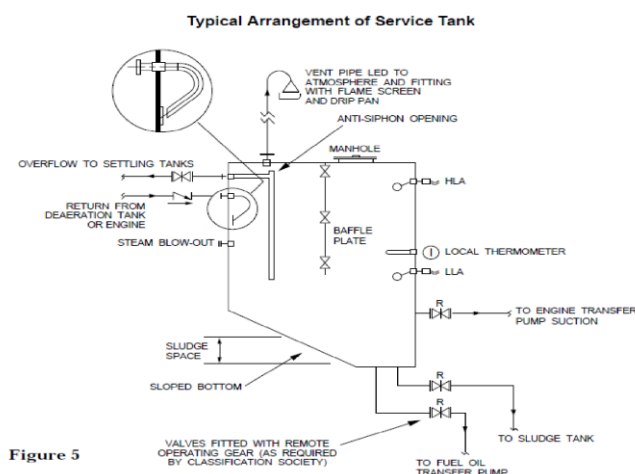


Figura 2.11 Arreglo Típico de un tanque de servicio

FUENTE: J.F. DOMINGUEZ, Notas de clase de Diseño I "Circuitos", Guayaquil, 2017

2.1.2.5 Planta de Electricidad

En el cuaderno 7 de [9] se realizó el cálculo de la potencia eléctrica y su balance eléctrico, consumidores eléctricos (ver Tabla 2.3), elementos principales y el número de equipos del sistema, necesarios para el funcionamiento del buque. Todo esto ajustándose a los requerimientos de las sociedades de clasificación y las regulaciones.

GRUPO CONSUMIDORES	POTENCIA ESTIMADA [KW]
Servicios Auxiliares del Motor Principal	375
Servicios Auxiliares diversos	44
Aparato de gobierno y propulsores	1080
Ventilación y extracción	182
Aire acondicionado y gambuzas	136
Maquinaria de pesca y refrigeración	912
Auxiliares de cubierta, maquinillas de pesca y carga	1311
Auxiliares de lavandería	6
Auxiliares de cocinas y oficinas	33
Servicios de alumbrado	33
Equipos de navegación y comunicación. Varios	52
Estimación Total de Potencia Requerida	4164

Tabla 2.3 Grupo de consumidores eléctricos del buque

2.1.2.6 Estabilidad Intacta

Se realizó el estudio de la estabilidad del buque en las diferentes condiciones de cargas requeridas de forma preliminar utilizando criterios IMO para verificar la aplicabilidad en la embarcación. Mediante software se procedió a verificar dichos requerimientos en cada condición de carga ya establecida, y el cálculo de criterio meteorológico para la condición de carga crítica (ver Figura 2.12).

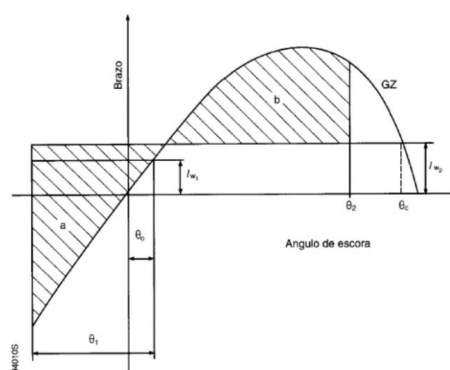


Figura 2.12 Criterio Meteorológico

FUENTE: OMI, «Codigo de estabilidad sin averias para todo los tipos de buques»,1993.

2.2 Etapa complementaria del diseño e Implicación de mejoras

Una vez obtenido el diseño preliminar del buque, en esta etapa se completará ese diseño y se implementaran mejoras de acuerdo con recomendaciones y/o sugerencias por parte del tutor del proyecto y un experto de embarcaciones pesqueras, optimizando el diseño para poder reducir los costos de producción empleando la menor cantidad de material y recursos posibles.

2.2.1 Etapa complementaria

Con el fin de optimizar y completar el diseño preliminar, se procedió a la utilización de un programa de Ingeniería Naval para poder obtener en detalle el peso de la embarcacion, consecuentemente se obtuvo los elementos principales de maniobrabilidad y de amarre y fondeo.

2.2.1.1 *Peso detallado del Casco y Superestructura*

Se calculó el peso en detalle de la embarcacion (casco y superestructura) además de la ubicación de los nuevos centros de gravedad mediante la utilización de software de Ingeniería Naval (ver Figura 2.13) para reemplazar el obtenido por formulaciones semi-empíricas previamente en la etapa preliminar, actualizando dicho valor y recalculando varias características del buque.

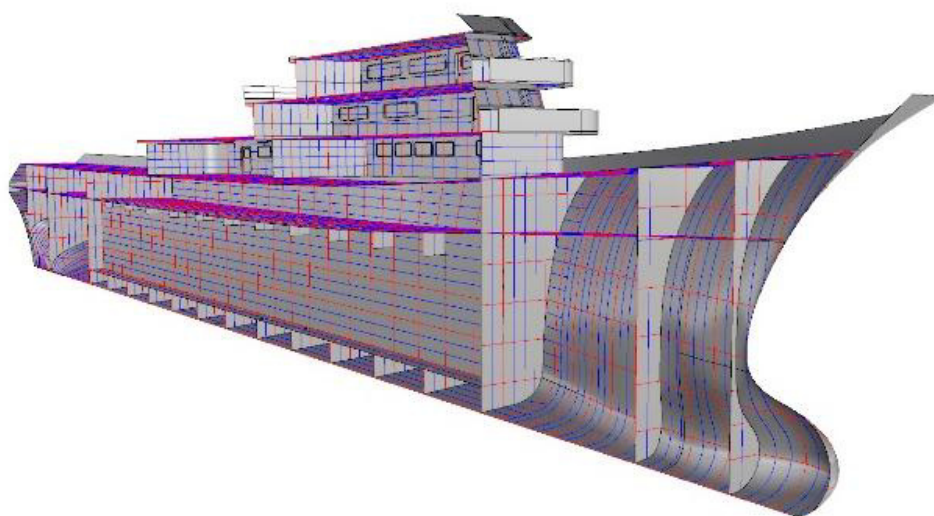


Figura 2.13 Modelo del Buque en 3D

2.2.1.2 Maniobrabilidad

Se calculó los elementos principales del sistema siguiendo recomendaciones de ABS y de [10] para obtener un timón adecuado que cumpla los requerimientos previos y que satisfaga las diferentes capacidades de maniobra (ver Figura 2.14): facilidad de evolución, mantener el rumbo y de parada.

Measure of Maneuverability	Criteria and Standard	Maneuver	IMO Standard	ABS Guide Requirement
Required for Optional Class Notation				
Turning Ability	Tactical Diameter	Turning Circle	$TD < 5L$	Rated $Rtd \geq 1$
	Advance		$Ad < 4.5L$	Not rated $Ad < 4.5L$
Course Changing and Yaw Checking Ability	First Overshoot Angle	10/10 Zig-zag test	$\alpha_{101} \leq f_{101}(L/V)$	Rated $Rt\alpha_{10} \geq 1$
	Second Overshoot Angle		$\alpha_{102} < f_{102}(L/V)$	Not rated $\alpha_{102} < f_{102}(L/V)$
	First Overshoot Angle	20/20 Zig-zag test	$\alpha_{201} \leq 25$	Rated $Rt\alpha_{20} \geq 1$
Initial Turning Ability	Distance traveled before 10-degrees course change	10/10 Zig-zag test	$\ell_{10} \leq 2.5L$	Rated $Rti \geq 1$
Stopping Ability	Track Reach	Crash stop	$TR < 15L^{(1)}$	Not rated $TR < 15L^{(1)}$
	Head Reach		None	Rated $Rts \geq 1$
Recommended, Not Required for Optional Class Notation				
Straight-line Stability and Course Keeping Ability	Residual turning rate	Pull-out test	$r \neq 0$	Not rated $r \neq 0$
	Width of instability ⁽²⁾ loop	Simplified spiral	$\alpha_U \leq f_U(L/V)$	Not rated $\alpha_U \leq f_U(L/V)$

Figura 2.14 Visión General de los Estándares y Criterios de maniobrabilidad

FUENTE: ABS, Guide for Vessel Maneuverability, Houston: American Bureau of Shipping, 2006

2.2.1.3 Amarre y Fondeo

Antes de realizar el cálculo y selección de los elementos principales de este sistema, se procedió a calcular el numeral de equipo mediante la siguiente formulación recomendada por ABS:

$$\text{Numeral de equipo} = k\Delta^{2/3} + mBh + nA \quad (2.3)$$

Dicho parámetro es el punto inicial para luego poder diseñar el sistema bajo normativa de ABS con sus elementos principales y de respeto, además de su implementación en la embarcación mediante planos de detalle pertinentes.

2.2.2 Implicación de mejoras para el detalle

Previo a implementar mejoras para el diseño, se realizaron consultas al Tutor del proyecto y al PhD. Patrick Townsend experto en embarcaciones pesqueras, para poder enfatizar el diseño en función de las sugerencias y/o recomendaciones que ellos dispongan, de las cuales se consideraron las presentadas a continuación: diseño del sistema de enfriamiento de cubas, justificación de la utilización del bulbo en proa, no utilización de cubas multipropósito y recalcu de criterios de estabilidad.

2.2.2.1 Diseño del sistema de enfriamiento de cubas

Para el diseño se siguió la metodología empleada en [11]. Se realizó el cálculo y elección del aislante para las cubas del buque, cálculo de cargas térmicas en la cámara de congelación para las situaciones que presenta el atún previo a su descarga en puerto, elección del refrigerante primario (ver Tabla 2.4) y secundario de los cuales depende la selección de equipos principales del sistema, específicamente por costos y mantenimiento.

R – 717	R – 404A
Tuberías deben ser de acero debido a que el refrigerante corroe al cobre y sus aleaciones.	Tuberías pueden ser de cobre.
Funciona por doble Compresión.	Funciona por compresión Simple
Precio del refrigerante 10 veces menor que R-404A.	El costo del material es menor que el de R-717.
Debido al material la instalación de este sistema es dos veces aprox que la del R-404A	Tiene menos eficiencia que el R-717.
Tiene más vida útil que el sistema R-404A	Los equipos consumen más energía que los del R-717

Tabla 2.4 Comparación de características entre refrigerantes

2.2.2.2 Justificación de utilización del bulbo en proa

La embarcación en su etapa de diseño conceptual y preliminar se consideró con la utilización de un bulbo en la parte de proa para obtener mejoras de condiciones propulsivas. Se verificó la aplicación del bulbo (ver Tabla 2.5) recomendada por [10].

Característica	Rango de Aplicación	"B/P ISAMAR"	Estado
Cb	0.65 - 0.815	0.65	Cumple
L/B	5.5 - 7.0	6.89	Cumple

Max CB x B/L	0.135	0.094	Cumple
--------------	-------	-------	--------

Tabla 2.5 Campo de aplicación del bulbo en proa

Se estableció una comparación entre un modelo de buque sin bulbo y el utilizado actualmente en este proyecto para medir la resistencia al avance que desarrollaban por el método de Holtrop – Mennen, el cual se presenta aplicable (ver Tabla 2.6), y aunque no cumpla con todo los requerimientos es el que más se adapta a este tipo de embarcaciones.

Característica	Rango de Aplicación	"B/P ISAMAR"	Estado
Max Fn	0.38	0.29	Cumple
Cp	0.55 - 0.65	0.69	No Cumple
Lpp/B	3.9 - 6.3	5.98	Cumple
B/T	2.1 - 3.0	2.47	Cumple

Tabla 2.6 Campo de aplicación del Método de Holtrop

2.2.2.3 No utilización de cubas multipropósito

Las cubas multipropósito son aquellas que cumplen su función principal, que es la de transportar y almacenar el atún luego de su captura por largos periodos de tiempo hasta su descarga, y se las utiliza también para el transporte de combustible con el fin de aumentar la autonomía de los días de navegación del buque. Se realizó el acomodamiento en la embarcación de tal manera de que no se utilizaran este tipo de cubas con la finalidad de poder aumentar costos de ventas por la calidad del atún capturado.

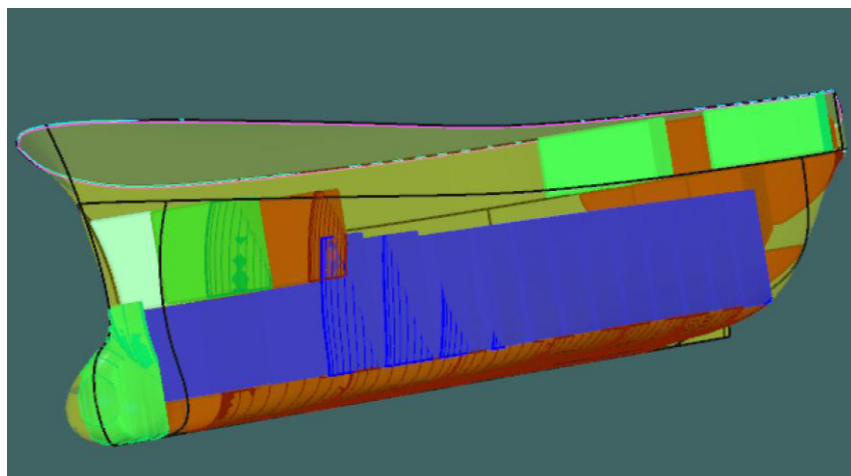


Figura 2.15 Disposición de tanques y cubas en la embarcación

2.2.2.4 Análisis de Criterio de Estabilidad

Una vez ya calculado la mayoría de los pesos de los elementos que conforman el buque se procedió a realizar el recalcu de los criterios de estabilidad para las 4 condiciones de cargas recomendadas, de manera que se obtuvo un cálculo con mayor exactitud en la estabilidad de la nave a grandes ángulos de escora y el cumplimiento de los requerimientos OMI (ver Tabla 2.7).

Salida de Puerto 100% consumibles + 10% de Carga				
Criterio	Buque (Antes)	Buque (Actual)	Exigido	Cumple
Área 0-30 [m-rad]	45.9	58.6	31.5	SI
Área 0-40 [m-rad]	91.2	112.8	51.6	SI
Área 30-40 [m-rad]	45.3	54.2	17.2	SI
GZ a 30° [m]	0.5	0.6	0.2	SI
Ángulo GZ max [deg]	40.9	41.8	25.0	SI
GM [m]	0.4	0.5	0.2	SI

Tabla 2.7 Criterio de estabilidad medido

2.2.2.5 Renderizado de la embarcacion

Al modelo de la embarcacion ya existente se lo renderizó, de manera de que luzca más atractivo y realista en su diseño final, se utilizó software de Ing. Naval para llevar a cabo este proceso.

2.3 Estimación del costo de diseño y construcción del buque

Se realizó la estimación del presupuesto para los grupos tecnológicos que influyen en el diseño y construcción del buque atunero, los mismos que fueron calculados para dos escenarios posibles: construcción en astillero internacional y construcción nacional con total aprovisionamiento del astillero, pero siguiendo metodologías parecidas. Todos los grupos tecnológicos de ambos presupuestos fueron calculados en función de dos rubros, por el costo del material o equipos y por el costo de mano de obra o montaje, este ultimo cuantificado en número de Hombres – Horas. La utilidad del proyecto se la estimo en 20% para ambos escenarios.

2.3.1 Escenario 1: Construcción en astillero Internacional

Este escenario es factible debido a que Ecuador aun cuenta con limitaciones para la realización de una construcción de gran magnitud como es el caso del buque de este proyecto, el País escogido fue España debido a su vasta experiencia en construcciones y diseños en este tipo de embarcaciones, se consideró un costo de mano de obra de acuerdo con los salarios que se manejan en ese país y todos los grupos tecnológicos fueron estimados bajo formulaciones semi-empíricas siguiendo la metodología presentada en [12].

2.3.2 Escenario 2: Construcción en astillero nacional con total aprovisionamiento

Al realizarse la construcción localmente, se manejan los salarios nacionales es decir el costo de mano de obra o montaje de equipos, siendo el mayor cambio con respecto al escenario 1. Para la obtención del costo del Grupo 100, se utilizó software de Ingeniería naval y cotizaciones de planchas de acero para obtener el costo de material de forma detallada, también se realizó la estimación de los Hombres – Horas del proyecto para obtener el cálculo del presupuesto y roles de pagos detallado de este grupo, el tiempo estimado para la obra fue de 18 meses trabajando a doble turno en una construcción por bloque.

CAPÍTULO 3

3. RESULTADO Y ANALISIS

3.1 Diseño conceptual y preliminar del buque atunero

Basándose en los requerimientos del armador en la Tabla 3.1 se presentan las dimensiones principales del buque obtenidas en ambas etapas del diseño:

Diseño	LOA [m]	LPP [m]	B [m]	D [m]	T [m]
Conceptual	115.48	101.02	16.67	10.34	6.83
Preliminar	116.15	100.88	16.87	10.36	6.84

Tabla 3.1 Dimensiones Principales de la embarcacion

De igual manera en la Tabla 3.2 se presentan la comparación de los coeficientes obtenidos mediante calculo y bajo la comprobación por software de Ingeniería Naval:

Detalle	Calculado	Software
Desplazamiento [Ton]	6990	7741
Coeficiente de Block	0.58	0.64
Coeficiente de Seccion Media	0.96	0.93
Coeficiente Prismático	0.60	0.69
Coeficiente de Plano de Flotación	0.71	0.76
KB [m]	3.78	3.54
LCB [m]	-3.04	-3.72
BMT [m]	3.16	3.36
BML [m]	91.94	119.82
KMT m]	7.80	6.91

Tabla 3.2 Comparación de coeficientes de la embarcacion

Las formas que se obtuvo de la embarcacion en su diseño preliminar se presentan a continuación:

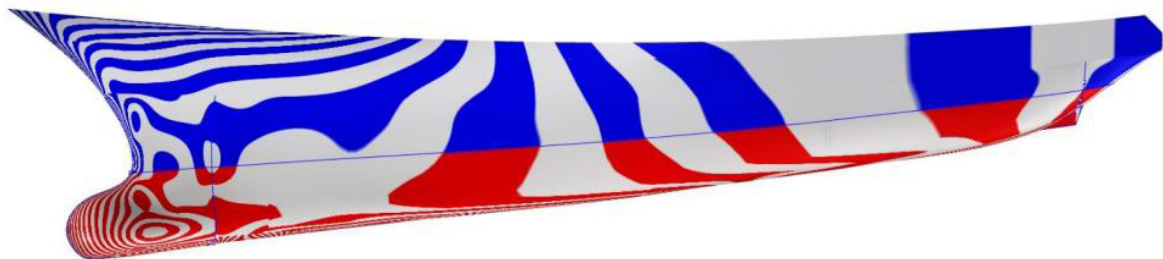


Figura 3.1 Análisis de continuidad de la embarcacion

El diseño preliminar se lo puede resumir en la Tabla 3.3 donde se presentan las características principales de la embarcacion, los requerimientos del armador y su cumplimiento se presentan en la Tabla 3.4, finalmente se muestra también la maqueta en 3D (ver Figura 3.2) obtenida al finalizar las dos primeras etapas del diseño de la embarcacion atunera. Los planos, detalles del cálculo y demás características obtenidas del buque al finalizar el diseño preliminar se encuentran en [9].

Características Principales		
Eslora Total [LOA]	116.15	m
Manga [B]	16.87	m
Puntal [D]	10.36	m
Calado (Max) [T]	6.84	m
DWT	7441	Ton
Velocidad de Prueba	18	Kn
Tripulación	31	People
Capacidad de carga		
Capacidad de Bodegas	2556	Ton
Capacidad de Congelación diaria	140	Ton
Capacidades de los tanques		
Agua dulce	239	Ton
Gasóleo	1153	Ton
Aceite lubricante	20	Ton
Equipos de Propulsión		
Motor Principal	2 x 4480 kW at 720 rpm	
Grupos Generadores	4 x 940 kW at 1500 rpm	
Clasificacion		
American Bureau of Shipping 2017		

Tabla 3.3 Características principales del buque

	Requerido	Obtenido		
Capacidad de Carga	2500	2531	Ton	cumple
Autonomia	70-90	70	días	cumple
Velocidad	16-18	18.1	Kn	cumple
Clasificacion	SI	ABS	-	cumple

Tabla 3.4 Requerimientos principales de armador



Figura 3.2 Maqueta en 3D de la embarcacion

3.2 Etapa complementaria del diseño e Implicación de mejoras

3.2.1 Etapa Complementaria

En esta etapa siguió la metodología ya descrita, obtuvieron cálculos, seleccionaron los elementos principales y elaboraron los planos de detalle para los subcapítulos ya mencionados, todo esto se encuentra en los Apendices _ hasta el _.

3.2.1.1 *Peso detallado del Casco y Superestructura*

A continuación, en la Tabla 3.5 y Tabla 3.6 se observa los nuevos centros de gravedad del buque y pesos obtenidos, siendo ligeramente distintos a los estimados inicialmente. Estos valores nos sirven para calcular con mayor exactitud varios parámetros que también influyen en el diseño final de la embarcacion.

CENTROS DE GRAVEDAD				
	Descripción	Actual	Software	Unidades
LCG	Casco	-3.04	-1.76	[m]
	Superestructura	14.88	15.19	[m]
VCG	Casco	5.24	5.19	[m]
	Superestructura	14.06	14.41	[m]

Tabla 3.5 Comparación de Centros de Gravedad del buque

PESO ESTRUCTURAL			
Descripción	Actual	Software	Unidades
Casco	1788.9	1793.1	[Ton]
Superestructura	135.3	235.6	[Ton]
Total	1924.1	2028.7	[Ton]

Tabla 3.6 Comparación del Peso Estructural

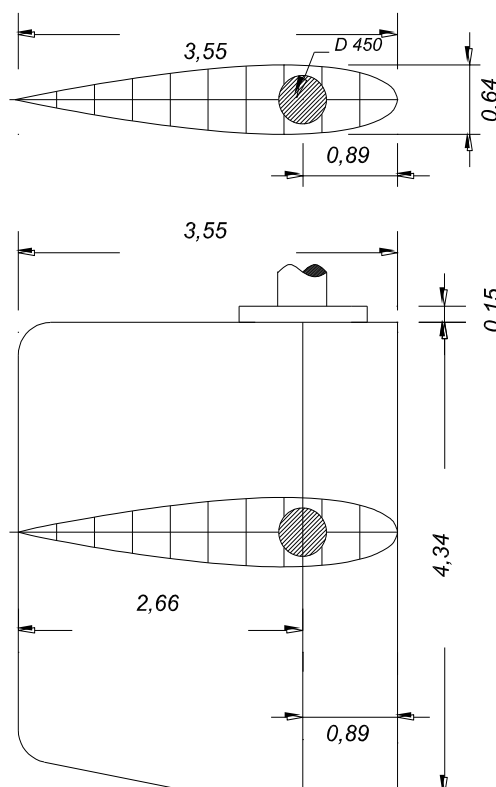
3.2.1.2 Maniobrabilidad

Para la maniobrabilidad de la embarcacion se obtuvieron las siguientes características del timón (ver Tabla 3.7) y el esquema del plano es presentado en el Plano 3.1.

Característica del Timón					
Área del timón	15.39	[m ²]	Compensación λ	3.85	[m]
Altura	4.34	[m]	Longitud media	0.89	[m]
Cuerda	3.55	[m]	Diámetro de la mecha	450	[mm]

Tabla 3.7 Característica del Timón

PERFIL DEL TIMÓN



Plano 3.1 Perfil del Timón diseñado

Además, al diseñar el timón se procedió a verificar el cumplimiento de las capacidades de maniobra, presentado en la Tabla 3.8. Obteniendo un Valor General de 3.7, encontrándose en un rango de aceptable. El detalle de este subcapítulo se lo encuentra en el Apéndice A.

Medida Aplicada	Criterio y Estándares	Maniobra	Estado	
Facilidad de Evolución	Avance	Turning Circle	Rating=4	OK
Facilidad para mantener el rumbo	1er ángulo de rebasamiento	10/10 Zig-zag test	Rating =3	OK
	2do ángulo de rebasamiento			OK
	1er ángulo de rebasamiento	20/20 Zig-zag test		OK
Facilidad de Parada	Track Reach	Crash Stop	Rating =4	OK
	Head Reach			OK
General Rating			3.7	

Tabla 3.8 Visión General de los Estándares y Criterios de maniobrabilidad

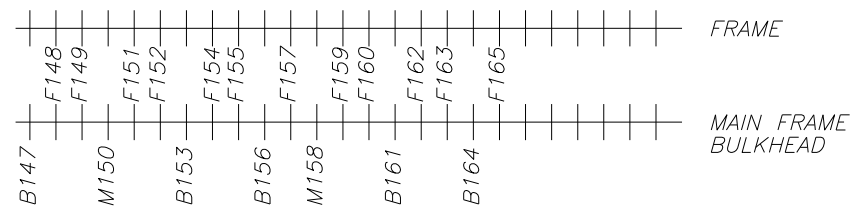
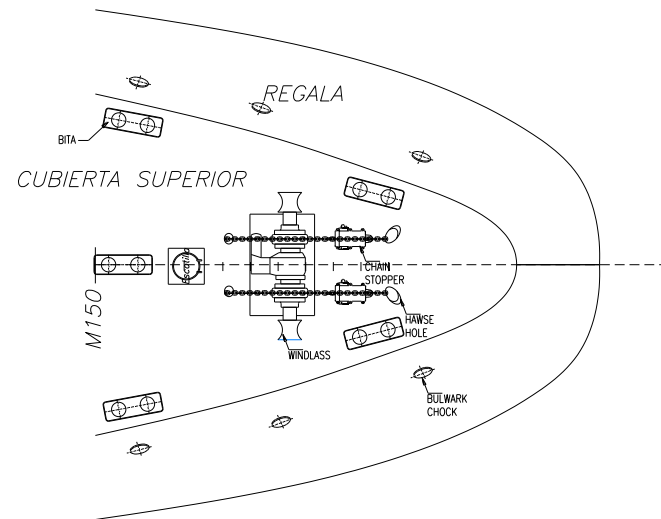
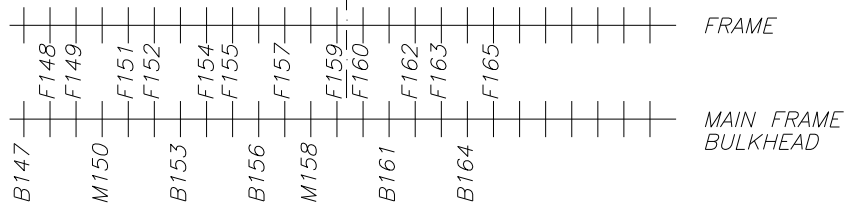
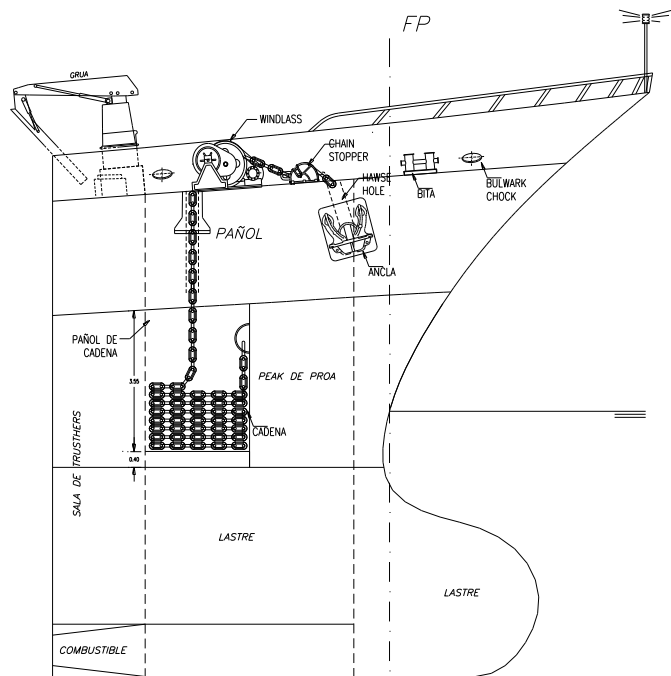
3.2.1.3 Amarre y Fondeo

Para el sistema de amarre y fondeo a continuación en la Tabla 3.9 se muestra el valor del numeral de equipo, que es propio de cada embarcacion, y los elementos y características seleccionados de este sistema.

Descripción de elementos		Unidades
Numeral de Equipo	876.2	-
Numero de Anclas	3	-
Diámetro de la cadena	47	[mm]
Longitud de cadena	482	[m]
Diámetro de towline	28	[mm]
Longitud de towline	170	[m]
Diámetro de mooring	40	[mm]
Longitud de mooring	170	[m]
Volumen de pañol de cadenas	10.7	[m3]
Diámetro de Hawse hole	448.8	[mm]
Numero de bitas	12	-
Potencia de Windlass	80.5	[HP]

Tabla 3.9 Elementos del sistema de Amarre y Fondeo

También en el siguiente Plano 3.2 se muestra el esquema del sistema implementado a la embarcacion. El detalle de este subcapítulo se lo encuentra en el Apéndice B.



Plano 3.2 Plano de Amarre y Fondeo implementado en el buque

3.2.2 Implicación de mejoras para el detalle

Al igual que en la etapa complementaria en los Apéndice C hasta el E. Se encuentra la metodología seguida, cálculos realizados, elementos seleccionados y planos realizados de los siguientes subcapítulos a presentar.

3.2.2.1 Diseño del sistema de enfriamiento de cubas

Basándonos en la metodología descrita en el capítulo anterior, en la Tabla 3.10 se puede observar el valor del poliuretano expandido que se utilizara como aislante en las cubas y en la Tabla 3.11 se muestra la suma de las cargas térmicas del sistema para su funcionamiento.

Espesor del poliuretano expandido	
espesor [m]	0.161

Tabla 3.10 Espesor del aislante utilizado

Descripción	Q [W]
Debido a perdidas de calor a través de las superficies	24.54
Debido a renovación de aire	0
Debido a las perdidas por refrigeración y congelación	551.59
Debido al enfriamiento de la salmuera	86.50
Otras Cargas térmicas	66.26
Factor de Seguridad del Sistema	233.25
Cargas térmicas Totales [kW]	962.14

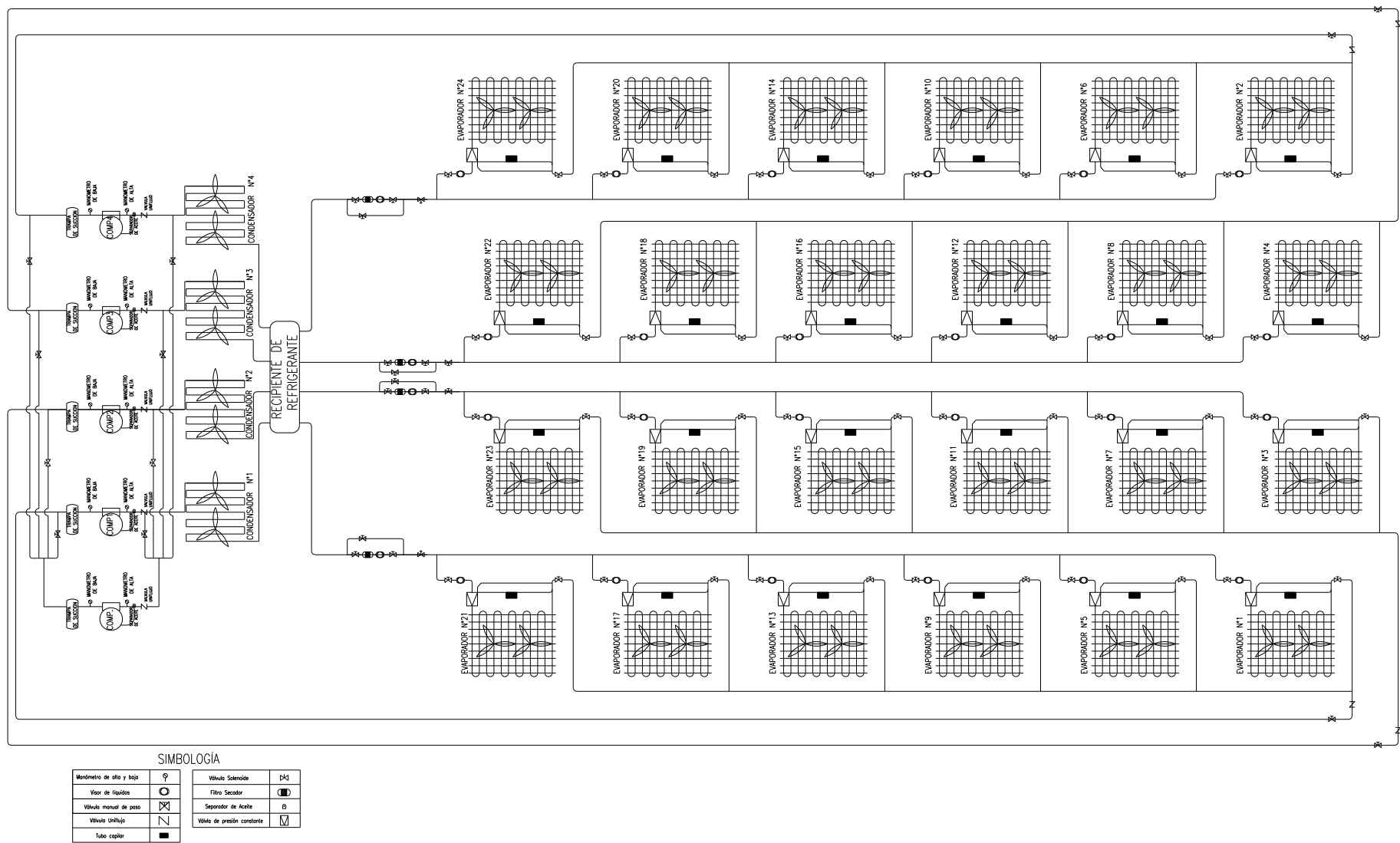
Tabla 3.11 Cargas Térmicas del Sistema

Luego, de la Tabla 2.4 se seleccionó al R-404A como refrigerante primario y refrigerante secundario al Cloruro de Sodio (NaCl) el cual funcionará como salmuera en el sistema, los elementos principales seleccionados fueron:

Selección de Equipos	
Potencia por compresor	HANBELL
240.5	HANBELL LA-830
Potencia por condensador	M&SM
240.5	M 252
Potencia por evaporador	FRIMETAL
40.1	KSC 6248

Tabla 3.12 Equipos seleccionados para el sistema

A continuación, se presenta el esquema de instalación del sistema de refrigeración en el Plano 3.3. El detalle de este subcapítulo se lo encuentra en el Apéndice C



Plano 3.3 Esquema de instalación del Sistema de Refrigeración

3.2.2.2 Justificación de utilización del bulbo

Las dimensiones de bulbo utilizado se presentan en la Tabla 3.13 y el esquema de los parámetros en la Figura 3.3.

Descripción	Valor	Unidades
Área Transversal del bulbo (S_{a20})	10.69	[m ²]
Manga de bulbo (b)	3.96	[m]
Altura de bulbo (H)	2.03	[m]
Protuberancia del bulbo (X)	3.8	[m]
Altura máxima de bulbo (Z)	4.91	[m]

Tabla 3.13 Dimensiones generales del bulbo

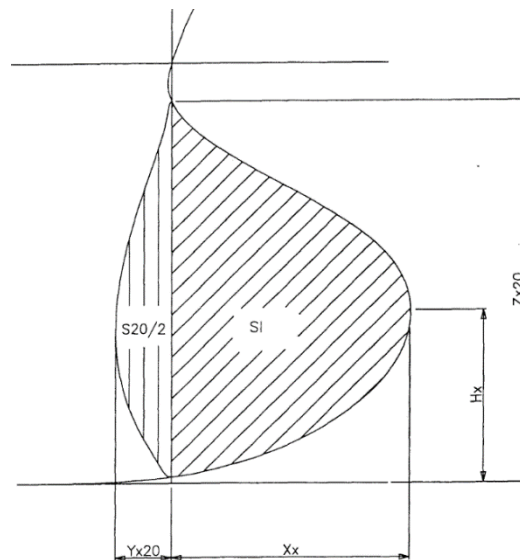


Figura 3.3 Parámetros principales de bulbo de proa

Comparación y ventaja obtenida de los modelos se muestra en la Figura 3.4

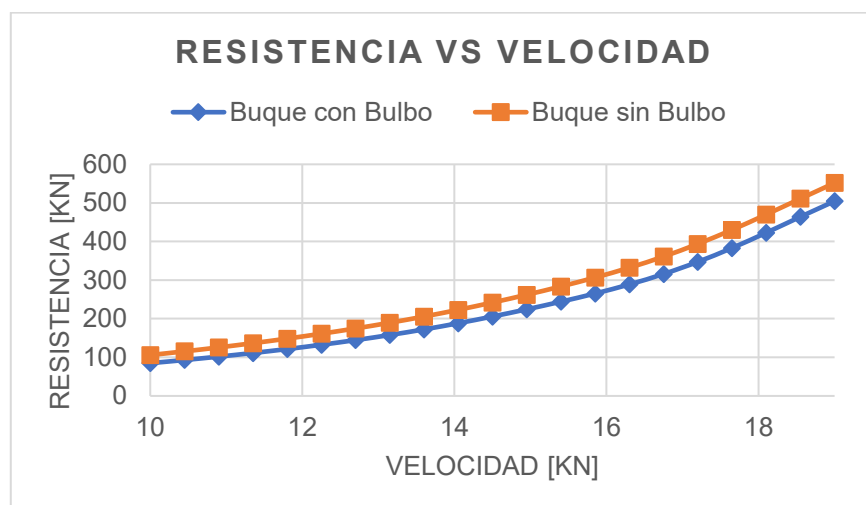


Figura 3.4 Comparación de la resistencia de los modelos

Finalmente se muestran los dos modelos utilizados para los resultados presentados en la Figura 3.5.

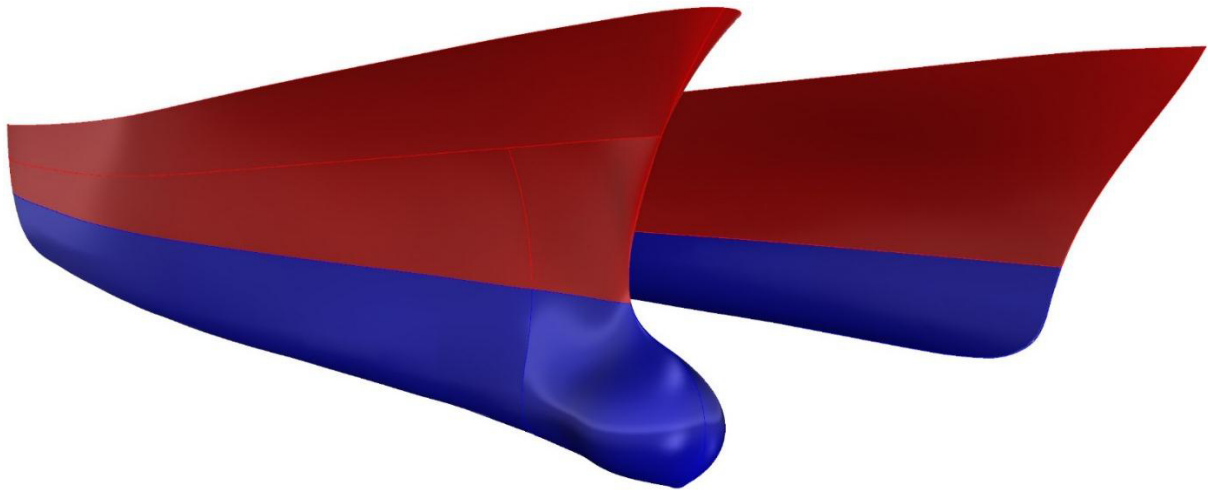


Figura 3.5 Buque atunero con bulbo y sin bulbo

3.2.2.3 No utilización de cubas multipropósito

Obteniendo los valores necesarios del combustible para una autonomía de 70 días (ver Tabla 3.14) y la capacidad de carga del buque, siendo ambos requerimientos del armador se pudo obtener lo requerido (ver Tabla 3.15) cumpliendo así con estas condiciones.

	Tiempo [días]	Consumo de Comb [T/día]	Volumen de Comb [Ton]
Salida al Caladero	20	20.34	406.8
Regreso del Caladero	20	18.96	379.2
Pescando	30	10.99	329.7
Total [Ton]			1115.8

Tabla 3.14 Combustible necesario para una autonomía de 70 días

	Requerido	Obtenido
Volumen de comb [Ton]	1115.8	1152.5
Capacidad de Cubas [Ton]	2500	2556.5

Tabla 3.15 Volumen de Tanque y Cubas de la embarcacion

El cálculo, disposición de los tanques y plano de distribución de estos se encuentran en el Apéndice D.

3.2.2.4 Analisis de criterios de estabilidad

Para los cálculos de estabilidad al obtener la mayoría de los pesos de la embarcacion se recalcularon para las condiciones iniciales, y en resumen se obtuvo lo siguiente:

Condición de Carga	Área 0-30 [m-rad]	Área 0-40 [m-rad]	Área 30- 40 [m-rad]	GZ a 30° [m]	Ángulo GZ max [deg]	GM [m]
Salida de puerto: 100% consumible + 10% carga	58.6	112.8	54.2	0.6	41.8	0.5
Salida de caladero 35% consumible + 100% carga	101.1	185.2	84.1	0.9	42.7	0.8
Llegada a puerto 10% consumible + 100% carga	102.1	186.1	84.1	0.9	42.7	0.8
Llegada a puerto 10% consumible + 20% carga	87.7	146.7	59	0.6	41.8	1.1
Requerido	31.5	51.6	17.2	0.2	25.0	0.2

Tabla 3.16 Criterio de estabilidad para varias condiciones de carga

En detalle los valores obtenidos para cada condición de carga se encuentran en el Apéndice E.

3.2.2.5 Renderizado de la embarcacion

El modelo de la embarcacion en su diseño final se lo presenta a continuación:



Figura 3.6 Vista Isométrica-lateral de la embarcacion Atunera



Figura 3.7 Vista Isométrica-frontal de la embarcacion atunera

3.3 Estimación del costo de diseño y construcción del buque

Se presentará el resumen de los valores obtenidos, el cálculo con formulaciones y todo el proceso se lo puede encontrar en el Apéndice F.

3.3.1 Escenario 1: Construcción en astillero Internacional

Los costos obtenidos para cada grupo tecnológico en este escenario se resumen en la siguiente tabla:

Descripción		Valor
G000	Diseño e Ingeniería	\$ 40,680
G100	Casco y Superestructura	\$ 11,325,218
G200	Sistema de Propulsión	\$ 2,521,416
G300	Planta Eléctrica	\$ 1,536,904
G400	Control y Monitoreo	\$ 513,000
G500	Sistemas Auxiliares	\$ 2,562,551
G600	Habitabilidad y Equipamiento	\$ 2,178,650
G900	Maniobra	\$ 620,352.56
	COSTO TOTAL	\$ 21,298,771
	UTILIDAD 20%	\$ 4,259,754
	PRECIO DE VENTA	\$ 25,558,525

Tabla 3.17 Estimación de Costos del Escenario 1

3.3.2 Escenario 2: Construcción en astillero nacional con total aprovisionamiento

Los costos obtenidos en este escenario se resumen en la siguiente tabla:

Descripción		Valor
G000	Diseño e Ingeniería	\$ 40,680
G100	Casco y Superestructura	\$ 10,269,018
G200	Sistema de Propulsión	\$ 2,162,298
G300	Planta Eléctrica	\$ 970,095
G400	Control y Monitoreo	\$ 477,000
G500	Sistemas Auxiliares	\$ 2,319,485
G600	Habitabilidad y Equipamiento	\$ 1,473,528
G900	Maniobra	\$ 531,363.09
	COSTO TOTAL	\$ 18,243,466
	UTILIDAD 20%	\$ 3,648,693
	PRECIO DE VENTA	\$ 21,892,159

Tabla 3.18 Estimación de Costos del Escenario 2

Se puede observar que para el segundo escenario el costo de venta y el Grupo 100, el cual se lo calculo al detalle para el material y la mano de obra son menores, esto es debido a que el costo de la mano de obra nacional es cercano a la mitad del valor que se utiliza en España.

CAPÍTULO 4

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este proyecto se lo ha podido desarrollar siguiendo la metodología de los grupos tecnológicos y utilizando la espiral de diseño, obteniendo el diseño final de la embarcación atunera de 2500 Ton de capacidad de carga satisfaciendo los requerimientos establecidos por el armador previamente.

Durante las tres etapas del diseño, se han alcanzado las metas establecidas, pudiendo las mismas ser realizadas con un mayor alcance en trabajos futuros, ya sea en su diseño conceptual y preliminar o específicamente en la parte del diseño de detalle, lo que implicaría más tiempo de trabajo o la inclusión de otro integrante más al desarrollo del proyecto.

Los resultados obtenidos han sido comparados con embarcaciones similares y/o mediante comprobaciones de software de Ingeniería Naval, también han sido revisados periódicamente por el tutor del proyecto. La principal diferencia con los diseños de embarcaciones realizados como proyectos de graduación anteriores es que actualmente se ha incluido la comunicación directa con un armador, quien ha propuesto el proyecto y la necesidad del diseño, es decir desde sus requerimientos, desarrollo y posteriormente revisiones se ha manejado un interés real por el armador.

Conclusiones

1. Se ha desarrollado el diseño conceptual y preliminar de la embarcación atunera al cerco cumpliendo los requerimientos del armador a través de la utilización de formulaciones, cálculos, reglas de sociedades de clasificación y regulaciones pertinentes, validación por software de Ingeniería Naval obteniendo los cuadernos y planos necesarios para demostrar la validez del diseño.
2. Se implementó el desarrollo de mejoras para el diseño de detalle de la embarcación mediante la recomendación del tutor y un experto en embarcaciones pesqueras, logrando mejorar el diseño y optimizándolo para llegar a obtener el diseño final de la embarcación en cálculos, arreglo, planos y maqueta renderizada.

3. Se elaboro el presupuesto general del costo de diseño y construcción de este proyecto en dos escenarios posibles para cada uno de los grupos tecnológico que influyeron en el diseño de la embarcacion mediante la utilización de formulaciones semi-empíricas, obtención de valores comerciales del acero naval y realizando el presupuesto del proyecto en detalle.

Recomendaciones

1. Definir claramente de manera objetiva y realista el alcance de cada cuaderno en el desarrollo del diseño conceptual y preliminar, de manera que sea factible el cumplimiento de estos.
2. Comprobar o validar los valores obtenidos mediante estimaciones, métodos estadísticos, formulaciones con embarcaciones o trabajos similares para tener confiabilidad del trabajo que se está realizando.
3. Incluir un integrante adicional al proyecto de manera que se pueda aplicar varias mejoras y optimizar al buque en la etapa de detalle, obteniendo un diseño final completo.
4. Mejorar el uso del software de renderizado de la embarcacion, de forma que se obtengan maquetas en 3D comerciales al momento de presentar el diseño definitivo del buque.
5. Empezar la estimación de los costos de construcción y diseño, al finalizar el diseño preliminar debido a los largos periodos experimentados para la obtención de proformas de materiales por cada grupo tecnológico.

BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. Anastacio Solis, «Cámara Nacional de Pesquería,» 9 Febrero 218. [En línea]. Available: <https://camaradepesqueria.com>.
- [2] IATTC, «Inter-American Tropical Tuna Commission,» Enero 2019. [En línea]. Available: <https://www.iattc.org/>.
- [3] M. Lopez Sierio, *Consellería de pesca e asuntos marítimos*, Galicia: Xunta de Galicia, 1977.
- [4] PESCAVERDE, «Guía técnica sobre Artes de Pesca,» FEDEPESCA, Madrid, 2013.
- [5] R. Lee Storch, C. P. Hammon, H. M. Bunch y R. C. Moore, Ship Production, Centreville : Cornell Maritime Press, 1995.
- [6] A. W. Horsmon y S. B. Clapham, «Standar Database Maintnance Phase II,» The University of Michigan, Michigan, 1997.
- [7] International Maritime Organization, «IMO,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.imo.org>.
- [8] Internrtional Associaton of Classification Societes, «IACS,» 2018. [En línea]. Available: www.iacs.org.uk.
- [9] S. Cedeño Ventura, «Diseño conceptual y preliminar de un Buque Atunero de 2500 TON en capacidad de cubas para la industria Ecuatoriana,» ESPOL, Guayaquil, 2018.
- [10] R. Alvariño Castro, J. J. Azpiroz Azpiroz y M. M. Fernandez, El Proyecto Basico del Buque Mercante, Madrid: Fondo Editorial de Ingenieria Naval , 1997.
- [11] P. Fernández Díez, Notas de clase de Refrigeración y Calefacción, Santander, 2008.
- [12] F. O. Junco, Proyecto de buques y artefactos, La Coruña: Universidad de Coruña, 2003.

APÉNDICES

APÉNDICE A

Maniobrabilidad

Dimensionamiento del Timón

- Superficie del timón

Para obtener el área del timón Dr. Antonio Baquero recomienda entre el 1.1 y el 2.9% del área de deriva, se utilizó el valor medio y el Área de deriva del buque obtenida por software de Ingeniería Naval es de 699.54 [m²]:

$$A_t = \%rel * A_{deriva} [m^2]$$

- Contorno del timón

Es de forma trapezoidal, típico de estos buques. A continuación, el cálculo de las distintas dimensiones de la pala.

Altura (h)

Está condicionada por la altura del codaste y por el tamaño de la Hélice, el cual es de 3.77 [m] se aplicó la formulación de Lloyd's Register:

$$h = 1.15 * \text{Diametro de Hélice} [m]$$

Cuerda (c)

Este valor se lo obtiene de la siguiente formulación geométrica:

$$c = \frac{A_t}{h} [m]$$

Relación de compensación

Es el área de la pala hacia popa de la mecha del timón en relación con el área hacia proa. Para buques de C_b de 0.6 se recomienda un valor de compensación de 25%, es decir:

$$\text{Compensacion: } \frac{A_{pr}}{A_t}$$

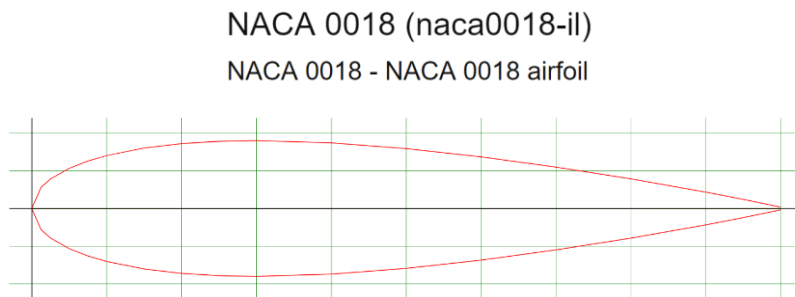
$$A_{pr}: \text{compensacion} * A_t$$

Por su forma trapezoidal, se puede obtener un valor de longitud media utilizando:

$$l_{comp}: \frac{A_{pr}}{h} [m]$$

- Definición del Perfil

Siguiendo proyectos anteriores y sus recomendaciones, sobre la importancia de elegir un perfil, se utilizó el perfil NACA 0018 donde se cumple la relación t/c=0.18. Se caracteriza por tener el máximo espesor al 70% de la cuerda tomando como origen el borde de salida.



X	Y
1	0.002
0.9	0.022
0.8	0.039
0.7	0.055
0.6	0.068
0.5	0.079
0.4	0.087
0.3	0.090
0.2	0.086
0.1	0.070
0	0.000

Finalmente, en resumen, se tiene la siguiente tabla de resultados:

CARACTERÍSTICA DEL TIMÓN		
Área de timón		
Valor Referencial	1.5%-2.5% LPPxT	
Área de deriva	699.54	[m2]
Atimon	15.39	[m2]
Altura		
Disponibilidad	5.24	
Diámetro Hélice	3.77	[m]
Altura	4.34	[m]
Cuerda		
At/h	3.55	[m]
Compensación λ		
Valor Referencial	0.25-0.255	
Apr	3.85	[m]
longitud media		
Apr/h	0.89	[m]
Mecha del Timón		
DM Atrás	450	[mm]

Ilustración 1 Resultados de las características del timón obtenidas

Capacidades de Maniobra

Las cualidades de maniobrabilidad del buque suelen medir por las tres características siguientes:

- Facilidad de Evolución (turning ability)

Mediante las siguientes formulaciones para embarcaciones entre 50 y 330 [m] se puede calcular los parámetros necesarios para medir esta maniobra, todas son para buque de dos hélices.

Diámetro de Giro (DG – turning diameter)

$$DG = LPP \left[0.727 - \frac{197CB}{DEL R} + \frac{4.65B}{LPP} + \frac{41TRI}{LPP} + \frac{188}{DEL R} - \frac{218AR}{(LPP * T)(NTI - 1)} + \frac{1.77V}{\sqrt{LPP}} + \frac{25.66AB}{(LPP * T)} \right]$$

Donde:

DELR: Angulo del timón [°]

TRI: trimado del buque [m]

V: velocidad del buque [kn]

AR: área lateral proyectada de cada timón [m²]

AB: área proyectada del perfil del bulbo de proa sobre crujía [m²]

NTI: número de timones

Diámetro táctico o de evolución (DT - tactical diameter)

$$DT = LPP(0.14 + \frac{DG}{LPP})$$

IMO requiere que el diámetro de evolución no exceda de 5 veces la eslora entre perpendiculares.

Avance (advance)

$$ADVC = LPP(\frac{0.514DT}{LPP} + 1.10)$$

IMO requiere que el avance no exceda de 4.5 veces la eslora

Caída o transferencia

$$TRANS: LPP(0. \frac{531DT}{LPP} - 0.357)$$

Todos estos cálculos se los encuentra resumido en la siguiente tabla:

FACILIDAD DE EVOLUCIÓN	
Diámetro de giro	DG
CB	0.59
DELR [°]	35
B [m]	16.87
LPP [m]	100.88
TRI [m]	0
AR [m ²]	15.39
T [m]	6.84
NTI	2
V [kn]	18
AB [m ²]	19.15
2.58	LPP
DG	259.99
Diámetro táctico o de evolución	DT
2.72	LPP
DT	274.11
Avance	ADVC
2.50	LPP
ADVC	251.86
Transferencia o Caída	TRANS
1.09	LPP

TRANS	109.54
-------	--------

Ilustración 2 Resumen de los cálculos para la capacidad de evolución

Luego mediante ABS, se obtiene el siguiente rating en función del DT

RATING OF TURNING ABILITY			
4.25	DT	5	RTD=1
3.62	DT	4.25	RTD=2
2.78	DT	3.62	RTD=3
2.15	2.75	2.78	RTD=4
2.15	DT		RTD=5

Ilustración 3 Rating para la capacidad de evolución

- Facilidad de parada

La distancia recorrida RH (Todo atrás – Crash Stop) se la estima hallando el factor PP mediante:

$$PP = 0.305V^3 * \frac{DISW}{(PBA * DP)}$$

Siendo:

PBA: Máximo potencia dando atrás de un motor diesel, que oscila normalmente entre el 35-40% de la máxima potencia marcha adelante.

DP: diámetro propulsor

Luego se aplica la siguiente formulación:

$$RH: 0.305 \exp(0.773 - 5 * 10^{-5} PP + 0.617 \ln(PP) * DISW^{\frac{1}{3}}$$

IMO requiere que la distancia RH no exceda de 15 veces la eslora LPP

Todos estos cálculos se los encuentra resumido en la siguiente tabla:

Facilidad de Parada (Stopping ability)	
PBA [BHP]	4126
Desplazamiento [Ton]	7005
Dpropulsor [m]	3.77
PP [kW]	801.04
RH [m]	751.58
7.45	LPP

Ilustración 4 Resumen de cálculos para la capacidad de parada

Luego mediante ABS, se obtiene el siguiente rating en función del RH

RATING OF TURNING ABILITY			
20.72	7.45		RTs=1
16.84	7.45	19.40	RTs=2
9.06	7.45	16.84	RTs=3
5.17	7.45	9.06	RTs=4

Ilustración 5 Rating para la capacidad de parada

APÉNDICE B

Amarre y Fondeo

- Numeral de equipo

Previo a la selección de los equipos principales se obtuvo el calculo de numeral de equipo mediante la siguiente formula:

$$EN = K\Delta^{\frac{2}{3}} + mbBh + nA$$

Donde:

h: suma de las alturas de las estructuras de la embarcacion [m]

A: área de perfil [m²]

Obteniendo lo siguiente:

Numeral de Equipo	
K	1
m	2
n	0.1
B [m]	16.67
Δ [Ton]	6990
h	12.61
A [m ²]	901.94
EN	876.19

Ilustración 6 Obtención del Numeral de equipo de le embarcacion

- Selección de elementos del sistema

Requerimientos mínimos del sistema

Para obtener las características principales del ancla se utilizó la siguiente recomendación:

SI, MKS Units							
Equipment Numeral	Equipment Number*	Stockless Bower Anchors		Chain Cable Stud Link Bower Chain			
		Number	Mass per Anchor, kg	Length, m	Normal- Strength Steel (Grade 1), mm	High- Strength Steel (Grade 2), mm	Extra High- Strength Steel (Grade 3), mm
U6	150	2	480	275	22	19	
U7	175	2	570	302.5	24	20.5	
U8	205	3	660	302.5	26	22	20.5
U9	240	3	780	330	28	24	22
U10	280	3	900	357.5	30	26	24
U11	320	3	1020	357.5	32	28	24
U12	360	3	1140	385	34	30	26
U13	400	3	1290	385	36	32	28
U14	450	3	1440	412.5	38	34	30
U15	500	3	1590	412.5	40	34	30
U16	550	3	1740	440	42	36	32
U17	600	3	1920	440	44	38	34
U18	660	3	2100	440	46	40	36
U19	720	3	2280	467.5	48	42	36
U20	780	3	2460	467.5	50	44	38
U21	840	3	2640	467.5	52	46	40
U22	910	3	2850	495	54	48	42
U23	980	3	3060	495	56	50	44
U24	1060	3	3300	495	58	50	46
U25	1140	3	3540	522.5	60	52	46

Ilustración 7 Características del ancla requerida

De igual manera se realizo con el Towline and Hawser

SI & MKS Units		Towline Wire or Rope			Hawsers			
Equipment Numeral	Equipment Number*	Length, m	Breaking Strength,		Number	Length of Each, m	Breaking Strength,	
			kN	kgf			kN	kgf
U6	150	180	98.0	10000	3	120	54.0	5500
U7	175	180	112.0	11400	3	120	59.0	6000
U8	205	180	129.0	13200	4	120	64.0	6500
U9	240	180	150.0	15300	4	120	69.0	7000
U10	280	180	174.0	17700	4	140	74.0	7500
U11	320	180	207.0	21100	4	140	78.0	8000
U12	360	180	224.0	22800	4	140	88.0	9000
U13	400	180	250.0	25500	4	140	98.0	10000
U14	450	180	277.0	28200	4	140	108.0	11000
U15	500	190	306.0	31200	4	160	123.0	12500
U16	550	190	338.0	34500	4	160	132.0	13500
U17	600	190	370.0	37800	4	160	147.0	15000
U18	660	190	406.0	41400	4	160	157.0	16000
U19	720	190	441.0	45000	4	170	172.0	17500
U20	780	190	479.0	48900	4	170	186.0	19000
U21	840	190	518.0	52800	4	170	201.0	20500
U22	910	190	559.0	57000	4	170	216.0	22000
U23	980	200	603.0	61500	4	180	230.0	23500
U24	1060	200	647.0	66000	4	180	250.0	25500
U25	1140	200	691.0	70500	4	180	270.0	27500

Ilustración 8 Características del towline and Hawsers requeridos

Selección de elementos

Una vez definido los requerimientos mínimos para el sistema de amarre y fondeo se obtuvieron los siguientes elementos de sistema, además de la tabla de resumen presentada al final.

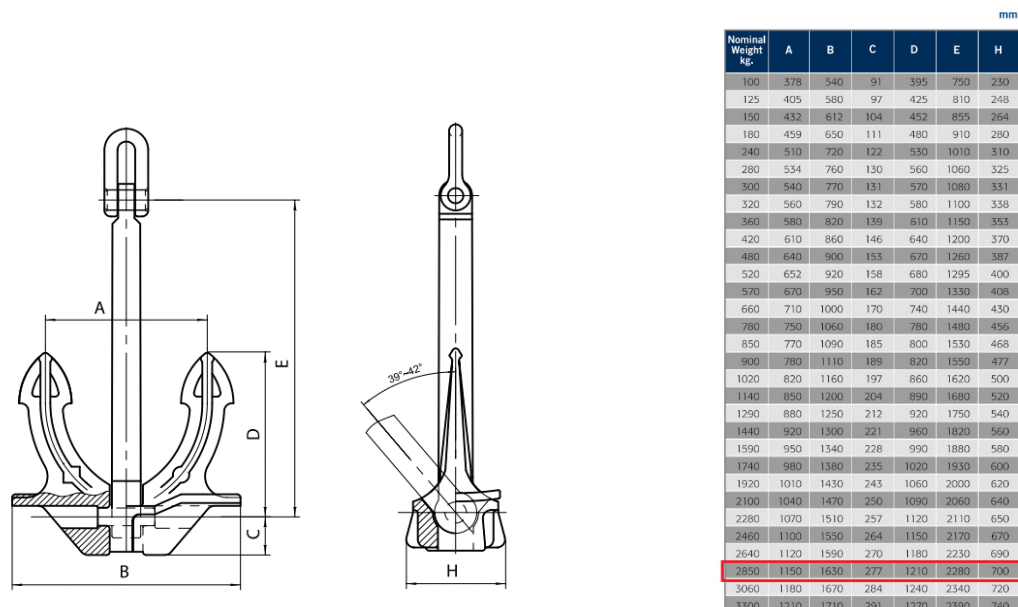
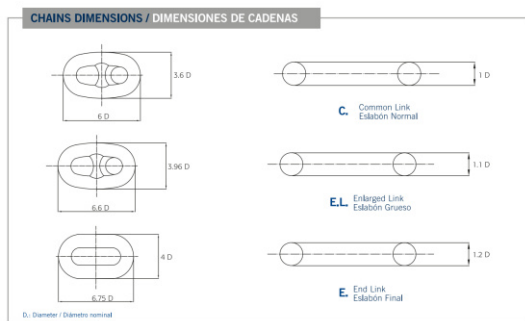
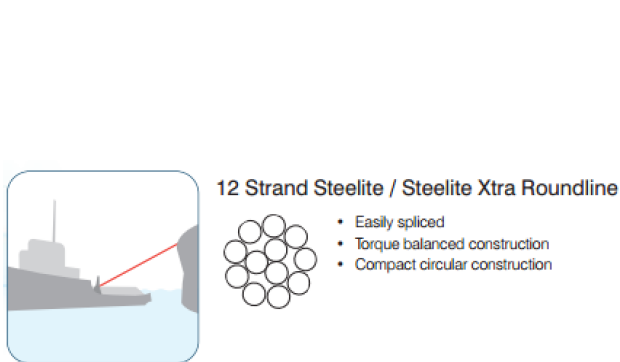


Ilustración 9 Selección del Ancla del buque



Chain Diameter (mm)	Stud Link Chain kg/22.5 m	Common Link	Enlarged Link	End Link	Kenter Shackle	Joining Shackle	End Shackle	Swivel	Anchor Swivel Shackle A SW A (a)	Anchor Swivel Shackle A SW A (b)
14	128	0.26	0.39	0.32	0.6	0.67	1.50	1.05	-	-
16	190	0.35	0.49	0.57	0.65	0.95	1.52	1.34	-	-
17.5	197	0.50	0.66	0.67	0.88	1.34	2.05	1.73	-	-
19	236	0.66	0.85	1.06	1.13	1.84	2.41	2.17	-	-
20.5	268	0.80	1.02	1.06	1.36	2.2	3.25	2.2	-	-
22	324	1.04	1.30	1.58	1.64	2.66	3.95	3.5	175	76
24	370	1.30	1.65	1.84	2.13	3.4	5.12	4.53	175	9.9
26	431	1.64	2.03	2.74	2.58	4.5	6.70	5.79	376	12.5
28	496	2.04	2.48	3.23	3.3	5.19	8.10	7.25	376	15.7
30	563	2.48	3.58	3.74	4.15	6.32	10	9	91	19.4
32	635	2.98	4.45	4.74	5.06	8.24	11.77	10.03	91	23.4
34	712	3.54	5.21	5.54	6.01	9.86	14.2	12.25	107	28
36	800	4.23	5.99	6.95	6.89	11.31	16.55	14.96	107	33.4
38	899	4.96	6.15	7.66	8.4	13.45	19.55	17.44	107	39.4
40	1033	6.04	8.01	8.2	9.63	15.5	22.8	20.25	115	46
42	1084	6.65	9.04	9.92	11	18.1	26	25.4	115	53
44	1197	7.73	10.25	11.42	12.45	20.25	29.71	26.6	139	61
46	1310	8.80	11.54	13.92	14.1	23.33	34.3	30.67	139	70
48	1438	10.06	14.44	15.67	16.7	27.5	38	35.0	139	79
50	1575	11.54	16.66	18.23	18.6	31.6	42.6	38.6	164	86
52	1661	12.68	17.85	18.97	20.3	34.0	50.9	49.5	264	101

Ilustración 10 Selección de la cadena del ancla



12 Strand Steelite / Steelite Xtra Roundline

Nominal diameter		Rope circumference		Nominal mass		Steelite			Steelite Xtra		
						Minimum breaking force (F min)			Minimum breaking force (F min)		
mm	ins	mm	ins	kg/m	lb/ft	kN	Tonnes	Tons (2000lb)	kN	Tonnes	Tons (2000lb)
12	1/2	38	1 1/2	0.08	0.06	137	14.0	15.4	162	16.5	18.2
14	9/16	44	1 3/4	0.10	0.07	169	17.2	19.0	196	20.2	22.3
16	5/8	50	2	0.12	0.08	199	20.3	22.4	234	23.9	26.3
18	3/4	57	2 1/4	0.17	0.11	244	24.9	27.4	311	31.7	34.9
20	13/16	63	2 1/2	0.21	0.14	331	33.7	37.1	389	39.7	43.7
22	7/8	69	2 3/4	0.26	0.17	393	40.1	44.2	462	47.1	51.9
24	1	75	3	0.27	0.18	417	42.5	46.8	491	50.0	55.1
28	1 1/8	88	3 1/2	0.38	0.25	566	57.7	63.6	666	67.9	74.8
32	1 1/4	101	4	0.50	0.34	740	75.4	83.1	870	88.7	97.7
36	1 1/2	113	4 1/2	0.63	0.42	903	92.0	101	1059	108	119
40	1 5/8	126	5	0.75	0.50	1059	108	119	1256	128	141
44	1 7/8	138	5 1/2	0.87	0.59	1246	127	140	1432	146	161
48	2	151	6	1.04	0.70	1442	147	162	1658	169	186
52	2 1/8	163	6 1/2	1.16	0.78	1609	164	181	1854	189	208
56	2 1/4	176	7	1.42	0.95	1893	193	213	2178	222	245
60	2 1/2	188	7 1/2	1.58	1.06	2060	210	231	2374	242	267
64	2 5/8	201	8	1.74	1.17	2325	237	261	2678	273	301
68	2 3/4	214	8 1/2	1.99	1.34	2570	262	289	2953	301	332
72	3	226	9	2.24	1.51	2914	297	327	3355	342	377
76	3 1/8	239	9 1/2	2.49	1.67	3237	330	364	3728	380	419
80	3 1/4	251	10	2.74	1.84	3541	361	398	4071	415	457

Ilustración 11 Selección del Townline

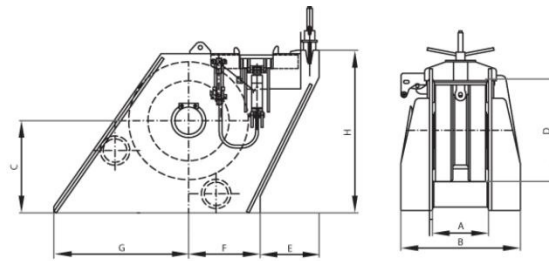
Applications

- Mooring
- General purpose applications
- Messenger lines



Size		Weight 220m Coil Kilos	Breaking Load Tonnes	Breaking Load kN
CIRC Inches	DIA mm			
5	40	157.96	27.40	268.79
5.5	44	193.82	34.00	333.54
6	48	228.8	39.60	388.47
6.5	52	267.96	45.80	449.29
7	56	311.96	52.40	514.04
7.5	60	358.82	60.00	588.60
8	64	407.0	67.90	666.09
8.5	68	460.9	76.70	752.42
9	72	515.02	85.20	835.81
10	80	638.0	105.00	1030.05
11	88	770.22	126.00	1236.06
12	96	916.96	149.00	1461.69

Ilustración 12 Selección del Mooring line



[Go back to our chain products.](#)

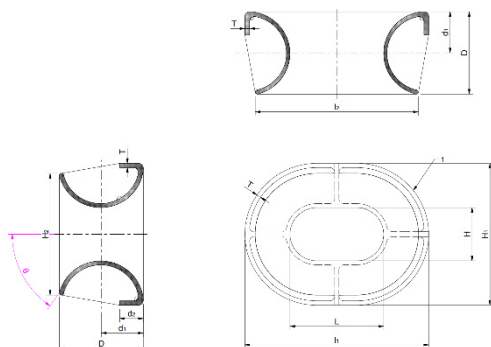
Type	Chain diam.	Weight	A	B	C	D	E	F	G	H
SMP 1	20 - 26	125	160	350	220	270	200	200	400	500
SMP 2	28 - 34	200	200	450	275	350	230	250	450	550
SMP 3	36 - 44	320	250	560	230	440	250	20	520	600
SMP 4	46 - 52	640	300	640	425	520	270	325	650	750
SMP 5	54 - 58	940	330	740	515	620	320	380	800	900
SMP 6	60 - 64	1060	350	780	565	670	340	400	900	950
SMP 7	66 - 73	1350	410	900	610	750	380	480	950	1100
SMP 8	76 - 84	1770	470	1000	680	870	430	520	980	1200
SMP 9	85 - 95	2520	530	1180	780	1000	520	610	1100	1350
SMP 10	96 - 105	3100	575	1230	830	1100	550	650	1250	1450
SMP 11	107 - 114	4200	640	1400	930	1250	620	720	1400	1630
SMP 12	117 - 124	5100	680	1450	1000	1360	720	780	1500	1750
SMP 13	127 - 132	5600	700	1500	1100	1450	730	820	1650	1920

Ilustración 13 Selección del Chain Stopper

INCHES METRIC

MODEL NO.	PART NO.	SIZE	A	B	ØC	D	E	F	G	ØH	I	WT (KG)
DF-491	88362	305	1024	457	305	32	638	127	648	381	76	449
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
DF-498	21104	356	1076	533	356	38	1018	140	798	445	89	807
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	
DF-499	21168	406	1930	610	406	44	1168	183	864	505	102	1134
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	

Ilustración 14 Selección de Bitas



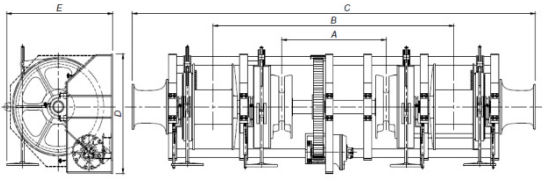
Nominal size L x H x D	l ₁	l ₂	H ₁	H ₂	d1	d2	T	Welding leg length ^a	SWL ^b				Wire rope diameter ^c (recommended)	Calculated weight ^d (kg)
									1	2	(H)	(T)		
250x200x214	516	441	466	306	108	80	12	44"	6	5	226	23	18	49
300x250x286	638	554	588	410	144	100	16	44"	8	6.5	422	43	24	100
350x250x333	736	646	636	449	168	120	18	55"	9	7	549	50	28	141
400x250x381	834	736	684	450	192	120	20	47"	10	8	687	70	32	184
450x250x381	884	786	684	450	192	120	20	47"	10	8	706	72	32	194
500x250x381	934	836	684	450	192	120	20	47"	10	8	765	78	32	202
400x250x428	882	778	732	515	216	120	22	56"	10	9	883	90	36	264
450x250x428	932	828	732	515	216	120	22	56"	10	9	912	93	36	276
500x250x428	982	878	732	515	216	120	22	56"	10	9	932	95	36	288
500x400x428	982	878	882	665	216	120	22	56"	10	9	893	91	36	311
500x400x525A	1078	976	828	551	264	120	24	53"	10	9.5	1148	117	44	379
500x400x525A	1078	978	978	701	264	120	24	53"	10	9.5	1158	118	44	408
500x250x528	1078	976	828	554	264	120	26	53"	10	10.5	1413	141	44	405
500x400x528	1078	978	978	704	264	120	26	53"	10	10.5	1383	144	44	442

^a - The welding method may be the shield metal arc welding or the gas metal arc welding.

^a The welding method may be changed based on the same welding volume/strength

Ilustración 15 Selección del Bulwark chocks

Double Windlass / Double Mooring Winch



Model	Chain Dia. (mm)	Working Load (kN)		Working Speed (mm)	Warping Load (kN)	Warping Speed (mm)	Drum Capacity (0 mm x m)	Motor Power (kW)	Dimensions (mm)					Weight (ton)
		U2	U3						A	B	C	D	E	
MD-WMCH-32GG-DD	32	44	49	9	30	12	40x140	18.5	1500	3460	5180	1450	1400	6.24
MD-WMCH-34GG-DD	34	49	55	9	30	12	40x140	18.5	1500	3460	5180	1450	1400	6.24
MD-WMCH-36GG-DD	36	55	62	9	30	12	40x140	18.5	1500	3460	5180	1450	1400	6.24
MD-WMCH-38GG-DD	38	61	69	9	50	12	50x200	30	1600	3750	5540	1550	1600	7.32
MD-WMCH-40GG-DD	40	68	76	9	50	12	50x200	30	1600	3750	5540	1550	1600	7.32
MD-WMCH-42GG-DD	42	75	84	9	50	12	50x200	30	1600	3750	5540	1550	1600	7.32
MD-WMCH-44GG-DD	44	82	92	9	60	12	50x200	30	1800	4150	6130	1750	1700	9.54
MD-WMCH-46GG-DD	46	90	101	9	60	12	50x200	45	1800	4150	6130	1750	1700	9.54
MD-WMCH-48GG-DD	48	98	109	9	60	12	50x200	65	1800	4150	6130	1750	1700	9.54

Ilustración 16 Selección del Windlass

Características Ancla	
Masa por Ancla [kg]	2749
Numero de Anclas	3
Cadena del Ancla	
Longitud del cable [m]	481.7
Diámetro de cable Grado 2[mm]	47
Towline	
Longitud mínima [m]	190
Esfuerzo de Ruptura [kN]	539
Hawsers	
Numero de Hawsers	4
Longitud mínima [m]	170
Esfuerzo de Ruptura [kN]	209
Longitud de cadena	
Longitud cadena [m]	240.85
Número de piezas de cadenas	9
Caja de Cadena	
Volumen ocupado por la cadena en [m3]	4.36
diámetro de la cadena [mm]	47
Longitud cadena [m]	240.85
Volumen del compartimento [m3]	10.77
Hawser Hole	
D	448.8
diámetro de cadena en mm	47
Chocks	
Towline [KN]	566
Para calculo [KN]	452.8
Windlass	
Peso de ancla [kg]	2850
Peso de cadena (4 tramos) [kg]	5480
eficiencia	2
Velocidad de izado [m/min]	10
Eficiencia mecánica	0.6
Potencia del Windlass [hp]	53.7
Potencia Final [hp]	80.52

Ilustración 17 Resumen de los elementos seleccionado del sistema

APÉNDICE C

Sistema de enfriamiento de cubas

- Espesor del aislante

El valor del espesor del poliuretano, el cual es escogido debido a que su conductividad térmica es menor que otros aislantes y su costo económico es bajo, se lo obtuvo mediante la siguiente formulación:

$$e = y * \left[\left(\frac{\Delta t}{Q} \right) - \left(\frac{1}{h_i} \right) - \left(\frac{1}{h_e} \right) \right] [m]$$

Donde:

Δt = Variación de temperatura [°]

y= conductividad térmica del aislante [W/m°C]

h_i = Coeficiente de transmisión del calor interior [kcal/kg]

h_e = coeficiente de transmisión del calor exterior [kcal/kg]

Obteniendo lo siguiente:

Calculo de Espesor	
Q [W/m2]	6.98
Te [°]	30
Ti [°]	-20
y [W/m°C]	0.023
hi [Kcal/kg]	9.304
he [Kcal/kg]	29.075
e [m]	0.161

Ilustración 18 Obtención del espesor de poliuretano expandido en las cubas

- Calculo de cargas térmicas en la cámara de congelación

Para el cálculo de las cargas térmicas se consideraron varios procesos térmicos que ocurren dentro del proceso, entre ellos:

Debido a pérdidas de calor a través de las superficies

Se consideró mediante la siguiente formulación la pérdida de calor por cada cuba de la embarcación:

$$Q_1 = \sum A_i \cdot U_i \cdot (T_e - T_i)$$

Donde:

A: Superficie de la cuba [m2]

U: Coeficiente de transferencia de calor [W/m2C°]

Finalmente reemplazando, se tiene:

Cuba de congelación N°1 y N°2				
Ubicación	ΔT [C°]	S [m2]	U [W/m2C°]	Q [W]
Techo	50	16.04	0.108	86.59
Babor	50	32.52	0.108	175.60
Estribor	50	32.52	0.108	175.60
Proa	50	21.03	0.108	113.54
Popa	50	21.03	0.108	113.54
Suelo	50	16.04	0.108	86.59
Total				1502.96

Ilustración 19 Flujo de calor debido a la perdida a través de la superficie

De igual manera se realizo el cálculo para todas las cubas de la embarcacion, obteniendo la siguiente tabla de resultados:

Debido a perdidas de calor a través de las superficies	
Cubas	Q [W]
Cuba de congelación N°1 y N°2	1502.96
Cuba de congelación N°3 y N°4	1722.62
Cuba de congelación N°5 y N°6	1897.17
Cuba de congelación N°7 y N°8	2025.89
Cuba de congelación N°9 y N°10	2114.37
Cuba de congelación N°11 y N°12	2170.36
Cuba de congelación N°13 y N°14	2191.35
Cuba de congelación N°15 y N°16	2191.35
Cuba de congelación N°17 y N°18	2191.35
Cuba de congelación N°19 y N°20	2191.35
Cuba de congelación N°21 y N°22	2170.36
Cuba de congelación N°23 y N°24	2170.36
Q Total [kW]	24.54

Ilustración 20 Resumen de las perdidas de calor a través de las superficies de las cubas

Debido a las perdidas por refrigeración y congelación del atún – enfriamiento de salmuera

Al momento de realizarse el proceso físico de congelación, al cambiar el atún de estado y la salmuera mediante las siguientes formulaciones se obtiene las cargas térmicas:

$$Q_{p.enfriamiento} = m \cdot c_{e \text{ frío}} \cdot \Delta T$$

$$Q_{cambio \text{ de estado}} = m \cdot c_{latente}$$

$$Q_{p.sub-enfriamiento} = m \cdot c_{e \text{ congelado}} \cdot \Delta T$$

$$Q_{\text{.}} = m_{salmuera} \cdot c_{salmuera} \cdot \Delta T$$

Donde:

m: masa de atún congelado [Ton/día]

c: calor latente [Kj/Kg°C]

Finalmente se obtiene:

Propiedades Térmicas	
Masa de Atún cong [Ton/día]	140
Ce atun fres [Kj/Kg°C]	3.47
Ce atun cong [Kj/Kg°C]	1.97
Cl de cong [Kj/Kg°C]	230.11
T entrada a cubas [°C]	20
T de cong atun [°C]	-1
T final de cong [°C]	-20

Ilustración 21 Valores utilizados para el calculo de perdidas por refrigeración y congelación del atun – enfriamiento de salmuera

Debido a las perdidas por refrigeración y congelación	
Q por enfriamiento [kW]	118.08
Q por cambio de estado [kW]	372.86
Q por congelación [kW]	60.65
Q Total [kW]	551.59
Debido al enfriamiento de la salmuera	
Q total [kW]	86.50

Ilustración 22 Perdidas obtenidas por refrigeración y congelación del atun – enfriamiento de salmuera

Otras cargas térmicas

En este apartado se consideran el calor perdido debido a la apertura de escotillas, funcionamiento de maquinarias y al descarche del sistema, en si un 10% del resto de cargas obtenidas.

$$Q_{\text{otras}} = \sum Q \cdot 10\%$$

Lo que se obtiene lo siguiente:

Otras Cargas térmicas	
Q total [kW]	66.26

Ilustración 23 Otras cargas térmicas del sistema

Cargas térmicas totales

Finalmente, para las cargas totales del sistema, se suman las obtenidas anteriormente y además se considera una funcionalidad del sistema de 20 horas, también se aplicará un factor del 10% como coeficiente de seguridad, es decir:

$$Q_{total} = \sum q$$

$$Q_e = (Q_{total} \cdot 24 \text{ h} / \text{horas de funcionamiento}) \cdot \text{coef. seg.}$$

Se obtiene:

Cargas térmicas Totales [kW]	
Q resultante [kW]	962.14

Ilustración 24 Carga térmica final del sistema

- Selección de equipos principales de sistema

Al obtener el valor de la carga final del sistema necesaria para su funcionamiento, se procede a la selección de equipos teniendo en cuenta también el parámetro del refrigerante a utilizar siendo el R-404 el escogido, se obtuvieron los siguientes equipos:

Elementos principales

Se utilizarán 4 compresores, 4 condensadores y 24 evaporadores en el sistema:

Selección de Equipos			
Compresor		Valor por compresor [kW]	HANBELL
Qf [kW]	962.14	240.5	HANBELL LA-830
Condensador		Valor por condensador [kW]	M&SM
Qf [kW]	962.14	240.5	M 252
Evaporador		Valor por evaporador [kW]	FRIMETAL
Qf [kW]	962.14	40.1	KSC 6248

Ilustración 25 Resumen de equipos seleccionados

 Compresor semi-hermético tornillo Hanbell LA-830 Hanbell	3/11/2018	Compresor semi-hermético tornillo Hanbell LA-1280 Area Cooling Solutions
	Voltaje	380/420 V 50 hz 3 ph
	Caballos de vapor	392 CV
	Desplazamiento m ³	1276.00 m ³
	Potencia en condiciones Low con refrigerante R404A	259.00 kW
	Potencia en condiciones Low con refrigerante R22	308.00 kW
	Refrigerante	R404A, R22

Ilustración 26 Característica del compresor



MODELO / MODEL	M	168	210	252	315
Potenza / Capacity	kW	168	210	252	315
	Tons (RT)	47,8	59,7	71,6	89,5
Portata / Flow rate	m ³ / h	29,1	36,4	43,6	54,5
DP / Pressure drop	kPa	20,7	21,4	22,3	24,0
Portata Max / Max Flow Rate	m ³ / h	35,2	44,0	52,8	66,1

Ilustración 27 Característica del condensador



MODELO	BATERIA		DESHIELO [kW]		POTENCIA [W] R404A			
	Sup. (m2)	Vol. Int. (dm 3)	Bat.	Band.	Tª Evap. - 5°C		Tª Evap. - 25°C	
					DT 6°		DT 8°	
					TC = +1°C	TC = +3°C	TC = -19°C	TC = -18°C
KSC 688	102	33,9	12,4	1,9	15.910	21.220	12.730	14.850
KSC 888	136	45,2	18,1		21.220	28.290	16.970	19.800
KSC 6168	204	63,8	28,5	3,0	31.820	42.430	25.460	29.700
KSC 8168	272	85,0	37,5		42.430	56.580	33.950	39.600
KSC 6248	306	93,6	41,8	4,4	47.740	63.740	38.190	44.550
KSC 8248	408	124,8	55,0		63.650	84.860	50.920	59.410

Ilustración 28 Característica del Evaporador

APÉNDICE D

Cubas Multipropósito

El primer requerimiento del armador es 2500 Ton en capacidad de cubas. Se estimó el segundo debido a la autonomía de 70 días en capacidad de tanques de diesel, calculando el valor del consumo diario de los elementos principales del buque mediante la siguiente formulación:

$$C = 1,1 * ce(gal/h) * 12(h)$$

Donde:

ce: consumo específico del elemento [gal/h]

obteniendo los siguientes valores:

Elemento	MCR [KW]	Consumo de Comb [gal/h]	Factor de Seguridad	Horas de Trabajo [hs]	Consumo de Combustible [T/día]
Motor Principal 1	3480	198.00	1.1	12	8.32
Motor Principal 2	3480	198.00	1.1	12	8.32
Generador 1	840	41.03	1.1	12	1.72
Generador 2	840	41.03	1.1	12	1.72
Generador 3	840	41.03	1.1	12	1.72

Ilustración 29 Consumo de combustible diario de elementos del buque

Luego especificando tres condiciones de trabajo mediante factores de operación, se obtuvo:

Elemento	Consumo de Comb [T/día]	Salida al Caladero		Regreso del caladero		Pescando	
		Factor de Operación	Consumo de Comb [T/día]	Factor de Operación	Consumo de Comb [T/día]	Factor de Operación	Consumo de Comb [T/día]
Motor Principal 1	8.32	0.85	7.07	0.85	7.07	0.35	2.91
Motor Principal 2	8.32	0.85	7.07	0.85	7.07	0.35	2.91
Generador 1	1.72	0.9	1.55	0.7	1.21	0.75	1.29
Generador 2	1.72	0.9	1.55	0.7	1.21	0.75	1.29
Generador 3	1.72	0.9	1.55	0.7	1.21	0.75	1.29
			20.34			18.96	10.99

Ilustración 30 Consumo de combustible para las condiciones de trabajo en el buque

Y finalmente se obtuvo el valor requerido para una autonomía de 70 días

	Tiempo [días]	Consumo de Comb [T/día]	Volumen de Comb [Ton]
Salida al Caladero	20	20.34	406.8
Regreso del Caladero	20	18.96	379.2
Pescando	30	10.99	329.7
Total [Ton]			1115.8

Ilustración 31 Requerimiento de combustible

Finalmente, la ubicación de los tanques y cubas del buque para cumplir los dos requerimientos previos fueron los siguientes:

Descripción					Centros de Gravedad	
Babor	Capacidad [m3]	Estribor	Capacidad [m]	Cuadernas	LCG [m]	VCG [m]
Cuba Nº 2	91.90	Cuba Nº 1	91.90	124-132	31.36	4.18
Cuba Nº 4	115.89	Cuba Nº 3	115.89	116-124	26.17	4.02
Cuba Nº 6	130.58	Cuba Nº 5	130.58	108-116	20.88	3.88
Cuba Nº 8	144.05	Cuba Nº 7	144.05	100-108	15.64	3.87
Cuba Nº 10	150.80	Cuba Nº 9	150.80	92-100	10.37	3.87
Cuba Nº 12	153.22	Cuba Nº 11	153.22	84-92	5.09	3.87
Cuba Nº 14	153.22	Cuba Nº 13	153.22	76-84	-1.9	3.87
Cuba Nº 16	153.22	Cuba Nº 15	153.22	68-76	-5.47	3.87
Cuba Nº 18	151.77	Cuba Nº 17	151.77	60-68	-10.725	3.87
Cuba Nº 20	153.22	Cuba Nº 19	153.22	52-60	-15.98	3.87
Cuba Nº 22	153.22	Cuba Nº 21	153.22	44-52	-21.26	3.87
Cuba Nº 24	153.22	Cuba Nº 23	153.22	36-44	-26.533	3.87
Total [m3]	1704.31	Total [m3]	1704.31			
	Total [Ton]	2556.5				

Ilustración 32 Ubicación de cubas en el buque

Descripción					Centros de Gravedad	
Babor	Capacidad [m3]	Estribor	Capacidad [m]	Cuadernas	LCG [m]	VCG [m]
Tank DF 01	34.86	Tank DF 02	34.86	124-132	36.87	0,719
Tank DF 03	56.86	Tank DF 04	56.86	116-124	26.41	0,733
Tank DF 05	73.80	Tank DF 06	73.80	108-116	16.06	0,744
Tank DF 07	78.67	Tank DF 08	78.67	100-108	5.56	0,770
Tank DF 09	83.23	Tank DF 10	83.23	92-100	-4.981	0,757
Tank DF 11	83.50	Tank DF 12	83.50	84-92	-15.493	0,755
Tank DF 13	68.85	Tank DF 14	68.85	76-84	-25.757	0,777
Tank DF 15	13.01	Tank DF 16	13.01	68-76	-41.046	3,019
Tank DF 17	44.86	Tank DF 18	44.86	60-68	-47.119	5,435
Tank F 19	17.67	Tank F 20	17.67	52-60	-50.655	6,658
Tank F 21	88.82	Tank F 22	88.82	44-52	34.893	7,016
Tank F 23	33.80	Tank F 24	33.80	36-44	-54.92	8,621
Total [m3]	677.92	Total [m3]	677.92			
	Total [Ton]	1152.5				

Ilustración 33 Ubicación de tanques en el buque

APÉNDICE E

Criterios de Estabilidad

El principal cambio en el recalcu de los criterios de estabilidad fue que se añadieron el detalle de los pesos en el software, es decir se desglosaron los pesos de la siguiente manera.

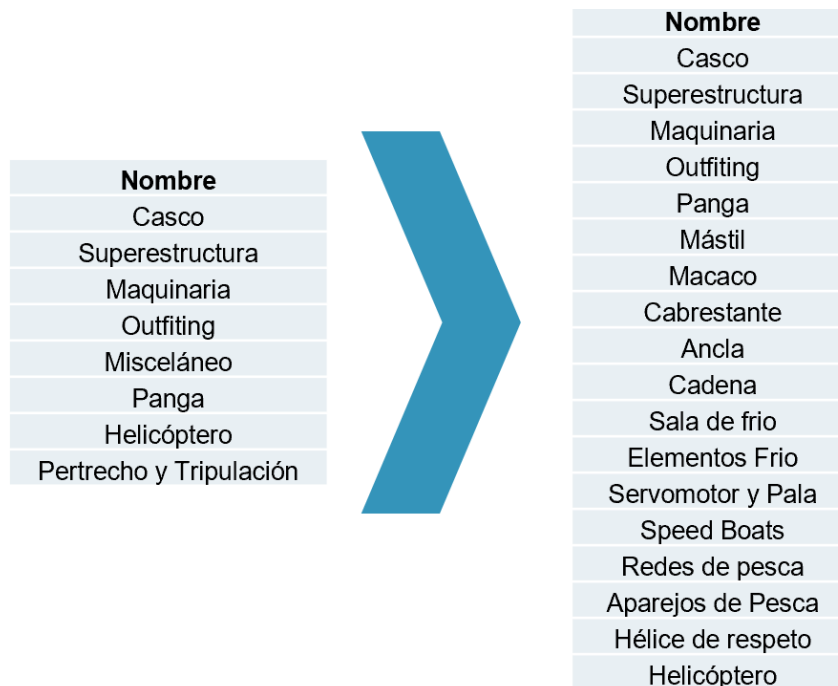


Ilustración 34 desglose de los pesos en la embarcacion

Luego se procedió por cada condición de carga a recalcular, obteniendo resultados por cada una de estas condiciones mostradas a continuación:

- Condición 1: Salida de Puerto 100% consumibles + 10% de carga

Condición de Carga: Salida de Puerto 100% consumibles + 10% de Carga				
Criterio	Buque (Antes)	Buque (Actual)	Exigido	Cumple
Área 0-30 [m-rad]	45.9	58.6	31.5	SI
Área 0-40 [m-rad]	91.2	112.8	51.6	SI
Área 30-40 [m-rad]	45.3	54.2	17.2	SI
GZ a 30° [m]	0.5	0.6	0.2	SI
Ángulo GZ max [deg]	40.9	41.8	25.0	SI
GM [m]	0.4	0.5	0.2	SI

Ilustración 35 Recalcu en condición de carga 1

- Condición 2: Salida de caladero 35% consumible + 100% de carga

Condición de Carga: Salida de caladero 35% consumible + 100% de carga				
Criterio	Buque (Antes)	Buque (Actual)	Exigido	Cumple
Área 0-30 [m-rad]	74.4	101.1	31.5	SI
Área 0-40 [m-rad]	147.8	185.3	51.6	SI
Área 30-40 [m-rad]	73.4	84.2	17.2	SI
GZ a 30° [m]	0.8	0.9	0.2	SI
Ángulo GZ max [deg]	42.7	42.7	25.0	SI
GM [m]	0.7	0.7	0.2	SI

Ilustración 36 Recalculo en condición de carga 2

- Condición 3: Llegada a Puerto 10% consumible + 100% de carga

Condición de Carga: Llegada a Puerto 10% consumible + 100% de carga				
Criterio	Buque (Antes)	Buque (Actual)	Exigido	Cumple
Área 0-30 [m-rad]	75.5	102.1	31.5	SI
Área 0-40 [m-rad]	149.7	186.2	51.6	SI
Área 30-40 [m-rad]	74.2	84.2	17.2	SI
GZ a 30° [m]	0.8	0.9	0.2	SI
Ángulo GZ max [deg]	42.7	42.7	25.0	SI
GM [m]	0.7	0.8	0.2	SI

Ilustración 37 Recalculo en condición de carga 3

- Condición 4: Llegada a Puerto 10% consumible + 20% de carga

Condición de Carga: Llegada a Puerto 10% consumible + 20% de carga				
Criterio	Buque (Antes)	Buque (Actual)	Exigido	Cumple
Área 0-30 [m-rad]	65.5	87.7	31.5	SI
Área 0-40 [m-rad]	146.7	146.7	51.6	SI
Área 30-40 [m-rad]	59.6	59	17.2	SI
GZ a 30° [m]	0.6	0.6	0.2	SI
Ángulo GZ max [deg]	46.7	41.8	25.0	SI
GM [m]	1.1	1	0.2	SI

Ilustración 38 Recalculo en condición de carga 4

APÉNDICE F

Estimación del Costo de Diseño y Construcción

- Escenario 1: Construcción en astillero internacional

Los valores obtenidos por grupos tecnológicos fueron:

Diseño e Ingeniería			
Descripción	Tiempo (H)	Costo (\$/H)	SUBTOTAL (\$)
Horas de Ingeniería para el Diseño	1056	30	\$ 31,680
Materiales y Equipos			\$ 9,000
		TOTAL (\$)	\$ 40,680

Ilustración 39 Presupuesto del Grupo 000

Casco y Superestructura			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Planchas y Perfiles de acero naval	\$ 2,094,633	\$ 9,129,150	\$ 11,223,783
Material Auxiliar de Construcción	\$ 101,435	\$ -	\$ 101,435
TOTAL [\$]	\$ 2,196,068	\$ 9,129,150	\$ 11,325,218

Ilustración 40 Presupuesto del Grupo 100

Sistema de Propulsión			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Motor Propulsor	\$ 1,094,075	\$ 228,430	\$ 1,322,505
Acoplamiento Elásticos	\$ 27,838	\$ -	\$ 27,838
Línea de ejes y chumacera	\$ 42,444	\$ 66,024	\$ 108,468
Bocina y Cierre	\$ 24,092	\$ -	\$ 24,092
Hélice Propulsora	\$ 313,813	\$ 230,566	\$ 544,379
Hélice de Respeto	\$ 156,907	\$ -	\$ 156,907
Eje de cola de Respeto	\$ 14,148	\$ -	\$ 14,148
Bow Thrusters	\$ 166,919	\$ 75,942	\$ 242,861
Servomotor	\$ 52,723	\$ 27,495	\$ 80,219
TOTAL [\$]	\$ 1,892,958	\$ 628,458	\$ 2,521,416

Ilustración 41 Presupuesto del Grupo 200

Planta Eléctrica			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Instalación Eléctrica	\$ 284,989	\$ 974,415	\$ 1,259,404
Generador de Emergencia	\$ 260,000	\$ 17,500	\$ 277,500
TOTAL [\$]	\$ 544,989	\$ 991,915	\$ 1,536,904

Ilustración 42 Presupuesto del Grupo 300

Mando Y Vigilancia			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Equipos de navegación y comunicación	\$ 450,000	\$ 63,000	\$ 513,000
TOTAL [\$]	\$ 450,000	\$ 63,000	\$ 513,000

Ilustración 43 Presupuesto del Grupo 400

Sistemas Auxiliares			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Equipo de fondeo, amarre y remolque	\$ 126,735	\$ 4,280	\$ 131,015
Accesorios de Fondeo y Amarre	\$ 93,953	\$ 13,619	\$ 107,572
Medios C.I en sala de maquina	\$ 12,834	\$ 22,359	\$ 35,193
Tuberías	\$ 178,228	\$ 8,038	\$ 186,265
Equipo de refrigeración y lubricación	\$ 240,516	\$ 153,027	\$ 393,543
Equipo de manejo de combustible	\$ 26,121	\$ 53,645	\$ 79,766
Equipos Auxiliares del casco	\$ 129,724	\$ 66,727	\$ 196,452
Equipos Sanitarios	\$ 43,795	\$ 54,607	\$ 98,402
Maquinillas de pesca y Equipo Hidráulico	\$ 135,000	\$ -	\$ 135,000
Maquinillas auxiliares y accesorios	\$ 650,000	\$ 157,500	\$ 807,500
Panga	\$ 265,000	\$ -	\$ 265,000
Speed Boats	\$ 75,000	\$ -	\$ 75,000
Varios	\$ 18,490	\$ 33,353	\$ 51,844
TOTAL [\$]	\$ 1,995,397	\$ 567,154	\$ 2,562,551

Ilustración 44 Presupuesto del Grupo 500

Habitabilidad			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Habilitación de alojamientos	\$ 542,462	\$ 537,662	\$ 1,080,124
Equipos de Fonda y Hotel	\$ 18,600	\$ 124,775	\$ 143,375
Gambuzas Frigoríficas	\$ 30,573	\$ -	\$ 30,573
Equipos de lavanderías y varios	\$ 8,370	\$ 33,604	\$ 41,974
Calefacción y aire acondicionado	\$ 64,327	\$ 33,604	\$ 97,931
Medios de salvamento	\$ 15,525	\$ 12,128	\$ 27,653
Accesorio de equipo, armamento e instalaciones	\$ 75,347	\$ 408,562	\$ 483,909
Pintura y control de corrosión	\$ 100,937	\$ 80,458	\$ 181,395
Preparación de Superficie	\$ 88,544	\$ 3,172	\$ 91,717
TOTAL [\$]	\$ 944,686	\$ 1,233,964	\$ 2,178,650

Ilustración 45 Presupuesto del Grupo 600

En resumen y con utilidad del 20% se obtuvo:

Resumen del Presupuesto		
G000	DESIGN	\$ 40,680
G100	GROUP 100	\$ 11,325,218
G200	GROUP 200	\$ 2,521,416
G300	GROUP 300	\$ 1,536,904

G400	GROUP 400	\$ 513,000
G500	GROUP 500	\$ 2,562,551
G600	GROUP 600	\$ 2,178,650
G900	PAINT PLAN	\$ 620,353
TOTAL		\$ 21,298,771
UTILIDAD 20%		\$ 4,259,754
PRECIO DE VENTA		\$ 25,558,525

Ilustración 46 Resumen del presupuesto del escenario 1

- Escenario 2: Construcción en astillero local

Utilizando al detalle el calculo del G100 se obtuvo el siguiente listado de material con su valor en el mercado del costo total:

Listado Final de Materiales			
Descripción	Precio [\$/plancha]	Numero de Planchas	Subtotal [\$/]
Plancha Naval 6 mm	\$ 552.63	32	\$ 17,684
Plancha Naval 8 mm	\$ 680.89	177	\$ 120,518
Plancha Naval 9 mm	\$ 771.97	296	\$ 228,503
Plancha Naval 12 mm	\$ 1,021.70	587	\$ 599,736
Plancha Naval 15 mm	\$ 1,277.12	49	\$ 62,579
Plancha Naval 20 mm	\$ 1,721.80	21	\$ 36,158
Plancha Naval 25 mm	\$ 2,171.76	5	\$ 10,859
Plancha Naval 30 mm	\$ 2,624.92	4	\$ 10,500
TOTAL			\$ 1,955,767

Ilustración 47 Costo de materiales de Grupo100

El cálculo de la mano de obra para el proyecto, el cual será construido por bloque en dos turnos durante 18 meses:

ESTIMACION DE COSTO DE HH		
ITEM	\$ ROL	SUBTOTAL
ROL MENSUAL PLANTEL PROD.	\$ 228,335.63	
ROL MENSUAL PLANTEL ADM.	\$ 138,290.63	
TOTAL POR PAGAR EN ROL		\$ 366,626.25
GASTOS ADICIONALES/MES		
SERVICIOS	\$ 2,100.00	
COMUNICACION	\$ 1,800.00	
PAPELERIA	\$ 1,750.00	
HABILITACION	\$ 5,000.00	
TOTAL GASTOS ADI.CIONALES/MES		\$ 10,650.00
TOTAL DE GASTOS GENERALES		\$ 377,276.25
TOTAL DE GASTOS MO PROYECTO		\$ 377,276.25

PRESUPUESTO GENERAL DE CONSTRUCCION				
ITEM	CTD.	\$/TON	VALOR	SUBTOTAL
INSUMOS				\$ 332,480.46
OXIGENO	4%	-	\$ 78,230.70	
SOLDADURA	5%	-	\$ 97,788.37	
FUNGIBLES	8%	-	\$ 156,461.39	
MANO DE OBRA	452200	\$ 13.32	\$ 6,024,170	\$ 6,024,170.15
INSUMOS				\$ 1,956,600.00
EQUIPOS GRANDES	60	\$ 21,600.00	\$ 1,296,000.00	
EQUIPOS MEDIANOS	65	\$ 9,000.00	\$ 585,000.00	
MAQ-HERRAMIENTAS	35	\$ 2,160.00	\$ 75,600.00	
TOTAL PRESUPUESTO				\$ 8,313,250.61

Ilustración 48 Costo de mano de obra del Grupo100

Utilizando la metodología del escenario 1, se obtuvo para todos los grupos su presupuesto:

Diseño e Ingeniería			
Descripción	Tiempo (H)	Costo (\$/H)	SUBTOTAL (\$)
Horas de Ingeniería para el Diseño	1056	30	\$ 31,680
Materiales y Equipos			\$ 9,000
		TOTAL(\$)	\$ 40,680

Ilustración 49 Presupuesto de Grupo 000

Casco y Superestructura			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Planchas y Perfiles de acero naval	\$ 1,955,767	\$ 8,313,251	\$ 10,269,018
TOTAL [\$]	\$ 1,955,767	\$ 8,313,251	\$ 10,269,018

Ilustración 50 Presupuesto de Grupo 100

Sistema de propulsión			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Motor Propulsor	\$ 1,094,075	\$ 97,899	\$ 1,191,974
Acoplamiento Elásticos	\$ 27,838	\$ -	\$ 27,838
Línea de ejes y chumacera	\$ 42,444	\$ 28,296	\$ 70,740
Bocina y Cierre	\$ 24,092	\$ -	\$ 24,092
Hélice Propulsora	\$ 313,813	\$ 98,814	\$ 412,627
Hélice de Respeto	\$ 156,907	\$ -	\$ 156,907
Eje de cola de Respeto	\$ 14,148	\$ -	\$ 14,148
Bow Thrusters	\$ 166,919	\$ 32,547	\$ 199,466
Servomotor	\$ 52,723	\$ 11,784	\$ 64,507
TOTAL [\$]	\$ 1,892,958	\$ 269,339	\$ 2,162,298

Ilustración 51 Presupuesto de Grupo 200

Planta Eléctrica			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Instalación Eléctrica	\$ 284,989	\$ 417,607	\$ 702,595
Generador de Emergencia	\$ 260,000	\$ 7,500	\$ 267,500
TOTAL [\$]	\$ 544,989	\$ 425,107	\$ 970,095

Ilustración 52 Presupuesto de Grupo 300

Mando y Vigilancia			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Equipos de navegación y comunicación	\$ 450,000	\$ 27,000	\$ 477,000
TOTAL [\$]	\$ 450,000	\$ 27,000	\$ 477,000

Ilustración 53 Presupuesto de Grupo 400

Sistemas Auxiliares			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Equipo de fondeo, amarre y remolque	\$ 126,735	\$ 2,446	\$ 129,180
Accesorios de Fondeo y Amarre	\$ 93,953	\$ 7,782	\$ 101,735
Medios C.I en sala de maquina	\$ 12,834	\$ 12,777	\$ 25,610
Tuberías	\$ 178,228	\$ 4,593	\$ 182,820
Equipo de refrigeración y lubricación	\$ 240,516	\$ 87,444	\$ 327,960
Equipo de manejo de combustible	\$ 26,121	\$ 30,654	\$ 56,775
Equipos Auxiliares del casco	\$ 129,724	\$ 38,130	\$ 167,854
Equipos Sanitarios	\$ 43,795	\$ 31,204	\$ 74,999
Maquinillas de pesca y Equipo Hidráulico	\$ 135,000	\$ -	\$ 135,000
Maquinillas auxiliares y accesorios	\$ 650,000	\$ 90,000	\$ 740,000
Panga	\$ 265,000	\$ -	\$ 265,000
Speed Boats	\$ 75,000	\$ -	\$ 75,000
Varios	\$ 18,490	\$ 19,059	\$ 37,549
TOTAL [\$]	\$ 1,995,397	\$ 324,088	\$ 2,319,485

Ilustración 54 Presupuesto de Grupo 500

Habitabilidad			
Descripción	Costo Material [\$]	Costo MO [\$]	Subtotal [\$]
Habilitación de alojamientos	\$ 542,462	\$ 230,426	\$ 772,889
Equipos de Fonda y Hotel	\$ 18,600	\$ 53,475	\$ 72,075
Gambuzas Frigoríficas	\$ 30,573	\$ -	\$ 30,573
Equipos de lavanderías y varios	\$ 8,370	\$ 14,402	\$ 22,772
Calefacción y aire acondicionado	\$ 64,327	\$ 14,402	\$ 78,729
Medios de salvamento	\$ 15,525	\$ 5,198	\$ 20,723
Accesorio de equipo, armamento e instalaciones	\$ 75,347	\$ 175,098	\$ 250,445

Pintura y control de corrosión	\$	100,937	\$	34,482	\$	135,419
Preparación de Superficie	\$	88,544	\$	1,360	\$	89,904
TOTAL [\$]	\$	944,686	\$	528,842	\$	1,473,528

Ilustración 55 Presupuesto de Grupo 600

En resumen y con utilidad del 20% se obtuvo:

Resumen del Presupuesto		
G000	DESIGN	\$ 40,680
G100	GROUP 100	\$ 10,269,018
G200	GROUP 200	\$ 2,162,298
G300	GROUP 300	\$ 970,095
G400	GROUP 400	\$ 477,000
G500	GROUP 500	\$ 2,319,485
G600	GROUP 600	\$ 1,473,528
G900	PAINT PLAN	\$ 531,363
	TOTAL	\$ 18,243,466
	UTILIDAD 20%	\$ 3,648,693
	PRECIO DE VENTA	\$ 21,892,159

Ilustración 56 Resumen del presupuesto del escenario 2