



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y

Recursos Naturales.

“DISEÑO PRELIMINAR DE UNA LANCHAS GUARDACOSTAS PARA LA ARMADA DEL ECUADOR”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERÍA NAVAL

Presentado por:

Lilia Karina Cedeño Méndez

Guayaquil – Ecuador

2015



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y

Recursos Naturales.

“DISEÑO PRELIMINAR DE UNA LANCHA GUARDACOSTAS PARA LA ARMADA DEL ECUADOR”

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERÍA NAVAL

Presentado por:

Lilia Karina Cedeño Méndez

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por prestarme un día más de vida para poder concluir con éxito, el inicio de una nueva etapa profesional. A mis profesores por el conocimiento y lecciones cedidas, especialmente al Ing. Mariscal que a lo largo de este trabajo me ha entregado mucho de su experiencia al igual que su paciencia, al Ing. Chanabá por su apoyo incondicional en el transcurso de la carrera y al Dr. Marín por enseñarme que se debe tener seguridad en cada trabajo que se realiza.

A mi familia por su infinito amor, a todos mis amigos que día a día me han ayudado para poder cumplir con esta meta.

Al Capitán Vladimir Ibarra e Ing. Roberto Fraga por darme su confianza y permitirme ganar experiencia en ASTINAVE EP mientras la complementaba con las aulas de clases.

A todos infinitamente, gracias.

Lilia K. Cedeño M.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios.

A mis padres Floro y Petra, por darme su amor, apoyo y fortaleza en mis buenos y malos momentos, a mis hermanos Ruth y Raúl por escucharme y tenerme fe de que puedo cumplir con éxito mis metas; a mis angelitos Mathew, Owen y Paulina por enseñarme amar de una forma diferente y darme muchas razones para no dejar de insistir en lo que parece imposible, finalmente a Stefano por estar a mi lado con su apoyo y paciencia.

Lilia K. Cedeño M.

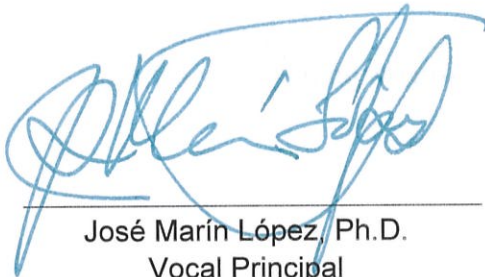
TRIBUNAL DE GRADO



Alejandro Chanabá Ruiz, Ms.C.
Presidente del Tribunal



Cristóbal Mariscal Díaz, Ms.C.
Director de Tesis



José Marín López, Ph.D.
Vocal Principal

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado corresponde exclusivamente a sus autores, y el patrimonio intelectual de la misma a la “Escuela Superior Politécnica del Litoral”.



Lilia Karina Cedeño Méndez

RESUMEN

El propósito de la presente tesis es diseñar de forma preliminar una embarcación que ayude a las maniobras de patrullajes, capturas y rescates en el mar territorial ecuatoriano.

El primer capítulo se desarrolla entorno a los requerimientos básicos del armador que reflejan el tipo de embarcación deseada, además de los rangos establecidos tales como la eslora, desplazamiento, velocidad de 27 nudos y autonomía por 3 días en la mar. Para la selección final de las dimensiones se emplearon embarcaciones que se encuentren dentro del rango proporcionado por el armador y mediante regresión lineal se encuentran las dimensiones básicas requeridas.

En el segundo capítulo se presenta el diseño de la embarcación de forma preliminar con sus respectivas líneas de formas, curvas hidrostáticas, cumplimiento de las permeabilidades recomendadas por SOLAS para diferentes áreas, en resistencia y propulsión se emplea el programa computacional Maxsurf módulo Stability que trabaja de manera interna con el método de Savitsky junto con un rendimiento propulsivo estimado y finalmente para el cálculo de la cuaderna maestra se emplean las reglas para construcción y clasificación de la casa Clasificadora American Bureau Of Shipping: High Speed Craft 2015 para aluminio.

En el tercer capítulo se estima de forma preliminar el costo de construir la embarcación con mano de obra ecuatoriana y considerando que se tienen todos los equipos disponibles en stock representando aproximadamente un costo de \$2'476,968.04.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN.....	VI
ÍNDICE GENERAL.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	X
ÍNDICE	DE
TABLAS.....	XII
ÍNDICE	DE
ANEXOS.....	XIV

CAPITULO I.....	4
1.1. Requerimientos de una lancha para el cuerpo de guardacostas de la Armada del Ecuador.....	4
1.2. Alcance del proyecto.....	7
CAPITULO II.....	9
2.1. Análisis regresional para la obtención de parámetros principales.....	9
2.2. Líneas de formas.....	11
2.3. Cálculos hidrostáticos.....	11
2.4. Cálculos de estabilidad transversal.....	14
Curvas de estabilidad dinámica.....	18
2.5. Cálculos de resistencia y propulsión.....	19
2.6. Diseño del sistema propulsivo.....	23
2.7. Diseño del sistema de gobierno.....	29
2.8. Distribución General.....	31
2.9. Cálculo Estructural y estimación de pesos.....	36

2.10. Sistemas de protección del casco.....	49
2.11. Circuitos auxiliares	50
2.12. Sistemas de defensa y ataque.....	54
2.13. Sistema de fondeo, amarre y conraincendios	55
2.14. Equipos de navegación y comunicación.....	59
CAPITULO III.....	63
3.1 Estimación preliminar del costo del casco.....	64
3.2 Estimación preliminar del costo de maquinaria	64
3.3 Estimación preliminar del costo de equipamiento y habitabilidad	64
3.4 Estimación preliminar del costo de equipos de navegación y armamento.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura I.1 Cuadro de distancias en millas náuticas entre puertos. [3]	5
Figura I.2. Espiral de diseño.	8
Figura II.1 Plano de líneas de formas obtenido en Maxsurf	11
Figura II.2 Curvas hidrostáticas de la lancha patrullera.....	13
Figura II.3 Curvas Cruzadas de la lancha LCM	14
Figura II.4 Curva de estabilidad de la primera condición.....	16
Figura II.5 Curva de estabilidad de la segunda condición	17
Figura II.6 Curva de estabilidad de la tercera condición.....	18
Figura II.7 Curva de estabilidad dinámica	19
Figura II.8 Resistencia Vs. Velocidad	21
Figura II.9 Potencia Vs Velocidad.....	22
Figura II.10 Motor Caterpillar C32 Acert [25].....	22
Figura II.11 Reductor ZF-MARINE.....	23
Figura II.12 Dimensiones del reductor	24
Figura II.13 Eslora inundable del buque	32
Figura II.14. Planos de distribución.....	33
Figura II.15 Escantillonado de la sección maestra.	39
Figura II.16 Perfil de los elementos estructurales del buque.....	42
Figura II.17 Determinación del centro de gravedad del buque.....	46
Figura II.18 Condición de quebranto.....	47
Figura II.19 Peso y Boyantez en quebranto.....	47
Figura II.20 Condición de arrufo.	48
Figura II.21 Peso y Boyantez en arrufo.....	48
Figura II.22 Condición de aguas tranquilas.....	49
Figura II.23 Peso y Boyantez en aguas tranquilas.....	49
Figura II.24 Toma de mar con incrustaciones.....	53
Figura II.25 Sistema de protección para sistemas de enfriamiento	54
Figura II.26 Browing M2.....	55
Figura II.27 Características del ancla seleccionada[19].....	57

Figura II.28 Winche seleccionado [20].	58
Figura II.29 Distribución de las áreas de Operación	60
Figura II.30 Equipos de comunicación.	61

Tabl-

Tabl-

Te

o.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Características de las condiciones de diferentes puertos del país. [2].....	4
Tabla I.2 Rango de parámetros a seleccionar	6
Tabla II.1 Características principales del buque.....	10
Tabla II.2 Criterios de la OMI para estabilidad	16
Tabla II.3 Criterios de la OMI para estabilidad	17
Tabla II.4 Criterios de la OMI para estabilidad	18
Tabla II.5 Datos de la embarcación ingresados en Resistance.....	20
Tabla II.6 Datos de la embarcación ingresados en Resistance.....	21
Tabla II.7 Características de la hélice a instalar.....	25
Tabla II.8 Posibles opciones de materiales para la hélice.....	25
Tabla II.9 Características de hélice de 05 palas[13].....	26
Tabla II.10 Diámetro del eje.....	26
Tabla II.11 Fuerza del timón	29
Tabla II.12 Torque del timón.....	30
Tabla II.13 Diámetro de la mecha del timón.....	30
Tabla II.14 Ecuaciones y valores utilizados para escantillones	37
Tabla II.15 Valores de los refuerzos de la sección media	38
Tabla II.16 Cálculo estructural de la cuaderna maestra	40
Tabla II.17 Cálculo de peso de la estructura del casco.....	42
Tabla II.18 Peso estimado de la estructura.....	43
Tabla II.19 Cálculo del peso ligero del buque.....	45
Tabla II.20 Equipo para embarcaciones de alta mar[14].....	56
Tabla II.21 Parámetros seleccionados del ancla.....	57
Tabla III.1 Tiempos de ejecución por grupos de trabajo.....	63
Tabla III.2 Costo de la estructura del casco.....	64
Tabla III.3 Valores preliminares de maquinaria.....	64
Tabla III.4 Valores preliminares de equipamiento y habitabilidad.....	65
Tabla III.5 Valores preliminares de equipos de navegación y armamento.....	65

Tabla III.6 Costos de mano de obra.....	66
Tabla III.7 Estimación de costos totales.....	66

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO I - CÁLCULO DE LA ESLORA TOTAL USANDO EL NÚMERO DE FROUDE	73
ANEXO II- PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS	76
ANEXO III - CURVAS HIDROSTÁTICAS	77
ANEXO IV - CÁLCULOS DE ESTABILIDAD TRANSVERSAL.....	79
ANEXO V – SISTEMA PROPULSIVO	81
ANEXO VI –CÁLCULO ESTRUCTURAL.....	87

INTRODUCCIÓN

En el mercado mundial existen diferentes proveedores de kit constructivos en lo que se refiere a lanchas patrulleras, incluso algunas de estas empresas poseen en “stock” embarcaciones de este tipo pero en dimensiones dentro del rango de 15 metros.

Las embarcaciones de la Armada del Ecuador están actualmente en procesos de construcción y re modernización por tal motivo representa una gran opción el diseñar de forma preliminar una embarcación que cumpla con los requerimientos de la entidad antes mencionada.

El Comando de Guardacostas realiza en el mar territorial ecuatoriano diferentes tipos de operaciones en las cuales la velocidad representa un parámetro vital al momento de patrullaje siendo así un punto base para el diseño preliminar.

CAPITULO I.

GENERALIDADES

1.1. Requerimientos de una lancha para el cuerpo de guardacostas de la Armada del Ecuador.

El Comando de Guardacostas con su puerto base en Guayaquil realiza actividades de Policía Marítima en forma permanente en el área marítima y fluvial continental de responsabilidad, y en el caso de la región insular dentro de las 40 millas de la zona especial de reserva marítima, protección de puertos búsqueda y rescate [1].

Misión del Comando de Guardacostas

“Controlar las Actividades Marítimas en el mar, aguas jurisdiccionales, interiores y fluviales, a fin de contribuir a la protección de la vida humana en el mar, la neutralización de las actividades ilícitas, la preservación de medio ambiente marino-costero, y la seguridad interna y externa del país”.

Las unidades del Comando de Guardacostas han participado en múltiples operaciones de búsqueda y salvamento marítimo, lo que ha permitido salvar muchas vidas humanas en el mar y rescatar embarcaciones que se encontraban en grave riesgo de zozobrar o hundirse contribuyendo con ello a la seguridad de las actividades marítimas.

Tareas[1]

- Salvaguardar la vida humana en el mar.
- Funcionar como Centro Coordinador de Búsqueda y Salvamento Marítimo Nacional.
- Controlar el tráfico marítimo, para precautelar la soberanía en las áreas de control de pesca, contrabando y otras actividades ilícitas, contribuyendo a minimizar con su acción la pérdida de vidas humanas, daños personales y a la propiedad en aguas jurisdiccionales.
- Precautelar la seguridad para buques, puertos, vías marítimas y facilidades inherentes a estos.
- Mantener y mejorar la calidad del ambiente marino y contribuir a la reducción de daños en caso de contaminación.
- Resguardar la moral y el orden en buques, puertos, muelles y playas.
- En caso de conflicto, pasar a formar la fuerza de defensa de costas, juntamente con la reserva movilizada y la Infantería de Marina, encargadas de la defensa de costas, en coordinación con la Fuerza Terrestre y con el apoyo de la Fuerza Aérea.

Requerimientos del armador

Área de operación de la unidad a diseñar de manera preliminar

La unidad será dispuesta para su operación en las costas ecuatorianas y región insular la misma que deberá poseer la flexibilidad y autonomía para cumplir los siguientes roles:

- ✓ Protección de las actividades marítimas en el mar territorial ecuatoriano.
- ✓ Salvaguarda de la vida humana en el mar territorial ecuatoriano.
- ✓ Neutralización de las actividades ilícitas.
- ✓ Combate y control a la contaminación marítima.

El puerto principal para la embarcación a diseñar será en Guayaquil y además tendrá la capacidad de navegación hasta el puerto Villamil en la Isla Isabela. A continuación se presenta una tabla con las condiciones de las posibles zonas de trabajo:

Tabla I.1 Características de las condiciones de diferentes puertos del país [2]

Sector	Temperatura (° C)				Humedad %	Estado de mar	Viento m/s	Nubes x/8	Pluv. mm
	Máxima		Mínima						
	Seco	Húm.	Seco	Húm.					
Esmeraldas	35	29.2	16	22.6	84	2	2.7	6	160.2
Manta	35.5	28.7	13.5	21.6	77	3.0	3.0	6	71.6
Guayaquil	36.9	30.2	14.5	21.7	78	1	1.5	6	241
Baltra	33.3	27.6	16.5	21.8	76	3	6.3	4	23.1
Santa Cruz	38.6	26.6	13.3	21.1	85	3	2.1	5	83.6
San Cristóbal	36	27.6	12.7	21.1	80	3	2.6	5	109.3

Fuente: ver referencia 2

Para nuestro diseño se considerará un estado de mar 3 y condiciones de viento de 6 m/s, valores que van a influir en nuestro casco.

Figura I.1 Cuadro de distancias en millas náuticas entre puertos [3]

	SAN LORENZO	LIMONES	ESMERALDAS	MUISNE	BAHIA DE CARAQUEZ	MANTA	ISLA DE LA PLATA	PUERTO CAYO	PUERTO LOPEZ	LA LIBERTAD	SALINAS	CHANDUY	GENERAL VILLAMIL (PLAYAS)	POSORJA	GUAYAQUIL	PUERTO BOLÍVAR	PUERTO BAQUERIZO MORENO	PUERTO AYORA	PUERTO SEYMOUR	PUERTO VILLAMIL
SAN LORENZO		35	102	156	220	240	258	272	282	322	321	360	382	388	395	419	664	693	691	730
LIMONES	35		53	105	174	191	209	230	236	275	274	311	336	344	381	371	649	679	681	721
ESMERALDAS	102	53		66	130	150	186	183	189	232	231	261	288	297	335	326	610	641	637	681
MUISNE	156	105	66		87	108	144	142	147	193	192	219	249	256	291	300	590	617	618	663
BAHÍA DE CARAQUEZ	220	174	130	87		35	75	72	77	124	123	150	178	188	226	220	557	593	588	528
MANTA	240	191	150	108	35		48	45	50	97	96	123	151	160	196	193	542	581	574	616
ISLA DE LA PLATA	258	209	186	144	75	48		17	21	56	55	84	112	121	148	155	524	558	556	594
PUERTO CAYO	272	230	183	142	72	45	17		16	61	60	102	126	135	174	162	540	576	572	610
PUERTO LOPEZ	282	236	189	147	77	50	21	16		45	44	104	76	113	150	147	535	573	565	611
LA LIBERTAD	322	275	232	193	124	97	56	61	45		4	44	72	79	118	114	538	575	570	607
SALINAS	321	274	231	192	123	96	55	60	44	4		40	68	75	113	108	527	568	561	605
CHANDUY	360	311	261	219	150	123	84	102	104	44	40		36	45	83	78	564	595	599	638
GENERAL VILL.	382	336	288	249	178	151	112	126	76	72	68	36		17	56	52	579	622	626	656
POSORJA	388	344	297	256	188	160	121	135	113	79	75	45	17		39	55/6	600	631	635	665
GUAYAQUIL	395	381	335	291	226	196	148	174	150	118	113	83	56	39		93	635	666	670	700
PUERTO BOLÍVA	419	371	326	300	220	193	155	162	147	114	108	78	52	55/63	93		619	649	654	690
PTO. BAQUERIZO	664	649	610	590	557	542	524	540	535	538	527	564	579	600	635	619		44	48	84
PUERTO AYORA	693	679	641	617	593	581	558	576	573	575	568	595	622	631	666	649	44		36	44
PUERTO SEYMOUR	691	681	637	618	588	574	556	572	565	570	561	599	626	635	670	654	48	36		77
PUERTO VILLAMIL	730	721	681	663	528	616	594	610	611	607	605	638	656	665	700	690	84	44	77	

Fuente: http://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_anexos.pdf

Requerimientos específicos

Clasificación: el cálculo estructural de la lancha será siguiendo normas la sociedad clasificadora ABS miembro de IACS, además de cumplir con criterios aplicables de la OMI referente a la estabilidad.

Rango de dimensiones y capacidades de la embarcación a diseñar:

Tabla I.2 Rango de parámetros a seleccionar

Eslora:	25.50 - 30.00 mts
Puntal:	2.90 - 4.00 mts.
Manga	5.50 - 7.40 mts.
Calado:	1.50 - 2.40 mts
Desplazamiento (aprox.):	70.00 - 140.00 tons.
Velocidad Máxima:	27 Nudos
Capacidades de los tanques:	
• Combustible	3000 - 6000 galones
• Agua potable	800 - 2500 galones
• Agua residual	120 - 200 galones.
Tripulación	15
Tiempo de permanencia en la mar:	min 3 días

Fuente: Elaboración propia

Distribución: la lancha se divide en los siguientes compartimientos estancos:

1. Peak de popa
2. Cuarto de máquinas
3. Habitabilidad
4. Peak de proa

Propulsión y velocidad: el sistema de propulsión de la lancha consistirá en dos máquinas diésel marinas, cada una impulsando una hélice de paso fijo, las máquinas se enfrían directamente con agua de mar.

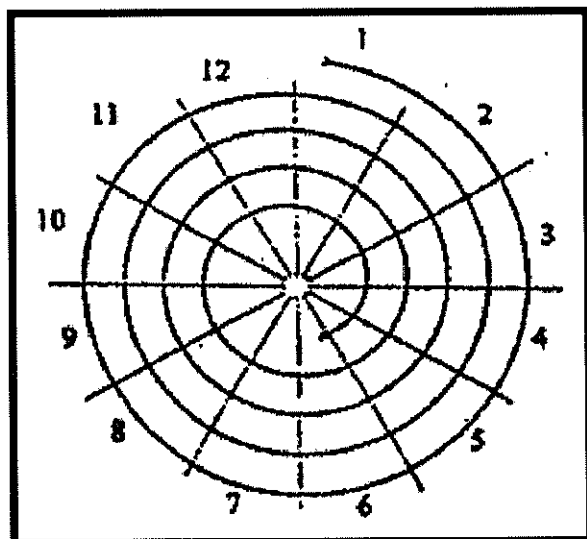
Cumplimiento con GMDSS: El equipo de navegación y comunicación deberá cumplir con los requerimientos de GMDSS para área A3.

Armamento: 02 ametralladoras calibre 0.5 dispuestas en la proa a cada banda cuya base tenga giro de 180°.

1.2. Alcance del proyecto

Con este proyecto se pretende diseñar de manera preliminar una lancha guardacostas tomando como base la espiral de diseño, iniciando con los requerimientos que realiza el armador, para determinar las dimensiones principales siendo estos la eslora, la manga, el calado, el puntal, el desplazamiento, los coeficientes prismático, block, de la sección media, la razón velocidad eslora.[4]

Figura I.2. Espiral de diseño



Fuente: Ver referencia 4

- 1.- Plano de distribución general
- 2.- Dimensiones principales
- 3.- Volúmenes de tanques y bodegas de carga
- 4.- Pesos del barco y desplazamiento
- 5.- Resistencia y propulsión
- 6.- Estabilidad y asientos
- 7.- Francobordo
- 8.- Sonido y vibración
- 9.- Movimiento del buque y maniobrabilidad
- 10.- Esfuerzos y fatigas
- 11.- Seguridad y medio ambiente
- 12.- Información tecnológica (Manejos de datos de diseño)

Los pasos 1 a 7 pueden considerarse como los tradicionales mientras que los pasos 8 a 12 son las nuevas tendencias en la práctica de diseño naval.

CAPITULO II.

DISEÑO PRELIMINAR

2.1. Análisis regresional para la obtención de parámetros principales

La obtención del primer parámetro a calcular es la eslora teniendo en consideración que una embarcación rápida es aquella que se proyecta para navegar a números de Froude basados en la eslora de flotación, superiores a 0.40 [5].

A partir del número de Froude igual a 0.85 y nuestra velocidad de diseño de 27 nudos los reemplazamos en la siguiente fórmula:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL_{wl}}}$$

F_n = Número adimensional

V = unidades en m/s

g = unidades de m/s^2

No se tomaron valores de Froude menores a 0.85 puesto que se obtienen dimensiones mayores de eslora que no se encuentran en el rango dado por el armador; teniendo así que la eslora en la flotación es de 27.24 metros pero vamos a tomar un factor de seguridad del 0.085% [5] para la eslora total teniendo así un valor final de 29.6 metros.

Se debe tener en cuenta que si L_{wl} es grande los lanzamientos de proa y popa son menores haciendo que el peso se concentre en el centro, evitando el cabeceo excesivo que genera un problema para la gente que este en el interior del buque.

Para complementar el valor obtenido podemos considerar el rango que da Larsson, para la relación L_{oa}/L_{wl} en embarcaciones ligeras se encuentra entre 1.08 y 1.20 aproximadamente, si obtenemos para nuestro caso podemos apreciar que $L_{oa}/L_{wl} = 1.085$ está dentro del rango [6].

Partiendo de la eslora total para la realización del análisis regresional hacemos la selección de embarcaciones que estén en el rango de dimensiones dadas por el armador, teniendo como parámetros principales los siguientes valores:

Tabla II.1 Características principales del buque

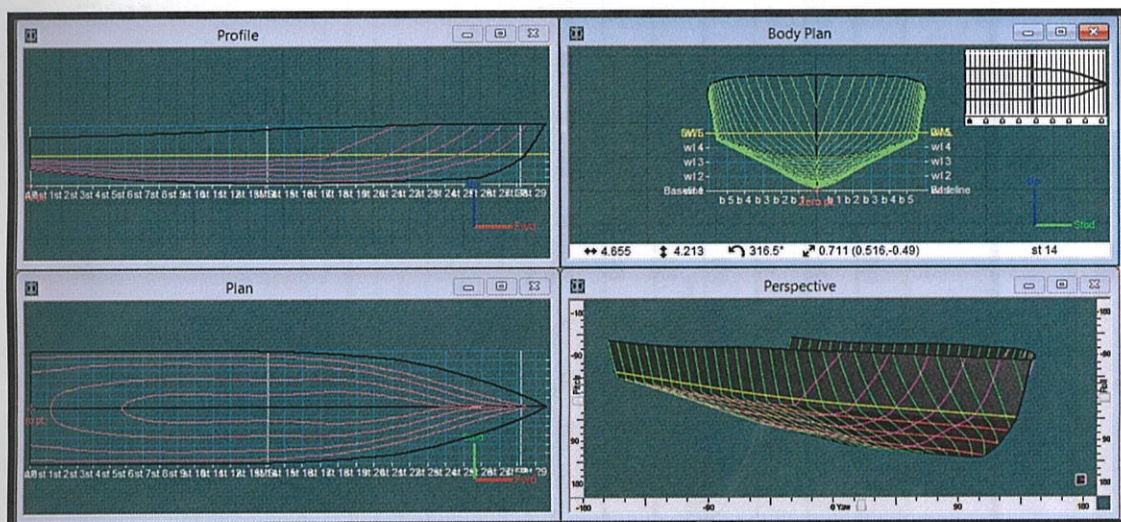
Descripción	Valor
Eslora (m)	29.6
Manga (m)	6.4
Calado (m)	1.7
Puntal (m)	3.40

Fuente: Elaboración propia

2.2. Líneas de formas

Una vez obtenido las dimensiones principales procedemos a realizar el plano de líneas de formas en el programa computacional de maxsurf y exportarlo a AutoCAD (.dxf).

Figura II.1 Plano de líneas de formas obtenido en Maxsurf

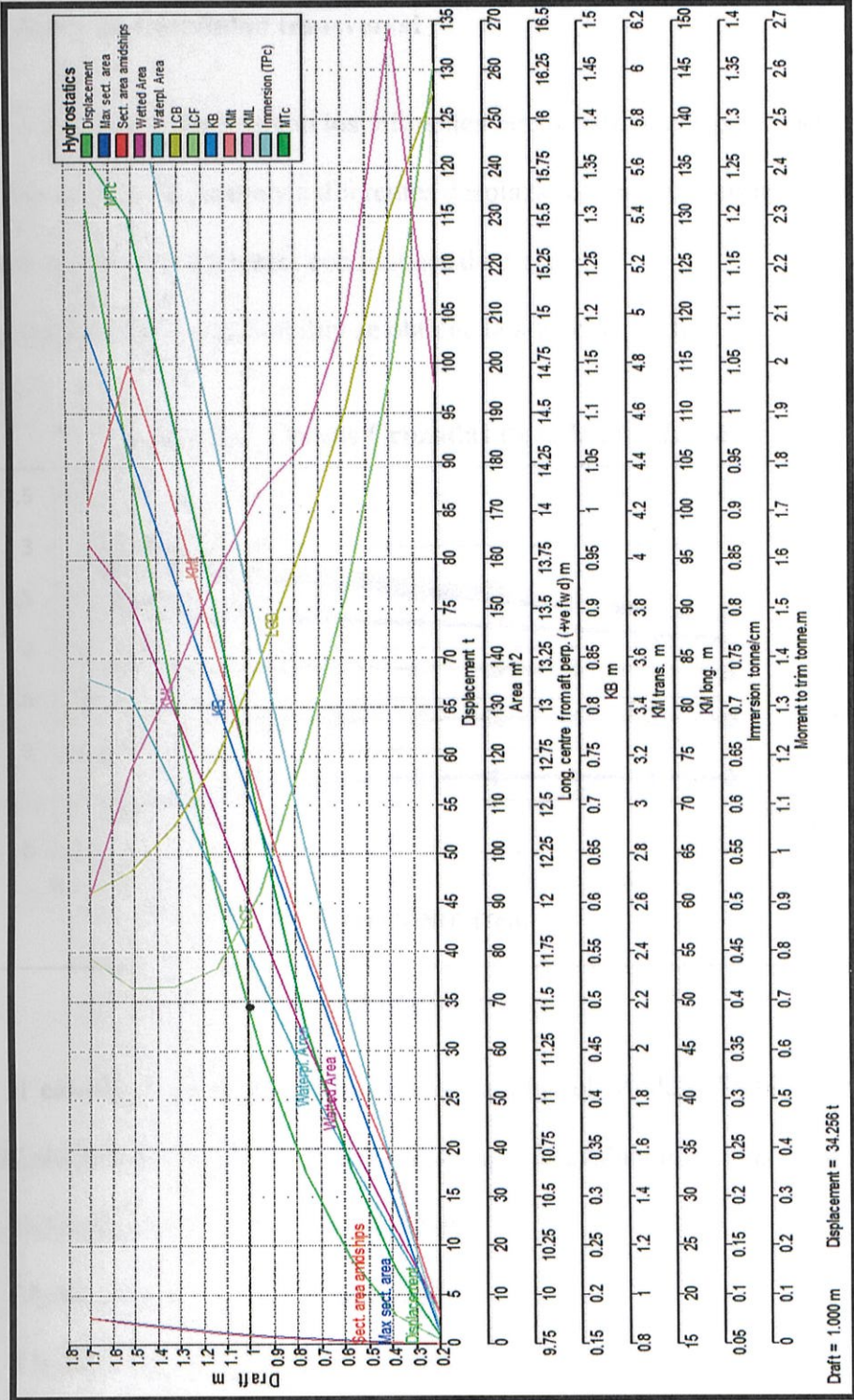


Fuente: Elaboración propia. Programa Maxsurf

2.3. Cálculos hidrostáticos.

Las curvas hidrostáticas son parámetros y coeficientes que dependen de la forma de la carena y nos permite determinar las condiciones de desplazamiento y asiento a la cual navegará nuestra embarcación. Para realizar estas curvas, primero llevamos nuestra embarcación al programa Maxsurf donde realizamos un diseño con este y luego lo llevamos al programa Stability, este se encargará de determinar para distintos calados hasta el calado de diseño las características hidrostáticas de nuestra embarcación.

Figura II.2 Curvas hidrostáticas de la lancha patrullera



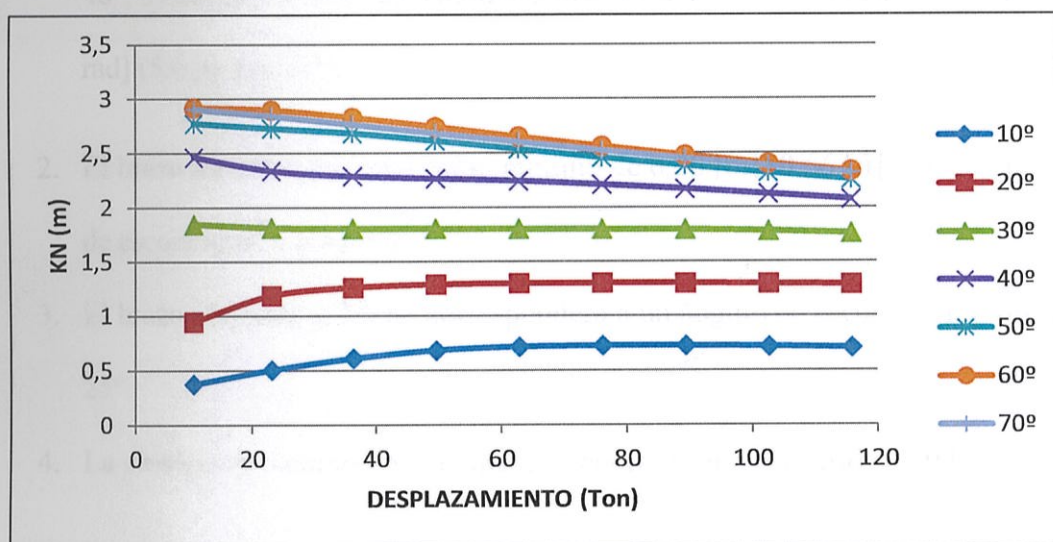
Fuente: Elaboración propia. Módulo Stability

2.4. Cálculos de estabilidad transversal

Las curvas cruzadas representan los diferentes brazos adrizantes para nuestro buque a diferentes ángulos de escora y a diferentes desplazamientos que nos ayuda a estimar el KG real del buque a diferentes condiciones de carga.

Con el programa Maxsurf Stability se obtiene la siguiente gráfica:

Figura II.3 Curvas Cruzadas de la lancha LCM



Fuente: Elaboración propia.

Para el **cálculo de estabilidad intacta** se emplea el Modulo Stability la opción *estabilidad a grandes ángulos*, las condiciones que se evaluarán son las siguientes:

1. Salida de puerto : 100% Consumibles
2. Media travesía : 50 % Consumibles
3. Llegada a puerto : 10 % Consumibles

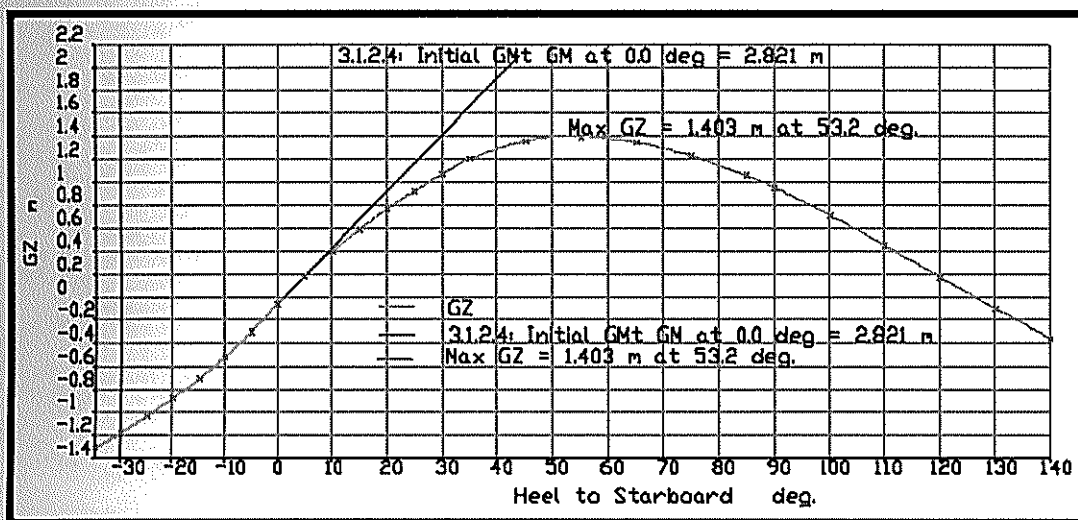
Además deberán cumplir al menos con los siguientes criterios básicos de estabilidad de acuerdo a la OMI:

1. El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0.055 [m-rad] (10.3 [ft-grados]) hasta un ángulo de escora $\theta = 30^\circ$ ni inferior a 0.09 [m-rad] (16.9 [ft-grados]) hasta $\theta = 40^\circ$, o hasta el ángulo de inundación descendente θ_r si éste ángulo es inferior a 40° . Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40° , o entre 30° y θ_r si este ángulo es inferior a 40° , no será inferior a 0.03 [m-rad] (5.6 [ft-grados]).
2. El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0.20 [m] (0.66 [ft]) a un ángulo de escora igual o mayor que 30° .
3. El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora no inferior a 25° .
4. La altura metacéntrica inicial GM_0 no será inferior a 0.15 [m] (0.49 [ft]).

Primera condición: Salida de puerto 100% consumibles

Para el cálculo de estabilidad en esta condición los tanques se encuentran totalmente llenos, sus respectivos KG fueron obtenidos del programa indicado al inicio de esta sección al ingresar las fronteras de los tanques y el tipo de líquido que iba a contener.

Figura II.4 Curva de estabilidad de la primera condición



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

Tabla II.2 Criterios de la OMI para estabilidad

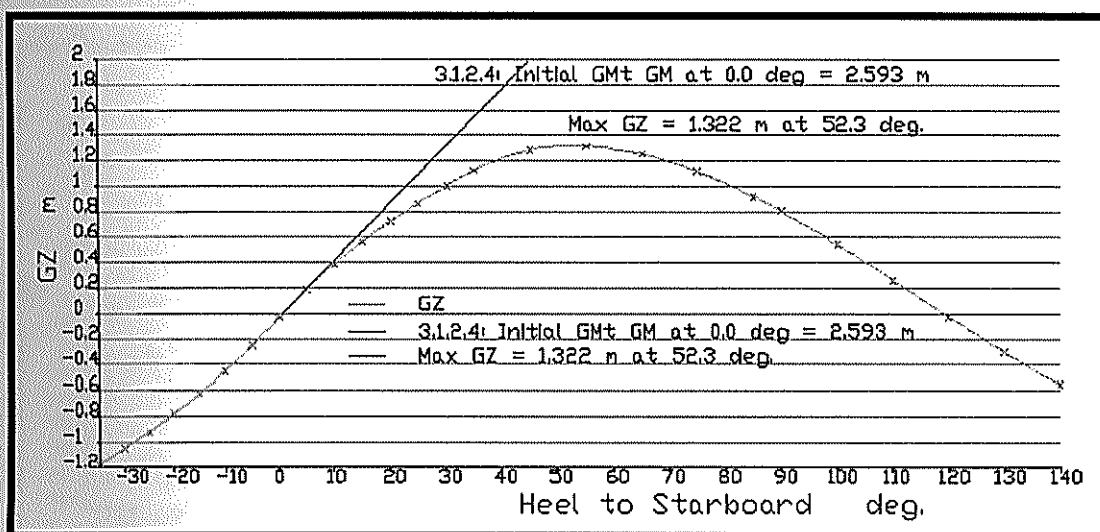
Criterio	Valor	Units	Actual	Estado	Margin %
3.1.2.1: Área 0 to 30	3.151	m.deg	17.012	Pass	+439.85
3.1.2.1: Área 0 to 40	5.1566	m.deg	29.051	Pass	+463.37
3.1.2.1: Área 30 to 40	1.719	m.deg	12.038	Pass	+600.38
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.403	Pass	+601.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	53.2	Pass	+112.86
3.1.2.4: Initial GMT	0.150	m	2.821	Pass	+1780.67

Fuente: Elaboración propia. Módulo Stability

Segunda condición: Media travesía 50% consumibles

Para el cálculo de estabilidad en esta condición los tanques se encuentran al 50% de su capacidad, sus respectivos KG van variando de acuerdo a la cantidad de líquido desalojado.

Figura II.5 Curva de estabilidad de la segunda condición



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

Tabla II.3 Criterios de la OMI para estabilidad

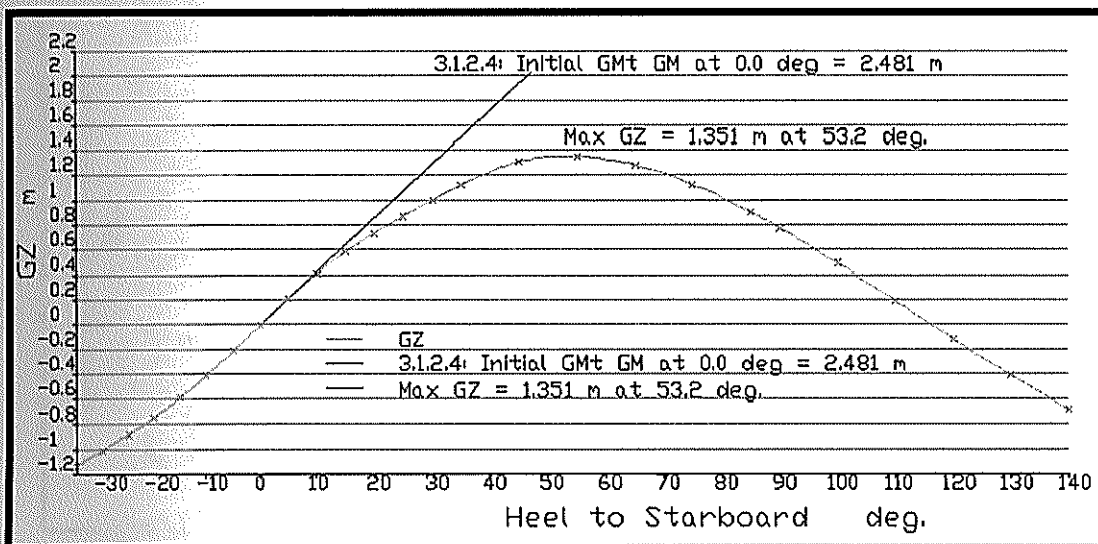
Criterio	Value	Units	Actual	Status	Margin %
3.1.2.1: Área 0 to 30	3.151	m.deg	16.085	Pass	+410.43
3.1.2.1: Área 0 to 40	5.156	m.deg	27.266	Pass	+428.76
3.1.2.1: Área 30 to 40	1.719	m.deg	11.180	Pass	+550.46
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.322	Pass	+561.00
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	52.3	Pass	+109.30
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	2.593	Pass	+1628.67

Fuente: Elaboración propia. Módulo Stability

Tercera condición: Llegada a puerto 10% consumibles

Para el cálculo de estabilidad en esta condición los tanques se encuentran al 10% de su capacidad, sus respectivos KG van variando de acuerdo a la cantidad de líquido desalojado.

Figura II.6 Curva de estabilidad de la tercera condición



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

Tabla II.4 Criterios de la OMI para estabilidad

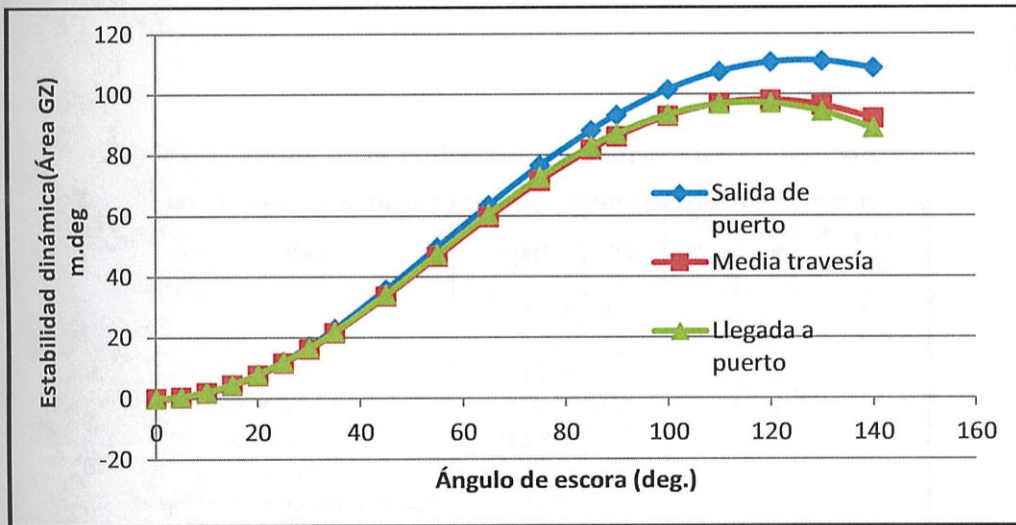
Criterio	Value	Units	Actual	Status	Margin %
3.1.2.1: Area 0 to 30	3.1513	m.deg	16.441	Pass	+421.74
3.1.2.1: Área 0 to 40	5.1566	m.deg	27.605	Pass	+435.35
3.1.2.1: Área 30 to 40	1.719	m.deg	11.164	Pass	+549.50
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater	0.200	m	1.351	Pass	+575.50
3.1.2.3: Angle of maximum GZ	25.0	deg	53.2	Pass	+112.86
3.1.2.4: Initial GMt	0.150	m	2.481	Pass	+1554.00

Fuente: Elaboración propia. Módulo Stability

Curvas de estabilidad dinámica

Las curvas de estabilidad dinámica son obtenidas de la integral de la curva de la estabilidad estática a cada uno de los ángulos de escora, es decir el área bajo la curva de la estabilidad intacta por el desplazamiento correspondiente.

Figura II.7 Curva de estabilidad dinámica



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

La estabilidad es uno de los principales requerimientos de diseño de cualquier embarcación, por tal motivo para tratar de predecir el comportamiento seguro del buque, es necesario la determinación de las curvas cruzadas (KN), curvas de estabilidad (GZ), altura metacéntrica (GM) y curva de estabilidad dinámica, con lo cual nos aseguramos que la embarcación cumple con los criterios mínimos de estabilidad sugeridos por la OMI.

2.5. Cálculos de resistencia y propulsión

Una vez definida las dimensiones de la embarcación y realizado el casco en maxsurf, procedemos a la estimación de la potencia a instalar, para esto usamos el programa *Resistance* mediante el método de Savitsky usado para embarcaciones rápidas ingresando como parámetros conocidos, un rango de velocidad entre 0 - 30 nudos con un rendimiento propulsivo del 55% que fue elegido como recomendación basado en

experiencias reales[27]. Además se generan algunos valores de entrada característicos de la embarcación como se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla II.5 Datos de la embarcación ingresados en Resistance

	Item	Value	Units	Savitsky Pre-planin g	Savitsky Planing
1	LWL	28.488	m	28.488	28.488
2	Beam	5.991	m	5.991	5.991
3	Draft	1.646	m	--	--
4	Displaced volume	113.17	m ³	113.17	113.17
5	Wetted area	163.217	m ²	163.217	--
6	Prismatic coeff. (Cp)	0.731		--	--
7	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.796		--	--
8	1/2 angle of entrance	15.9	deg.	15.9	--
9	LCG from midships(+ve for	-2.055	m	--	-2.055
10	Transom area	0	m ²	0	--
11	Transom wl beam	0	m	--	--
12	Transom draft	0.7	m	--	--
13	Max sectional area	5.437	m ²	5.437	--
14	Bulb transverse area	0.019	m ²	--	--
15	Bulb height from keel	0	m	--	--
16	Draft at FP	1.7	m	--	--
17	Deadrise at 50% LWL	27	deg.	--	27
18	Hard chine or Round bilge	Hard chine		--	--
19					
20	Frontal Area	0	m ²		
21	Headwind	0	kn		
22	Drag Coefficient	0			
23	Air density	0.001	tonne/		
24	Appendage Area	0	m ²		
25	Nominal App. length	0	m		
26	Appendage Factor	1			
27					
28	Correlation allow.	0.0004			Varies wit
29	Kinematic viscosity	0.0000011	m ² /s		
30	Water Density	1.026	tonne/		

Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

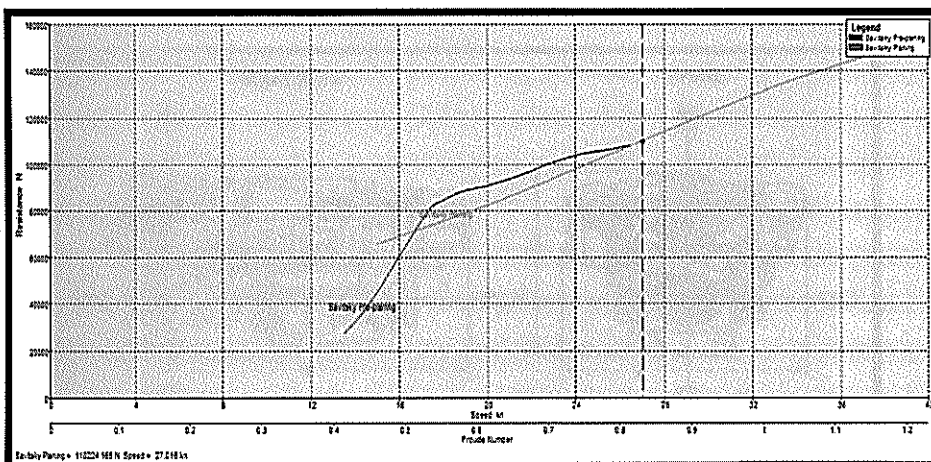
Luego se tiene como resultado la siguiente tabla:

Tabla II.6 Datos de la embarcación ingresados en Resistance

Velocidad (nudos)	Número de Froude	Resistencia (N)	Potencia (Hp)
15	0.462	65909.25	1240.079
16	0.492	69002.66	1384.833
17	0.523	72233.52	1540.279
18	0.554	75595.88	1706.799
19	0.585	79082.96	1884.726
20	0.616	82686.82	2074.331
21	0.646	86398.2	2275.808
22	0.677	90206.13	2489.261
23	0.708	94097.73	2714.68
24	0.739	98057.82	2951.924
25	0.769	102068.7	3200.695
26	0.8	106110.01	3460.52
27	0.831	110158.77	3730.736
28	0.862	114189.79	4010.485
29	0.893	118176.3	4298.729
30	0.923	122091.12	4594.275

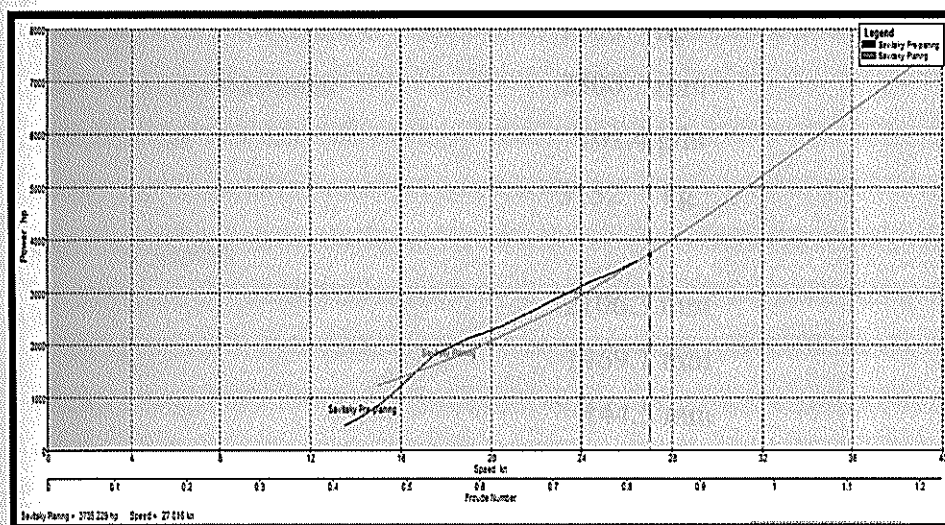
Fuente: Elaboración propia

Figura II.8 Resistencia Vs. Velocidad



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Resistance.

Figura II.9 Potencia Vs Velocidad

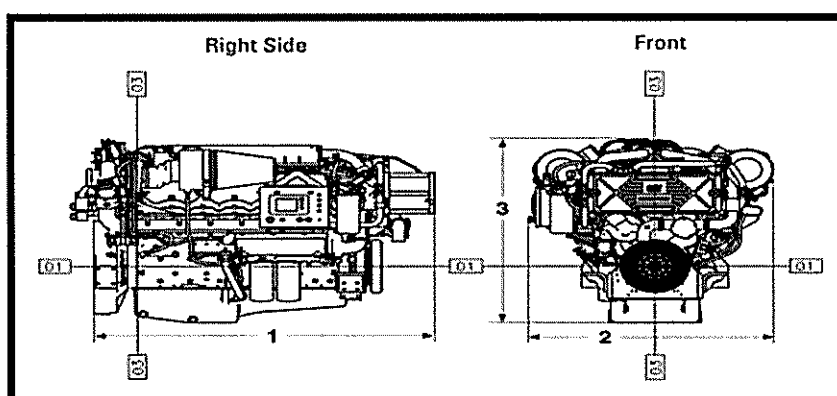


Fuente: Elaboración Propia. Módulo Resistance

De la tabla anterior podemos observar que la potencia al freno obtenida para 27 nudos es 3730.736 hp, por lo que se asume una pérdida de 1.85% debido al reductor teniendo una potencia a instalar de 3799.8 hp.

Con los valores conocidos se procede a la instalación de dos motores, cada uno con una potencia de 1900 hp, teniendo una potencia de 3800 hp.

Figura II.10 Motor Caterpillar C32 Acert [25]



Fuente: Ver referencia 25

Especificación del motor

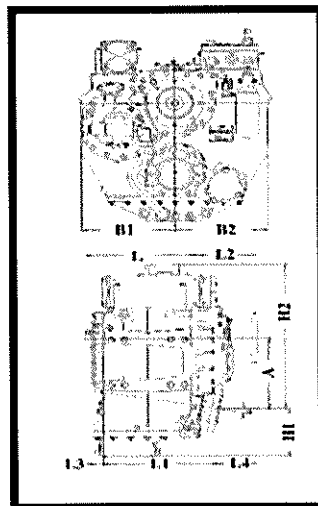
Potencia	1900 hp
Número de revoluciones	2300 rpm
Consumo	101.4 g/hr
Peso	3152 kg

Dimensiones del motor

1. Largo	2106.3 mm
2. Ancho	1469.1 mm
3. Alto	144.5 mm

2.6. Diseño del sistema propulsivo

El conjunto motor, reductor y hélice deberán interactuar y debido a ciertas características como: la razón paso diámetro, razón de área y diámetro de la hélice se podrá obtener el equipo de mayor eficiencia. Además debemos conocer que la conexión hélice motor es mediante un reductor, cuya razón de reducción es obtenida mediante la guía de producto de ZF-MARINE 2014.

Figura II.11 Reductor ZF-MARINE

Fuente: Ver referencia 26.

Figura II.12 Dimensiones del reductor

MODEL	mm (inches)											Weight kg (lb)	Oil l (US qt)
	Angle	A	B ₁	B ₂	H ₁	H ₂	L	L ₁	L ₂	L ₃	L ₄		
ZF 370 V	10.0	217 (8.52)	298 (11.7)	298 (11.7)	167 (6.55)	357 (14.0)	439 (17.3)	439 (17.3)	123 (4.84)	-	125 (4.92)	194 (428)	12.0 (12.7)
ZF 510 V	10.0	217 (8.52)	298 (11.7)	298 (11.7)	167 (6.55)	357 (14.0)	439 (17.3)	439 (17.3)	123 (4.84)	-	125 (4.92)	200 (441)	12.0 (12.7)
ZF 550 V	10.0	269 (10.6)	310 (12.2)	310 (12.2)	156 (6.13)	550 (21.7)	452 (17.8)	452 (17.8)	134 (5.28)	-	95.0 (3.74)	280 (573)	16.0 (17.0)
ZF 665 V	10.0	269 (10.6)	310 (12.2)	310 (12.2)	156 (6.13)	550 (21.7)	452 (17.8)	452 (17.8)	134 (5.28)	-	95.0 (3.74)	252 (555)	16.0 (17.0)
ZF 2000 V	10.0	280 (11.0)	320 (12.6)	320 (12.6)	167 (6.57)	575 (22.6)	375 (14.8)	394 (15.5)	200 (7.87)	50.0 (1.97)	111 (4.37)	352 (774)	21.0 (22.3)
ZF 2050 V	10.0	280 (11.0)	320 (12.6)	320 (12.6)	167 (6.57)	575 (22.6)	375 (14.8)	394 (15.5)	200 (7.87)	50.0 (1.97)	111 (4.37)	354 (778)	21.0 (22.3)
ZF 2060 V	10.0	280 (11.0)	320 (12.6)	320 (12.6)	167 (6.57)	575 (22.6)	375 (14.8)	394 (15.5)	200 (7.87)	50.0 (1.97)	111 (4.37)	354 (778)	21.0 (22.3)
ZF 2070 V	10.0	280 (11.0)	320 (12.6)	320 (12.6)	167 (6.57)	575 (22.6)	375 (14.8)	394 (15.5)	200 (7.87)	50.0 (1.97)	111 (4.37)	354 (778)	21.0 (22.3)
ZF 2075 V	10.0	280 (11.0)	320 (12.6)	320 (12.6)	167 (6.57)	575 (22.6)	375 (14.8)	394 (15.5)	200 (7.87)	50.0 (1.97)	111 (4.37)	354 (778)	21.0 (22.3)
ZF 2150 V	10.0	280 (11.0)	320 (12.6)	320 (12.6)	167 (6.57)	575 (22.6)	375 (14.8)	394 (15.5)	200 (7.87)	50.0 (1.97)	111 (4.37)	356 (784)	21.0 (22.3)
ZF 3000 V	10.0	327 (12.8)	365 (14.4)	365 (14.4)	218 (8.59)	665 (26.2)	418 (16.4)	452 (15.5)	253 (9.96)	38.5 (1.51)	153 (6.02)	500 (1,102)	31.0 (32.9)
ZF 3050 V	10.0	327 (12.8)	365 (14.4)	365 (14.4)	218 (8.59)	665 (26.2)	418 (16.4)	452 (15.5)	253 (9.96)	38.5 (1.51)	153 (6.02)	500 (1,102)	31.0 (32.9)

Fuente: Ver referencia 26

Se seleccionó el modelo ZF 3050 V para una potencia de 1900 hp, con una razón de reducción de 3:1, con un ángulo del eje del propulsor de 10°.

La selección de la hélice en este tipo de embarcaciones es vital, puesto que de no ser el correcto esto repercute directamente con la disminución de velocidad que va a desarrollar la embarcación.

Para la selección del número de palas se hace referencia experiencia con embarcaciones de similares características, además no es mandatorio pero se debe considerar que el número de palas no sea múltiplo del número de cilindros del motor para evitar problemas de vibraciones torsionales mediante resonancia.

Para el cálculo del diámetro óptimo de la hélice se utilizó las gráficas Kt, Kq, J, además del programa computacional Fortran [12], en el Apéndice F se puede ver detalladamente los cálculos realizados con los cuales tenemos los siguientes resultados:

Tabla II.7 Características de la hélice a instalar

Diámetro (plgs)	36
Rpm	766.7
Número de palas	05
P/D	1.2
P(plgs)	42.62
Ad/Ao	0.60
T(tons)	5.53
Q(lbs-ft)	9892.24
η	69 %

Fuente: Elaboración Propia.

Para la elección del material de la hélice se toma en cuenta la siguiente tabla [8]

Tabla II.8 Posibles opciones de materiales para la hélice

	Peso	Flexibilidad	Reparabilidad	Costo
Composite	Bajo	Media	No es posible	Baja
Aluminio	Medio	Pequeña	Fácil	Media
Acero Inox	Alto	Baja	Difícil	Alto
Bronce	Alto	Baja	Fácil	Alto

Fuente: Ver referencia 8.

Finalmente se seleccionó una hélice de 36 in de diámetro de bronce cuyas características adicionales las podemos ver en la siguiente tabla:

Tabla II.9 Características de hélice de 05 palas[13]

Diameter		Hub Dimensions (Inches)			Shaft and Bolt Dimensions (Inches)			Maximum Blade Width (Inches)	Estimated Area per Blade (sq. ft.)	Approx. No. of Weights (lbs.)	%WSP (lbs./sq. ft.)
Inches	MM / M	Art. End	Forward End	Length	Maximum Bolt	Minimum Bolt	Flatt Bolt				
22	356	2-3/4	3	4-1/8	1-3/8	1-3/4	1-3/8	8-11/16	64.9	37	1,150
23	381	3	3-1/4	4-1/2	1-1/2	2	1-1/2	9-1/16	70.8	43	1,430
24	406	3	3-1/4	4-1/2	1-1/2	2	1-1/2	9-1/2	77.1	48	1,770
26	432	3-3/8	3-3/4	4-7/8	1-3/4	2-1/4	1-3/4	10-1/2	90.2	62	2,630
28	457	3-3/8	4-1/8	5-3/4	2	2-1/2	2	11-1/16	104.4	79	3,810
30	483	4-1/4	4-5/8	6	2	3	2	11-7/8	119.3	99	5,380
32	508	4-1/4	4-5/8	6	2	3	2	12-5/8	136.5	115	7,380
34	533	4-1/4	4-5/8	6-1/2	2-1/4	3	2-1/4	13-7/16	154.7	134	9,980
36	559	4-5/8	5-1/8	6	2-3/4	3-1/2	2-3/4	14-1/4	173.0	164	13,250
38	584	4-5/8	5-1/8	6	2-3/4	3-1/2	2-3/4	15	193.5	196	17,280
40	610	5	5-1/2	6	3	3-3/4	3	15-7/8	214.1	221	22,320
42	680	5-3/8	6	10-7/16	3	4	3	16-9/16	235.5	267	26,520
44	711	5-7/8	6-3/16	11	3	4	3	17-3/8	258.9	305	35,900
46	762	5-5/8	6-1/4	11-7/8	3	4	3	18-3/16	283.5	347	44,740

Fuente: Ver referencia 13

Diámetro del eje

Los ejes y otros componentes usados para la transmisión de la potencia, esencialmente para la propulsión de embarcaciones, deben ser diseñadas y construidas tomando en cuenta el máximo esfuerzo de trabajo el cual está basado en las condiciones de servicio de la embarcación, para el cálculo del mismo se aplica las reglas de ABS, Parte 4. Capítulo 3 Sección 7. [14]

El diámetro mínimo del eje está determinado por la siguiente ecuación:

$$D = 100K \sqrt[3]{(H/R)[c_1/(U + c_2)]}$$

Donde:

Tabla II.10 Diámetro del eje

D(mm)	110.1
c1	560
c2	160
K	0.95
H(kw)	1193.6
R(rpm)	766.6
U(N/mm2)	400
D(in)	4.4

Fuente: Elaboración Propia.

c1: constante cuyo valor es 560

c2: constante cuyo valor es 160

K: Factor de diseño del eje: 0.95

R: rpm

U: el mínimo Esfuerzo ultimo de tensión especificado del material N/mm²

Descansos

Se elige que la línea de eje sea de acero inoxidable, aplicándose entonces la siguiente regla provista en el capítulo mencionado en el cálculo del eje:

El espesor de los descansos de la línea de ejes de acero inoxidable no debe ser menor que la mitad que se requiere para las líneas de bronce o 6.5 mm el que sea mayor.

El espesor de línea de bronce se calcula de la siguiente manera:

$$t(mm) = \frac{T}{25} + 5.1$$

Donde:

t(mm)= espesor de los descansos

T(mm)=diámetro requerido de la línea de ejes

Teniendo, entonces:

$$t(mm) = (110/25) + 5.1 = 9.5$$

Distancia y número de descansos

Se aplica la siguiente ecuación:

$$L(mm) = 142 * \sqrt[3]{D^2}$$

D: es el diámetro del eje y es igual a 110 mm cuyo valor se lo reemplaza en la ecuación anterior, teniendo:

$$L(mm) = 3262.13$$

$$L(m) = 3.2$$

Por lo que la embarcación tiene 02 descansos por línea de eje.

Arbotante

Para nuestra embarcación se necesita de un arbotante en cada línea de eje para soportar al eje y hélice. Para determinar el ancho y espesor de esta estructura aplicamos la regla dada por ABS la cual nos indica lo siguiente:

Ancho:

El ancho del brazo del arbotante no puede ser menor que el valor obtenido de la siguiente ecuación:

$$w(mm) = 2.27D$$

Donde:

w(mm)= ancho del arbotante

D(mm)= diámetro requerido de la línea de ejes

$$w(mm) = 2.27 * 110 = 242$$

Espesor

El espesor del arbotante no será menor que el obtenido de la siguiente ecuación:

$$t(mm) = 0.365D$$

$$t(mm) = 40.15$$

2.7. Diseño del sistema de gobierno

El escantillonado del área del timón A_T se basó en la referencia [15] en la cual se tiene la recomendación que debe estar entre el 1.5 % y 2.5 % del área de deriva:

$$\text{Área de deriva}(m^2) = L_{pp} * \text{Calado} = 28.21 * 1.7 = 47.96$$

$$A_T(m^2) \geq 0.0015 * \text{Área deriva} = 0.0015 * 47.96 = 0.72$$

$$A_T(m^2) \leq 0.0025 * \text{Área deriva} = 0.0025 * 47.96 = 1.20$$

Tomando en cuenta que el diámetro de la hélice es de 1.15 m y para que la pala trabaje correctamente debe tener una longitud vertical similar al diámetro de la hélice. El área del timón es de 1.2 m², distribuidos en dos palas de 0.6 m², cada pala tiene las siguientes dimensiones 1 m de alto por 0.6 m de largo.

Del capítulo 2 parte 3 sección 8 página 142 ABS se calculan los siguientes parámetros:

Tabla II.11 Fuerza del timón

$C_R(kN)$	$nK_R k_l k_c A V^2$
$C_R(Kn)$	80.15
n	0.15
K_R	1.2
V(knots)	27
K_c	1
K_l	1

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

C_R : fuerza del timón (kN)

n: constante cuyo valor es 0.15

k_R : constante cuyo valor no puede ser mayor a 1.33

k_C : coeficiente cuyo valor es 1

k_l : coeficiente cuyo valor es 1

Tabla II.12 Torque del timón

$Q_r(\text{kN}\cdot\text{m})$	$C_R \cdot r$
Q_r	15.22
r	0.190
C_r	80.15
α	0.55
A_f	0.14
k	0.23
c	0.6

Fuente: Elaboración Propia.

r : constante que depende del ancho del área del timón cuyo valor es 0.19

α : coeficiente cuyo valor es 0.55

A_f : área de la pala del timón situadas delante de la línea central de la mecha del timón

k : relación entre A_f/A_T

Tabla II.13 Diámetro de la mecha del timón

$S(\text{mm})$	$Nu(Q_r \cdot K_s)^{1/3}$
$S(\text{mm})$	83.80
Nu	42
K_s	0.52

Fuente: Elaboración Propia.

Donde:

Nu = constante cuyo valor es 42

K_s : factor del material de la mecha del timón

2.8. Distribución General.

Para el plano de distribución general tomamos como base embarcaciones similares existentes en el país.

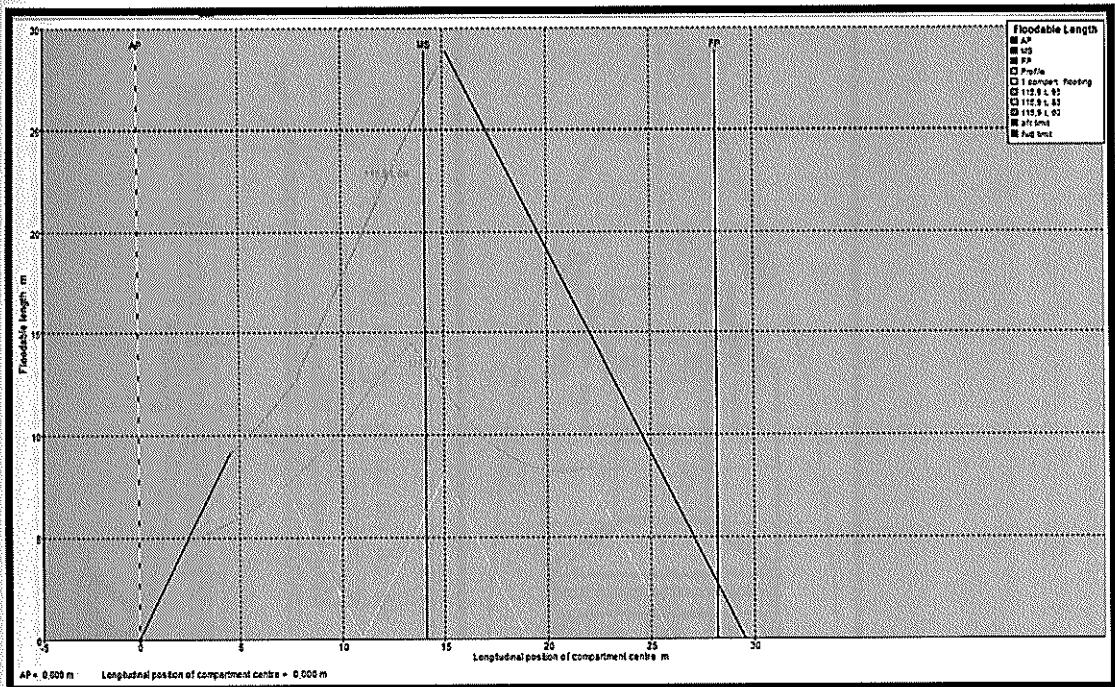
La embarcación se encuentra dividida por cuatro mamparos que realizan la división de los siguientes compartimentos:

- ❖ Peak de proa
- ❖ Sala de máquinas
- ❖ Habitabilidad 1
- ❖ Habitabilidad 2
- ❖ Servo

Para certificar la ubicación de los mamparos en el buque se presenta el gráfico de eslora inundable, siguiendo los valores de permeabilidad que indica SOLAS en el Capítulo II

Regla 6: teniendo entonces:

Figura II.13 Eslora inundable del buque



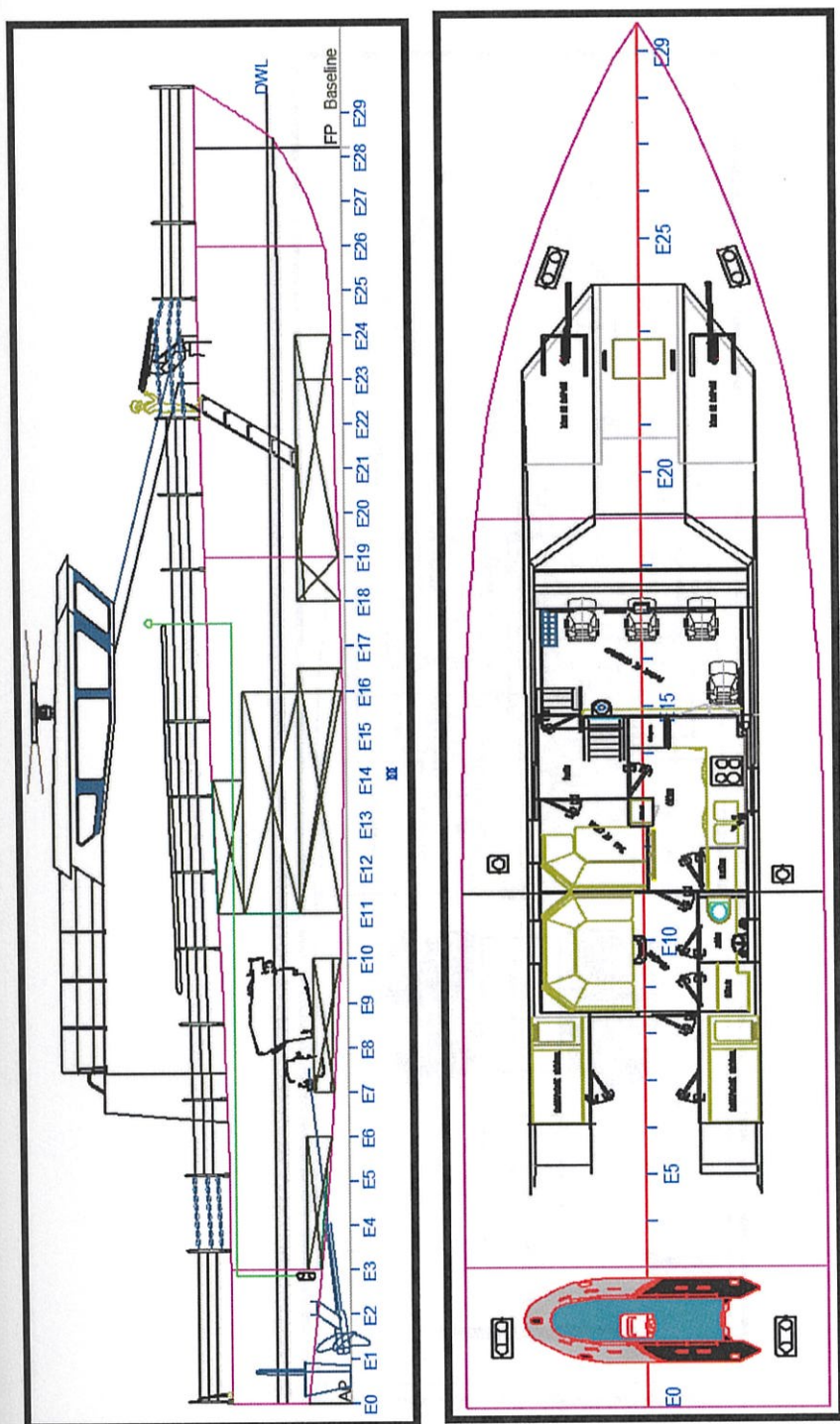
Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

La estimación de la capacidad de los tanques de agua fue realizada en base a la cantidad que consume una persona en un día, siendo esta de 200 litros de acuerdo a la referencia [16]. Por lo tanto tenemos que:

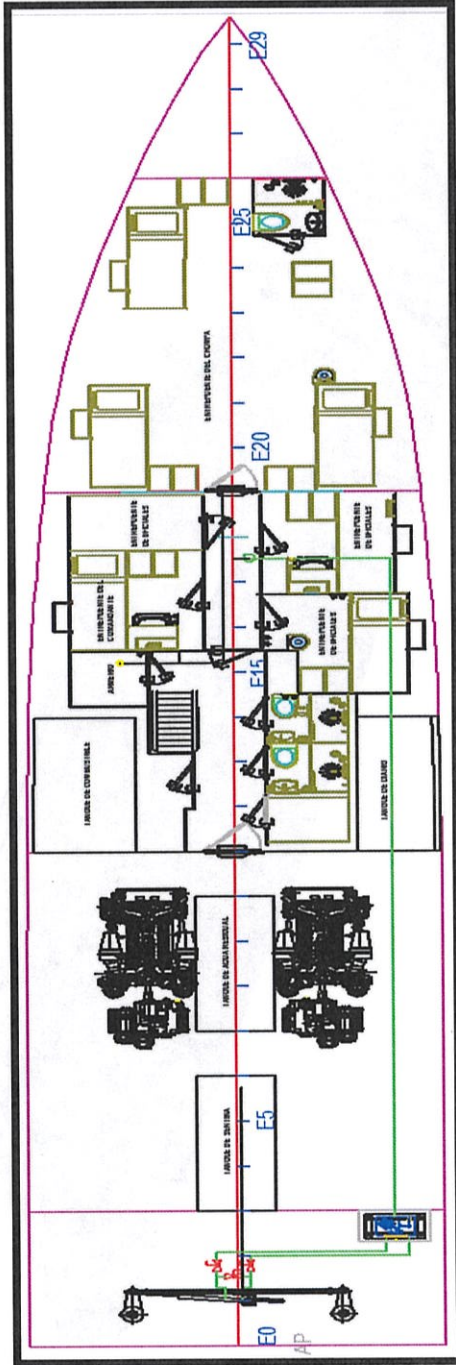
Agua dulce	200	l/día persona
	9000	litros
	2250	Galones
Total	9	TON

Fuente: Elaboración Propia.

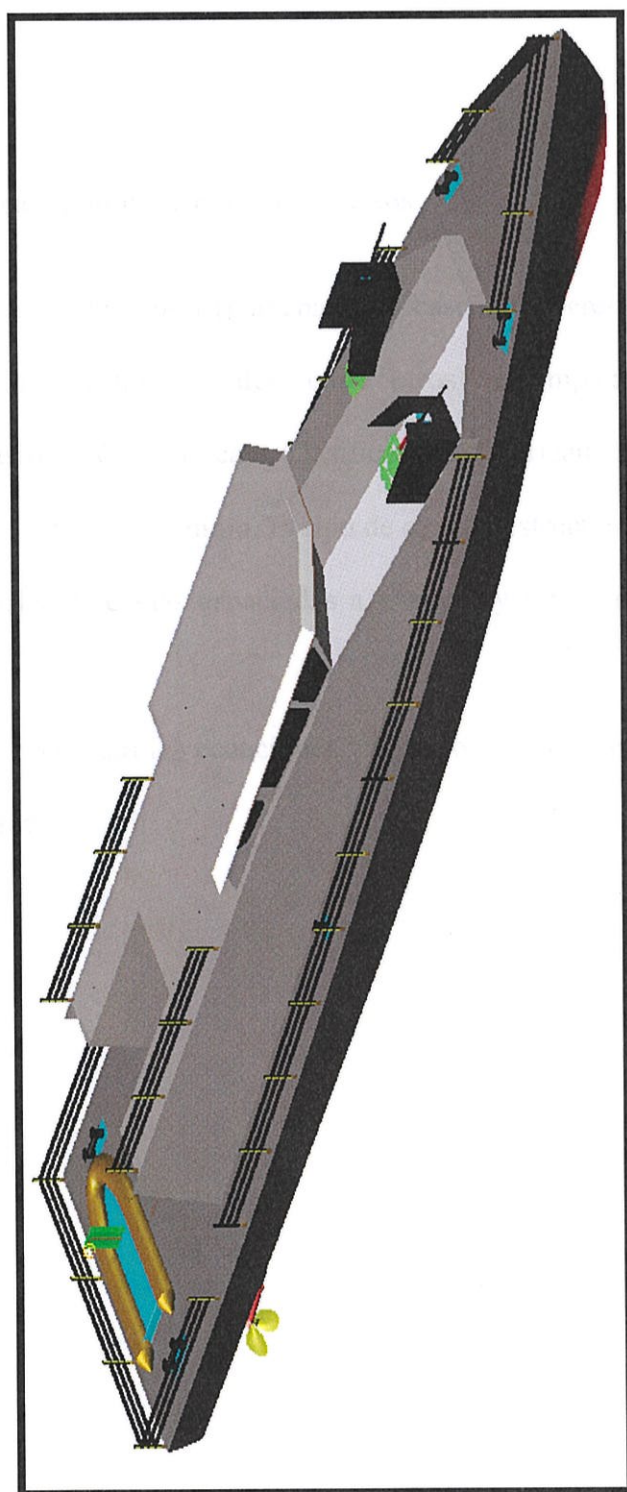
Figura II.14. Planos de distribución



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.



Fuente: Elaboración Propia.

2.9. Cálculo Estructural y estimación de pesos

Para el escantillado estructural (planchaje del casco - superestructura, cuadernas, refuerzos longitudinales, transversales, entre otros) se empleará las reglas para construcción y clasificación de la casa Clasificadora American Bureau Of Shipping: High Speed Craft 2015 para aluminio. El tipo de arreglo estructural a realizar tiene en sentido longitudinal bulárcamas espaciadas a 1 metro y refuerzos separados a 0.45 metros.

A continuación se presentan las ecuaciones y cálculos empleados para la estimación estructural del buque:

Tabla II.14 Ecuaciones y valores utilizados para escantillones

Módulo Seccional (Sec. Media) Mínimo	$SM = C_1 C_2 L^2 B (C_b + 0.7) C Q$ $Q=1.82$	$C_1 = 5, C_2 = 0.01, C=0.9,$
Inercia (Sec. Media)	$I = \frac{L}{QC} \frac{SM}{K}$	$k=13.33$
Quilla(espesor) Quilla(altura)	$t = 0.625L + 12.5$ $h = 1.46L + 100$	
Espesor de planchaje Fondo	$t = s \sqrt{\frac{pk}{1000\sigma_a}}$	$s=450, p=42.53, k=0.5, \sigma_a=78.75$
Costado	$t = s \sqrt{\frac{pk}{1000\sigma_a}}$	$s=450, p=38.35, k=0.5, \sigma_a=112.5$
Cubierta	$t = s \sqrt{\frac{pk}{1000\sigma_a}}$	$s=450, p=13.07, k=0.5, \sigma_a=75$
Estructura del fondo Refuerzo Transversal Refuerzo longitudinal	$SM = \frac{83.3 \times p s l^2}{\sigma_a}$	T: $p=62.53, s=1, l=1, \sigma_a=100$ L: $p=62.53, s=0.45, l=0.45, \sigma_a=81.25$
Estructura del costado Cuaderna transversal Refuerzo longitudinal	$SM = \frac{83.3 \times p s l^2}{\sigma_a}$	T: $p=38.92, s=1, l=1, \sigma_a=75$ L: $p=38.92, s=0.45, l=0.45, \sigma_a=75$
Estructura de cubierta Baos Esloras	$SM = \frac{83.3 \times p s l^2}{\sigma_a}$	T: $p=13.07, s=1, l=1, \sigma_a=93.75$ L: $p=13.07, s=1, l=1, \sigma_a=41.25$
Mamparos estancos Espesor	$t = s \sqrt{\frac{pk}{1000\sigma_a}}$ $SM = \frac{83.3 \times p s l^2}{\sigma_a}$	$s=450, p=12.54, k=0.5, \sigma_a=75$ $p=26.95, s=0.45, l=0.45, \sigma_a=106.25$

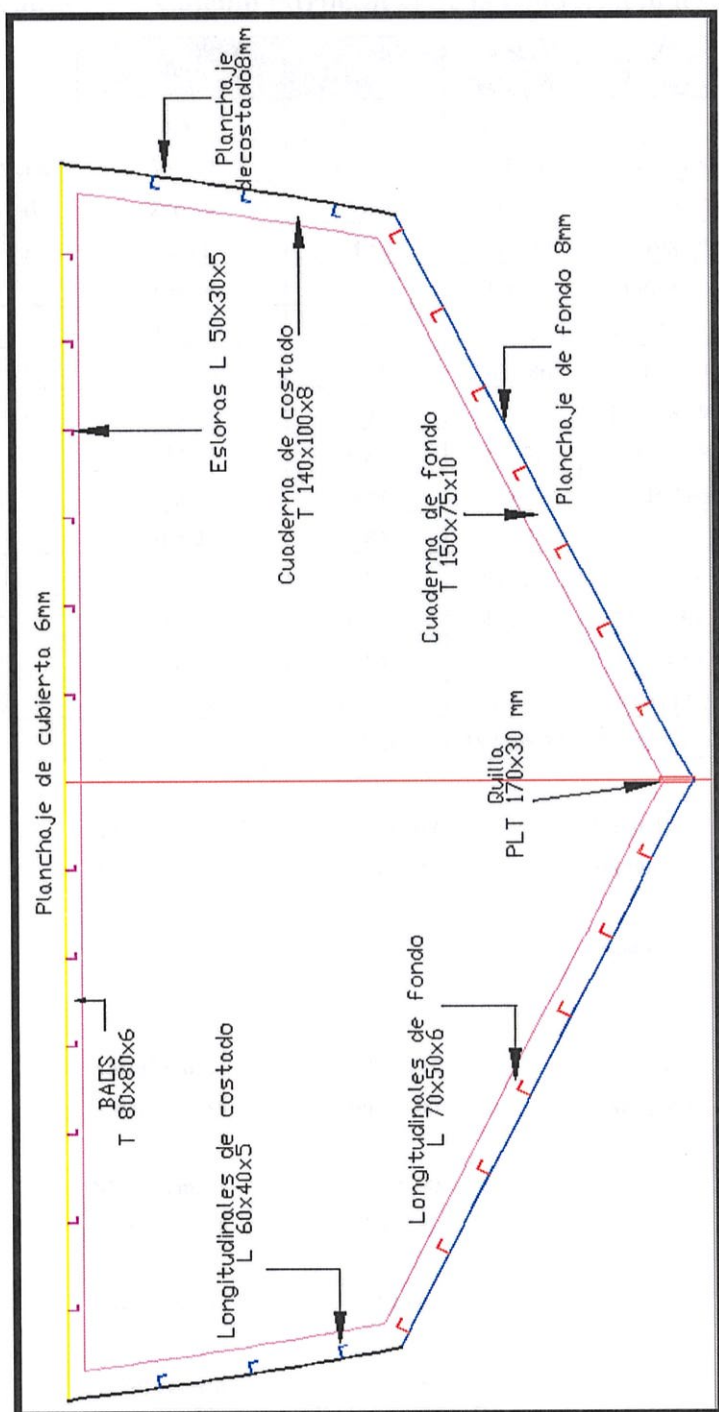
Fuente: Elaboración Propia.

Tabla II.15 Valores de los refuerzos de la sección media

Módulo Seccional (Sec. Media) Mínimo	$SM = 579.62 \text{ cm}^2 - m$	
Inercia (Sec. Media)	$I = 726.40 \text{ cm}^2 - m^2$	
Quilla(espesor)	$t = 30 \text{ mm}$	
Quilla(altura)	$h = 140 \text{ mm}$	
Espesor de planchaje Fondo	$t = 7 \text{ mm}$	
Costado	$t = 6 \text{ mm}$	
Cubierta	$t = 4 \text{ mm}$	
Estructura del fondo	$SM_T = 59.18 \text{ cm}^3$	T: 150 x 75 x 10
Refuerzo Transversal	$SM_L = 5.84 \text{ cm}^3$	L: 70 x 50 x 6
Refuerzo longitudinal		
Estructura del costado	$SM_T = 43.50 \text{ cm}^3$	T: 140 x 100 x 8
Cuaderna transversal	$SM_L = 4.25 \text{ cm}^3$	L: 60 x 40 x 5
Refuerzo longitudinal		
Estructura de cubierta		
Baos	$SM_T = 11.40 \text{ cm}^3$	T: 80 x 80 x 6
Esloras	$SM_L = 2.86 \text{ cm}^3$	L: 50 x 30 x 5
Mamparos estancos	$t = 4 \text{ mm}$	
Espesor	$SM = 1.93 \text{ cm}^3$	L: 30 x 30 x 4

Fuente: Elaboración Propia.

Figura II.15 Escantillonado de la sección maestra



Fuente: Elaboración Propia.

Tabla II.16 Cálculo estructural de la cuaderna maestra

	Z(cm)	Área (cm ²)	A*Z (cm ³)	A*Z ² (cm ⁴)	Itotal (cm ⁴)
Quilla	8.50	51.00	433.50	3684.75	4913.00
Planchaje de cubierta	307.49	126.22	38812.04	11934174.57	11935600.83
Planchaje de costado	226.19	115.19	26053.72	5892978.91	5220032.53
Planchaje de fondo	72.44	74.54	5400.00	391198.50	807680.42
Esloras	304.04	3.75	1140.14	346643.00	346652.53
Long. de costado 1	262.47	4.75	1246.73	327228.13	327232.94
Long. de costado 2	218.08	4.75	1035.86	225896.84	225901.38
Long. de costado 3	173.81	4.75	825.60	143498.09	143502.60
Long. de fondo 1	144.93	6.84	991.32	143671.98	143691.91
Long. de fondo 2	125.14	6.84	855.93	107107.86	107127.70
Long. de fondo 3	105.27	6.84	720.05	75800.33	75820.08
Long. de fondo 4	85.27	6.84	583.24	49732.29	49751.73
Long. de fondo 5	65.04	6.84	444.88	28935.91	28955.21
Long. de fondo 6	44.53	6.84	304.59	13564.03	13583.80
Long. de fondo 7	25.26	425.99	78847.61	19684115.20	4385.71
SUMA		851.98	157695.23	39368230.40	19434832.35

zg(cm) 185.09 Io(cm⁴) 19434832.35
A*zg²(cm⁴) 29188144.68 In(cm⁴) 39368230.40

I(cm⁴) 20360171.44

SMinf(cm³) 110000.21 Cinf(cm) 185.09
SMsup(cm³) 166349.05 Csup(cm) 122.39

SMinf(cm³) 1100.00
SMsup(cm³) 1663.49

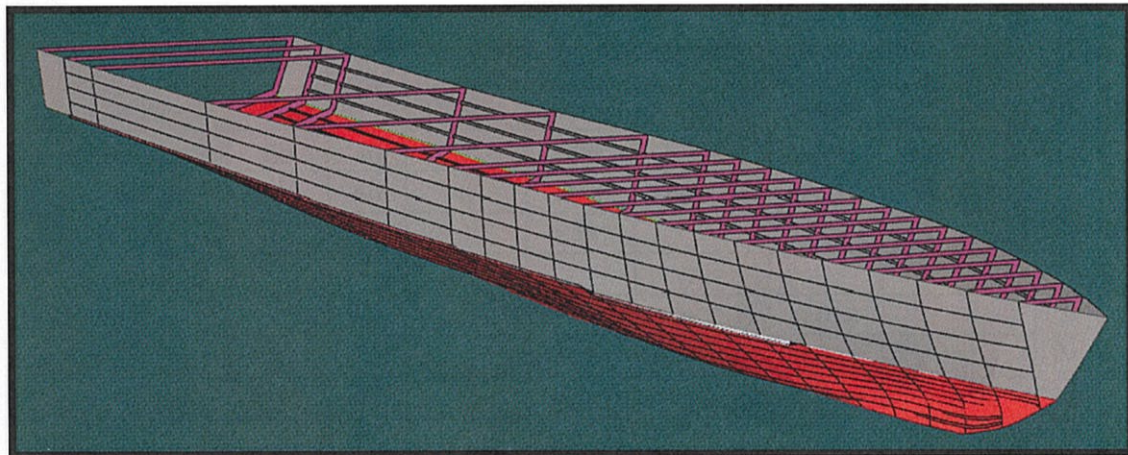
SM(cm²-m) 579.62

%Sobreestimado 47.31

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 19 se presenta los resultados el cálculo de la inercia y modulo seccional de la cuaderna maestra donde se puede observar que el valor obtenido es mucho mayor que el dado por ABS, siendo el último el seleccionado para nuestro diseño.

Figura II.16 Perfil de los elementos estructurales del buque



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Structure.

Estimación de pesos

El cálculo de pesos de la estructura del casco se lo realiza por unidad de área el mismo que es considerado dividirlo en tres partes: fondo, costado y cubierta.

Tabla II.17 Cálculo de peso de la estructura del casco

Elementos Estructurales	Dimensiones(mm)			Área	Volumen	Peso	Peso/Área
	Alma	Ala	Espesor	(mm ²)	(mm ³)	(Ton)	(Ton/m ²)
CUBIERTA							
Planchaje			4	450000	1800000	0.0048	
Longitudinales	50	30	5	400	180000	0.0005	
Transversales	80	80	6	960	960000	0.0026	0.017
Total				0.451			
COSTADO							
Planchaje			6	450000	2700000	0.007	
Longitudinales	60	40	5	500	225000	0.001	
Transversales	140	60	8	1600	1600000	0.004	0.027
Total				0.452			
FONDO							
Planchaje			8	450000	3600000	0.010	
Longitudinales	70	50	6	720	324000	0.001	
Transversales	150	75	10	2250	2250000	0.006	0.036
Total				0.453			

Fuente: Elaboración Propia.

Para los cálculos realizados se empleó la densidad del aluminio que es el material seleccionado para nuestra construcción cuyo valor es 2.66 Ton/m³. El modulo del programa computacional Maxsurf nos provee de las áreas del casco que son utilizadas para obtener el peso de la estructura del casco, teniendo como lo siguiente:

Tabla II.18 Peso estimado de la estructura

Zona	Área(m ²)	P/A(Ton/m ²)	Peso
Cubierta	160.4356	0.0173	2.78
Costado	98.3	0.0266	2.62
Fondo	151.927	0.0363	5.51
Quilla	0.0051		0.40
		Total	11.31

Fuente: Elaboración Propia.

A este valor de acuerdo a la referencia [2] aumentamos un 20% por base de máquina, mamparos y suelda, y, 25% por apéndices y superestructura.

Para el cálculo de peso en rosca [16] se debe hacer un desglose de tres grupos:

1. Estructura del casco
2. Equipo y habitabilidad
3. Maquinaria

El primer grupo ya fue calculado, ahora debemos calcular los dos siguientes, para esto consideraremos las siguientes formulas:

Equipo y habitabilidad [16]

$$w(\text{ton}) = k L_{pp} \times B \times D$$

$$k = 0.06$$

Al reemplazar k y los demás valores conocidos del buque tenemos

$$w(\text{ton}) = 13$$

Para el cálculo de maquinaria propulsora y auxiliar: El peso de este grupo, en instalaciones diésel, se divide en 4 partes:

- a) Motor propulsor y reductor
- b) Resto de maquinaria propulsora
- c) Otros elementos en cámara de maquinas
- d) Línea de ejes fuera de cámara de maquina

Empezamos el cálculo para motores de 4 tiempos en V, más reductor[16]:

$$W(\text{ton}) = 6 + 6.9(MCO/N)^{0.96}$$

MCO: Potencia del motor = 3200

N : Rpm del motor = 2300

Al reemplazar estos valores en la formula anterior tenemos:

$$W(ton) = 10.5 Ton$$

Para el resto de partes del grupo de maquinaria propulsora y auxiliar se tiene la siguiente fórmula de la referencia [17]

$$PQR(ton) = (k \times VE) + h \times Ej \times ((j \times Lpp) + 5)$$

k : coeficiente tabulado = 0.0217

l : coeficiente tabulado = 1

h : coeficiente tabulado = 1.5

VE : volumen de cámara de máquinas = 144 m³

EJ : longitud de las líneas de ejes fuera de cámara de máquinas. = 2 m

Reemplazando los valores en la formula anterior, tenemos:

$$PQR(ton) = 19$$

Al realizar la suma total de todos los pesos calculados y sumando el peso de la grúa, armamento y bote con quilla rígida tenemos en total:

Tabla II.19 Cálculo del peso ligero del buque.

Descripción	Peso(Tonclada)
W pesos fijos	1.40
W fundation 25%	2.83
Wsuperestructura25%	2.83
W total Al	11.31
W engine	10.87
W máquina restante	19.00
W habitabilidad	13.00
W_{TOTAL}	59.83

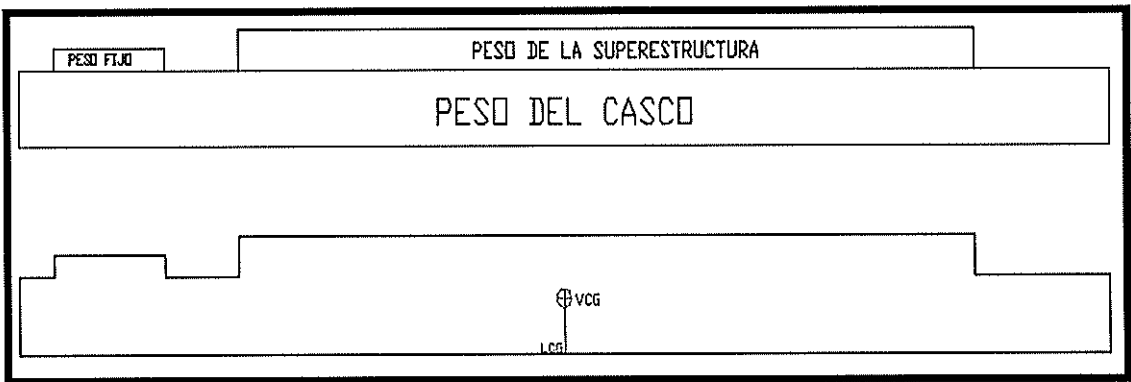
Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

El peso calculado en la tabla 22 es solo el buque sin tanques llenos, sin tripulantes y sin víveres.

Distribución de peso y boyantez

De acuerdo a la estimación anterior se obtiene la distribución de pesos a lo largo de la eslora del buque. Esta distribución de pesos y boyante, se la muestra a continuación pero antes se estimará de manera aproximada el centro de gravedad de la embarcación que luego será corroborada usando el módulo Stability de Maxsurf.

Figura II.17 Determinación del centro de gravedad del buque



Fuente: Elaboración Propia.

Mediante el comando de propiedades en AutoCAD, podemos estimar la posición del centro de gravedad:

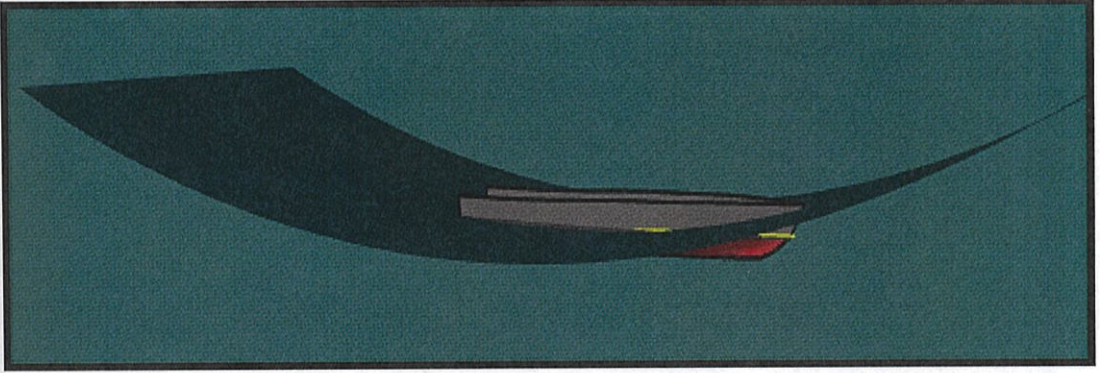
LCG (aproximado, m) = 14.83 de popa a proa

VCG (aproximado, m) = 1.09 desde la base del buque

A continuación se muestra la gráfica de peso y boyantez:

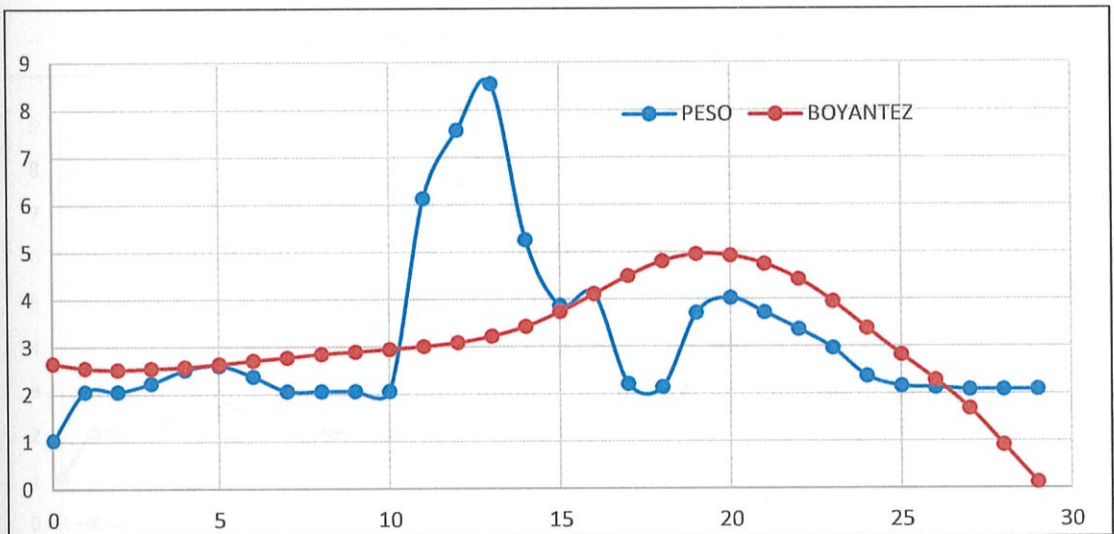
- Quebranto- Hogging

Figura II.18 Condición de quebranto.



Fuente: Elaboración propia

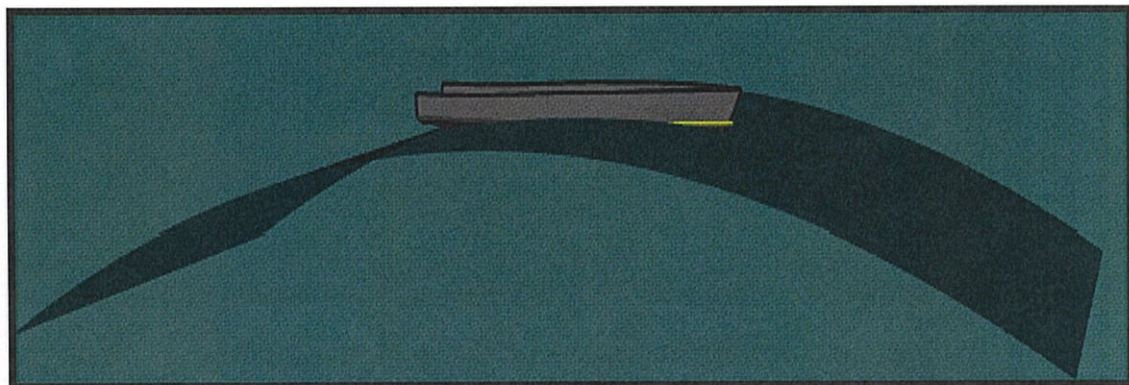
Figura II.19 Peso y Boyantez en quebranto.



Fuente: Elaboración Propia.

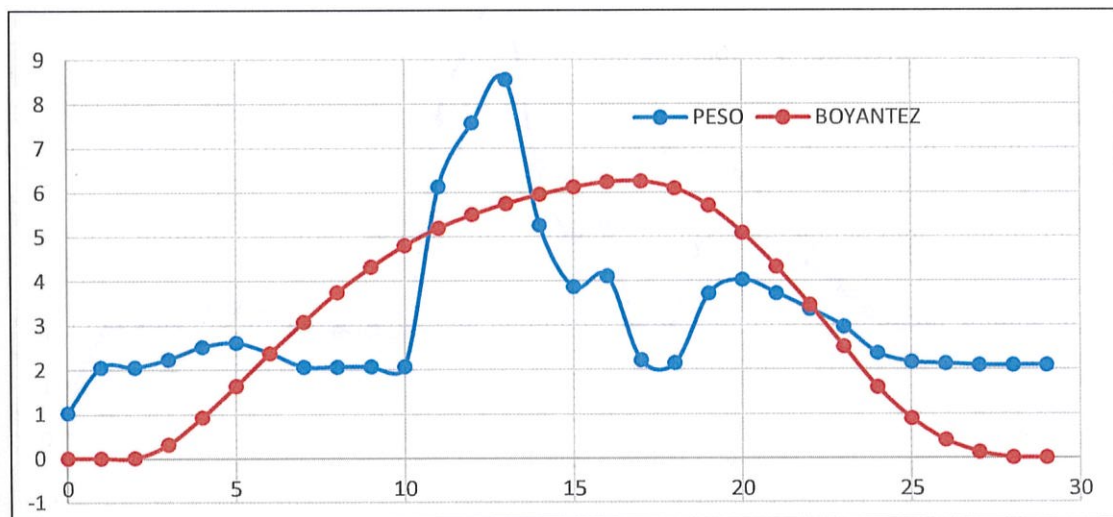
- Arrufo- Sagging

Figura II.20 Condición de arrufo.



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

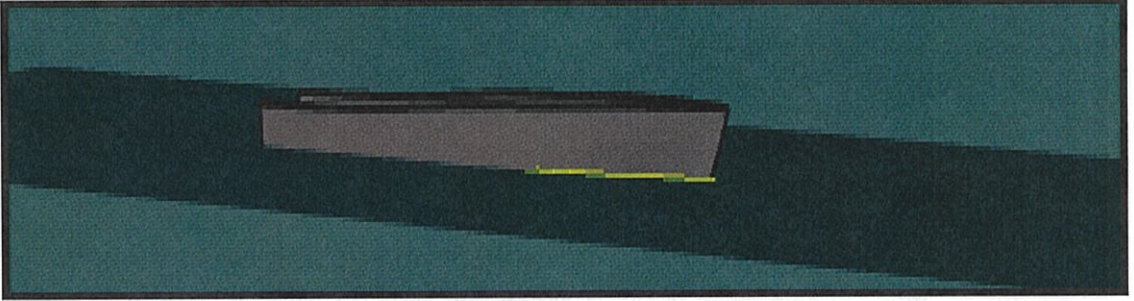
Figura II.21 Peso y Boyantez en arrufo



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

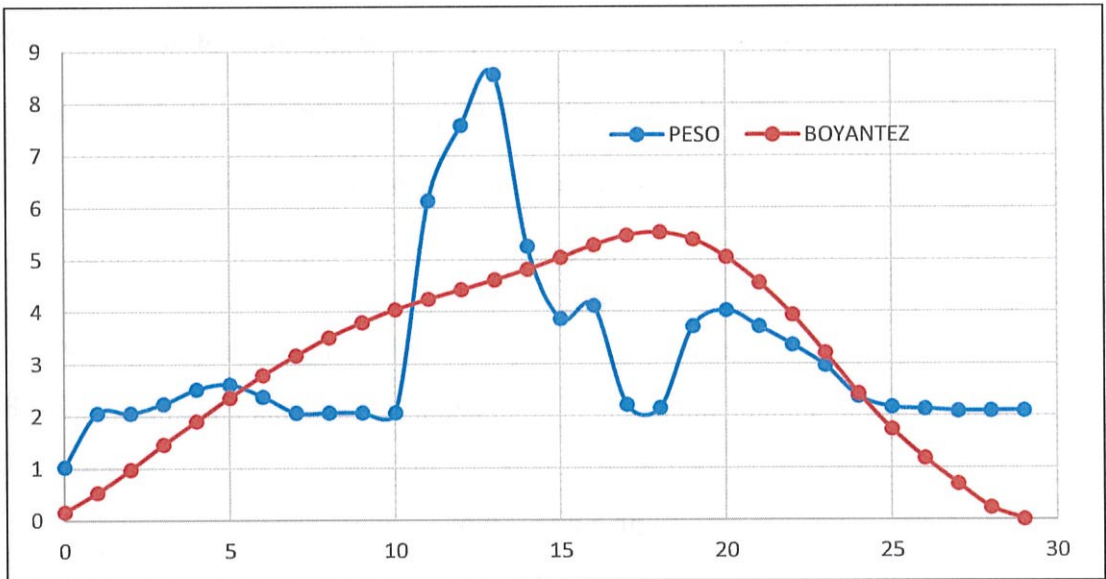
- Aguas Tranquilas

Figura II.22 Condición de aguas tranquilas.



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

Figura II.23 Peso y Boyantez en aguas tranquilas



Fuente: Elaboración Propia. Módulo Stability

2.10. Sistemas de protección del casco

Sistema de aplicación de pintura

Se eliminará la calamina de las planchas mediante el uso de hidroblasting dejando la superficie lista para la aplicación del plan de pintura.

Se aplicará el plan de pintura como se detalla a continuación:

Base anticorrosiva: el primer es la aplicación de pintura más importante porque evitará la corrosión del casco.

Pinturas intermedias: las mismas que deben aislar al primer de los agentes corrosivos esta debe ser compatible con la capa base y final.

Capa final: sirve como protección de las capas anteriores y da la estética final al buque

Sistema de ánodos de sacrificio[18]

A parte del plan de pintura para proteger el casco de la corrosión se usarán ánodos de sacrificio los cuales serán calculados de la siguiente manera:

$$N = \frac{9.8S}{1000}$$

N = Número de ánodos de sacrificio requeridos para el casco

S (ft²) = superficie mojada = 1756.05

Teniendo:

$$N = \frac{9.8 * 1756.05}{1000} = 17$$

2.11.Circuitos auxiliares

Para los circuitos tomamos como referencia una embarcación de similares dimensiones con lo que se tiene una cantidad preliminar de los equipos a utilizar:

1. Agua dulce
2. Combustible
3. Achique
4. Sistemas de: Achique, Lastre

- **Circuito de agua dulce**

Material del circuito • PVC-C, aluminio.

Hidroforo: con 01 bomba eléctrica .y presión entre 1 y 3 bar.

- **Sistema de combustible**

Bomba de combustible Bomba eléctrica de 0.43kW, 1750 RPM

Filtros separadores de agua del combustible •Para cada motor y generador

Purificadora de combustible • de 1150L/hr.

- **Achique de Sentinas:** Mediante succión con canastillas distribuidas en:

Sala de maquina

Servo

Habitabilidad

Bomba de Sentina de peak de proa: 01 bomba con un punto de succión en el fondo y una descarga sobre la borda.

Bombas de achique del buque:

01 bomba manual para el manifold de achique ubicada en sala de máquinas.

- 02 Bombas eléctricas bajo el manifold con capacidad: 12 [m³/H]

Descarga de sentina

Descarga A la banda de estribor.

Separador de sentina

- Marca: FACET• Capacidad: 0.5 [m³/H]
- El agua oleosa (no 100% aceite) se recircula hacia la sentina, para posterior tratamiento.

Material del sistema de sentinas la línea de achique del manifold y peak de proa son de PVC.

- **Sistema de aguas residuales**

Material de tuberías, PVC-C

- 01 bomba manual de respaldo (descarga al exterior), y 01 bomba eléctrica

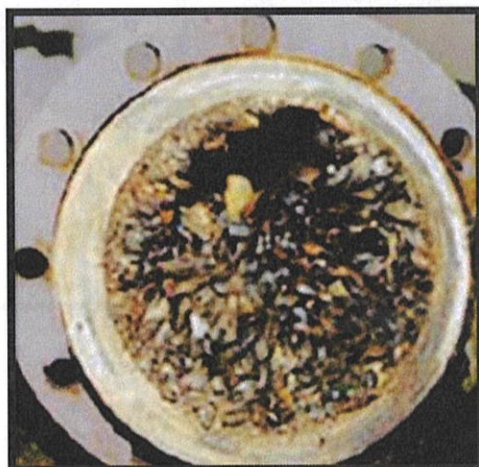
Planta de tratamiento con capacidad de tratamiento físico y químico de aguas residuales

- **Sistema de enfriamiento de las maquinas principales.[23]**

Las tomas de mar requeridas para el enfriamiento de los motores mediante tuberías que van hasta los intercambiadores de calor, deben ser protegidas de las incrustaciones que se adhieren a las paredes interiores de las mismas

El Sistema Cathelco anti-incrustante utilizado se basa en el principio electrolítico que consiste en colocar en cada toma de fondo un par de electrones, uno de cobre y otro de aluminio.

Figura II.24 Toma de mar con incrustaciones



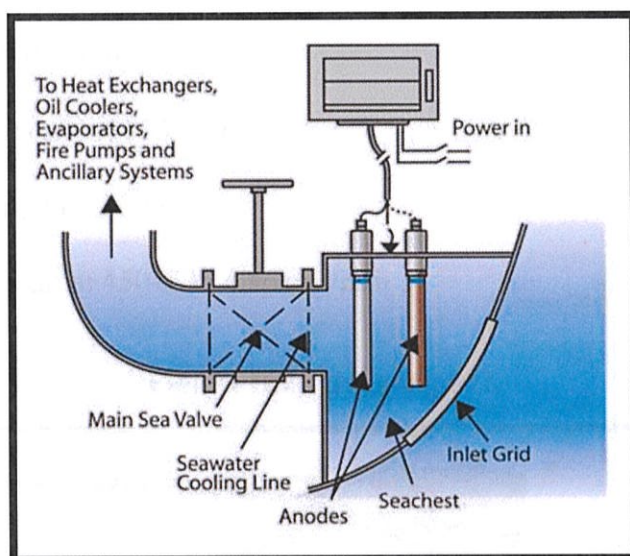
Fuente: Ver referencia [23]

Los cuales tienen una masa anódica en peso, calculada de tal forma que dure un periodo de 1 hasta 3 que es la próxima entrada normalmente a dique del barco.

Estos electrodos son controlados en su operación por un panel automatizado que envía la corriente necesaria para su funcionamiento. Dicho panel en muchas ocasiones va instalado en los mismos compartimientos de máquinas.

Siempre la mejor opción es aquella cuando los barcos vienen equipados de fábrica con los sistemas de protección, sin embargo, a todo tipo de barco se le puede adaptar el sistema, sin que signifique un problema para el balance eléctrico de la embarcación.

Figura II.25 Sistema de protección para sistemas de enfriamiento



Fuente: Ver referencia 23

En la embarcación se requiere un caudal aproximado de $Q \text{ (m}^3\text{/s)}=0.03348$ y por ser una tubería de succión con una velocidad de 2m/s , por lo que necesitaremos una toma de mar con un diámetro de: $Q = A * V$

$$D \text{ (mm)}=150$$

2.12.Sistemas de defensa y ataque

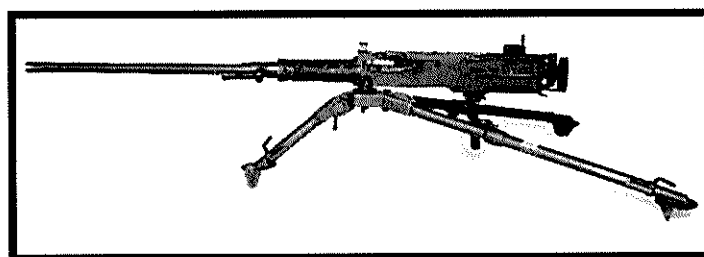
Para el sistema de ataque se colocaran dos ametralladoras de 0.5 calibre las mismas que serán dispuestas en cada banda, ubicadas en la parte de proa con bases fijas cuya parte

superior rota, permitiendo al artillero tener un alcance más amplio de ataque y en caso de tener problemas con la ametralladora él puede cerrar su escotilla para salvaguardar por su vida.

Característica de la ametralladora:

- Peso: 38 kg
- Longitud: 1656 mm
- Longitud de cañón: 1143 mm
- Alcance máximo: 2000 m
- Cantidad de tiros: 450–635 disparos/min

Figura II.26 Browning M2.



Fuente: Ver referencia 28.

2.13.Sistema de fondeo, amarre y contraincendios

Los buques están equipados normalmente con ancla y sus respectivas cadenas, cada una del tamaño adecuado para retener al buque en las condiciones relativamente expuestas a áreas no protegidas, el sistema de fondeo está diseñada para retener el buque contra un viento de 70 nudos, una corriente de 4 nudos, una profundidad de 40 brazas, siendo el fondo un área firme.

La tensión sobre el ancla y el fondo debe ser horizontal, para que se desarrolle su máximo poder de retención y para evitar que se desprenda de su sitio de agarre. Por esta razón, la cadena del ancla es mucho más pesada de lo que se requiere para soportar la carga de tensión.

Para el desarrollo de este sistema se emplea la casa clasificadora ABS, sección construcción del casco y equipamiento, para la cual se presenta la siguiente ecuación:

$$EN = k\Delta^{2/3} + m(Ba + bh) + nA$$

Donde:

k: constante = 1

m: constante = 2 ,

n: constante =1

Δ (tons)=116

B(m):manga= 6.4

h(m):1.5

a(m):francobordo =1.7

A(m2)= 21.56

EN=67

Tabla II.20 Equipo para embarcaciones de alta mar[14]

Equipment Numeral	Equipment Number*	Stockless Bower Anchors		Chain Cable Stud Link Bower Chain			
		Number	Mass per Anchor, kg	Length, m	Diameter		
					Normal- Strength Steel (Grade 1), mm	High- Strength Steel (Grade 2), mm	Extra High- Strength Steel (Grade 3), mm
UA1	30	2	75	192.5	12.5	—	—
UA2	40	2	100	192.5	12.5	—	—
UA3	50	2	120	192.5	12.5	—	—
UA4	60	2	140	192.5	12.5	—	—
UA5	70	2	160	220	14	12.5	—

Fuente: Ver referencia 14

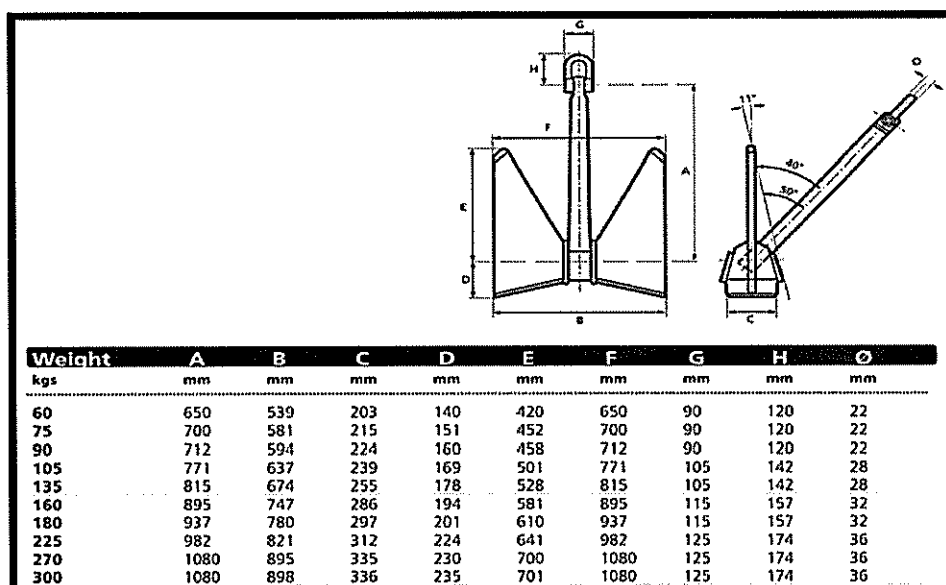
De la tabla anterior podemos decir que el tipo de anclaje será de EN =70 que consta de las siguientes características:

Tabla II.21 Parámetros seleccionados del ancla

Tipo	Ancla de leva sin cepo
Peso del ancla	160 kg
Longitud de la cadena de leva	220 m
Diámetro de la cadena	14 mm

Fuente: Elaboración Propia.

Figura II.27 Características del ancla seleccionada[19]



Fuente: Ver referencia 19

Estimación de la potencia del cabrestante:

$$P(\text{hp}) = (4.3p \times V_3) / (60 \times n \times 75)$$

p(kg): peso del ancla=

V_3 : velocidad recomendada para recoger el ancla m/min = 12

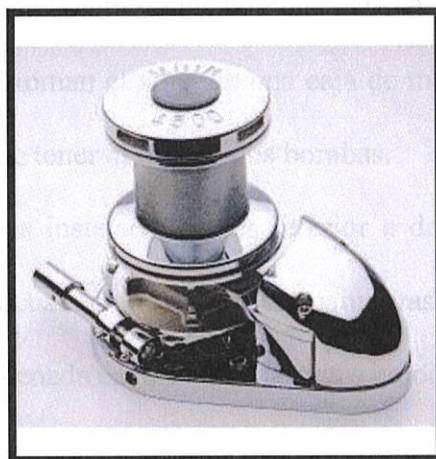
n: eficiencia = 0.6

Reemplazando los valores anteriores en la ecuación tenemos:

$$P(hp) = \frac{4.43 \times 160 * 12}{60 * 0.6 * 75} = 3.05$$

Winche seleccionado:

Figura II.28 Winche seleccionado [20]



Fuente: Ver referencia 20

El Winche seleccionado trabaja a PH / 50HZ teniendo una potencia de 4 Kw

- **Sistema de amarre**

De acuerdo algunos documentos entre los que se encuentra *amarre de buques* [21] indican que no se encuentran regulaciones para el número de bitas de amarre para embarcaciones con esloras inferiores a 90 metros. Por lo tanto se toma como referencia embarcaciones de similares características para colocar un total de 06 bitas para la maniobra de atraque.

Contraincendios

Hidrantes y mangueras contraincendios, tres hidrantes con salida de 1 ½” conectados al sistema de achique:

Un hidrante se coloca en la sala de máquinas, un hidrante se coloca en la cubierta principal popa y el otro se encuentra en el costado de babor a proa de la superestructura.

Para este sistema se usará cualquiera de las bombas del sistema de achique explicado anteriormente, ya que estas toman el agua de una caja de mar, cumpliendo así con el requerimiento de SOLAS de tener al menos dos bombas.

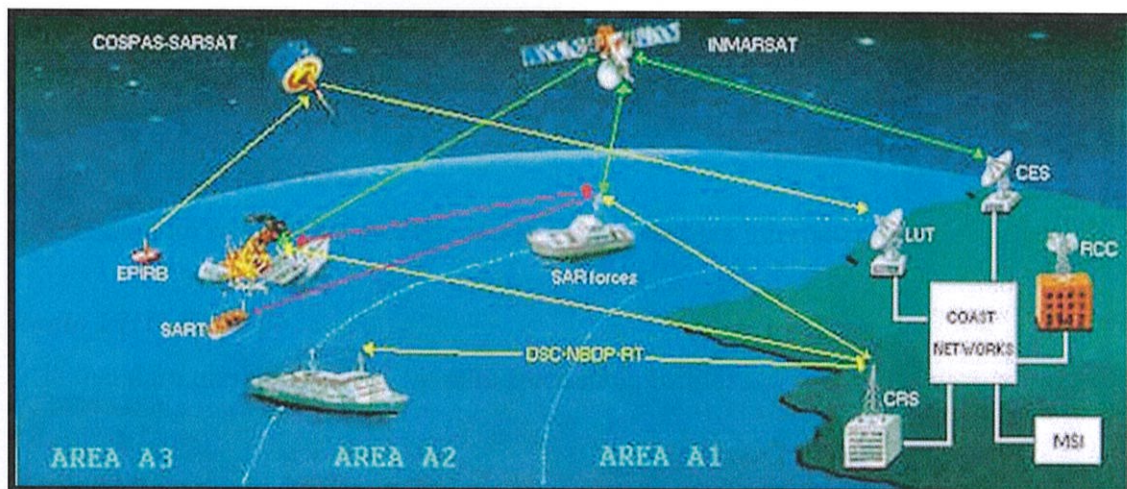
La capacidad de las bombas instaladas no es inferior a dos tercios del caudal que evacua la bomba de sentina cuando son usadas en maniobras de achique

Cada manguera estará almacenada en una caja plástica y colocada en un lugar adecuado cerca del hidrante.

2.14.Equipos de navegación y comunicación

Para la selección de estos equipos se considera el área de operación que va a navegar la embarcación, puesto que el sistema mundial de socorro y seguridad marítimo (SMSSM) lleva a cabo operaciones de: alerta coordinación de búsqueda y rescate, localización, provisión de información marítima, comunicaciones generales y comunicaciones de puente a puente, el cual está regulado por el Convenio internacional para la protección de la vida humana en el mar (SOLAS 1974), aprobado bajo los auspicios de la Organización Marítima Internacional (OMI).

Figura II.29 Distribución de las áreas de Operación



Fuente: Ver referencia 29

Áreas definidas por la IMO para GMDSS

- Zona A1: Alcance de estaciones costeras con ondas métricas
(20-30 millas) (VHF DSC)
- Zona A2: Alcance de estaciones costeras con ondas Hectométricas
(Aprox. 100-150 millas) (MF DSC)
- Zona A3: Cobertura de Satélites Geoestacionarios
(Latitudes entre 70° N y 70°S) (Inmarsat)
- Zona A4: Resto de Zonas (Regiones polares)

Navegador GPS

Se instalarán un sistema GPS. El sistema debe permitir visualizar la carta electrónica de la zona de navegación del Ecuador, con el posicionamiento de la unidad, y permitir la carga de tarjetas de navegación de otras zonas que se requieran.

Radioteléfono VHF DSC-A

Se instalarán un radioteléfono VHF con todos los canales internacionales. El equipo estará provisto de una unidad DCS integrada y un receptor de vigilancia.

Radio VHF-FM Portuario

Se instalará un radioteléfono VHF con todos los canales internacionales.

Radio VHF-FM Fijo

Se instalará un radio VHF-FM para frecuencia militar.

Radio bidireccional VHF portátiles

Se proveerán dos radios VHF portátiles, completos con cargadores y batería adicional, con pinzas para cinturón. El VHF cumple con las regulaciones GMDSS. Controla de manera simultánea hasta dos llamadas de emergencia de la guardia costera; uno del clima y un canal marino ordinario.

Radioteléfono MF/HF

Se instalarán un radioteléfono MF/HF para llamada de emergencias. La antena se instalará en un lugar apropiado y pueden plegarse.

Capacidad: 150 W

Navtex

Se instalarán un receptor Navtex para recibir alertas del tiempo tales como información de marea.

Figura II.30 Equipos de comunicación.



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO III.

PRESUPUESTO Y PLANIFICACIÓN PRELIMINAR DE CONSTRUCCIÓN.

La etapa constructiva del buque está proyectada para 7 meses los cuales se desarrollarán de la siguiente manera:

Tabla III.1 Tiempos de ejecución por grupos de trabajo

Grupo	Descripción	Tiempo de ejecución (semanas)
100	Casco y superestructura	16
200	Motores y propulsión	2
300	Sistemas eléctricos	11
400	Sistemas electrónicos	11
500	Sistemas auxiliares	12
600	Carpintería y Pintura	12

Fuente: Elaboración propia

3.1 Estimación preliminar del costo del casco

Para la estimación de costos en este literal se consideran los del mercado local teniendo lo siguiente:

Tabla III.2 Costo de la estructura del casco

Peso (lbs)	Descripción	P.Unitario(lbs)	P _{TOTAL}
37400	Casco y superestructura	\$ 6.00	\$ 224,400.00
4488	Soldadura de aluminio ER-5356 de 1.2 mm ROLLO DE 0.5KG	\$ 6.00	\$ 26,928.00
		P_{TOTAL}	\$ 251,328.00

Fuente: Elaboración propia

3.2 Estimación preliminar del costo de maquinaria

Para el costo de la maquinaria se tomó como referencia los siguientes valores:

Tabla III.3 Valores preliminares de maquinaria

Cantidad	Descripción	P.Unitario	P _{TOTAL}
2	Motor Caterpillar	\$ 280,000.00	\$ 560,000.00
2	Reductor	\$ 55,000.00	\$ 110,000.00
2	Generador	\$ 58,239.91	\$ 116,479.82
1	Sistema de propulsión y gobierno	\$ 60,000.00	\$ 30,000.00
1	Circuito de combustible	\$ 10,000.00	\$ 30,000.00
1	Circuito de achique	\$ 7,000.00	\$ 30,000.00
1	Circuito contra incendios	\$ 11,000.00	\$ 30,000.00
1	Circuito de agua dulce	\$ 8,000.00	\$ 30,000.00
		P_{TOTAL}	\$ 936,479.82

Fuente: Elaboración propia

3.3 Estimación preliminar del costo de equipamiento y habitabilidad

Para el costo de equipamiento y habitabilidad se tomó como referencia embarcaciones que realizan el mismo tipo de trabajo que la propuesta en esta tesis:

Tabla III.4 Valores preliminares de equipamiento y habitabilidad.

Descripción	P_{TOTAL}
Equipamiento	\$ 69,016.00
Materiales y accesorios para habitabilidad Paneles de formica Techo Paneles que forman las paredes pegamentos Insumos menores.	\$ 40,000.00
TOTAL	\$ 109,016.00

Fuente: Elaboración propia

3.4 Estimación preliminar del costo de equipos de navegación y armamento

Para el costo de equipamiento y habitabilidad se tomó como referencia embarcaciones que realizan el mismo tipo de trabajo que la propuesta en esta tesis:

Tabla III.5 Valores preliminares de equipos de navegación y armamento

Descripción	P_{TOTAL}
Equipos de eléctricos y electrónicos	\$ 125,000.00
Armamento	\$ 50,000.00
TOTAL	\$ 175,000.00

Fuente: Elaboración propia

Estimación de costos de hombres-hora para los diferentes grupos de trabajos:

Tabla III.6 Costos de mano de obra

Descripción	Costo(\$)	H/H	N° Personas	Costo Total
Soldador	8	640	15	\$ 76,800
Armador	7	640	10	\$ 44,800
Ayudante taller	5	1120	5	\$ 28,000
Maniobras	4	80	4	\$ 1,280
Operador de grúa	5	80	2	\$ 800
Maquinado	7	80	4	\$ 2,240
Propulsión	7	70	3	\$ 1,470
Sistemas auxiliares	5	640	7	\$ 22,400
Montacargas	4	50	2	\$ 400
Pintor	4	160	4	\$ 2,560
Carpintero	4	160	15	\$ 9,600
Eléctrico	6	640	6	\$ 23,040
Electrónico	6	640	6	\$ 23,040
P_{TOTAL}				\$ 236,430.00

Fuente: Elaboración propia

Tabla III.7 Estimación de costos totales

Descripción	Costo Total
Costos del casco	\$ 251,328.00
Costos de maquinaria	\$ 936,479.82
Costos de equipamiento y habitabilidad	\$ 109,016.00
Equipos de navegación y armamento	\$ 175,000.00
Costo de H/H	\$ 236,430.00
Costo de construcción	\$ 1,708,253.82
Imprevistos 5%	\$ 85,412.69
Utilidad 35%	\$ 597,888.84
Garantía 5%	\$ 85,412.69
Costo total	\$ 2,476,968.04

Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Una vez finalizado el diseño preliminar de la lancha guardacostas para la Armada del Ecuador se concluye que:

1. La factibilidad de construir en Ecuador es viable puesto que existe mano de obra capacitada y a bajo costo, pudiendo así aumentar el número de trabajadores para reducir los tiempos de construcción convirtiéndose esto en un punto favorable para los astilleros locales. El costo de producción se incrementaría de \$2'476,968.04 en 2 o 3 veces más por los precios de importación y los costos que se estén dispuestos a cancelar con el objetivo de obtener los diferentes elementos de la embarcación en un menor tiempo.

Estos costos de “agenciamiento” causarían que la embarcación tenga un valor similar a los \$ 8 millones de dólares que costo una lancha guardacostas traída al país.[22]

2. El diseño preliminar de distribución general fue cambiado en algunas ocasiones puesto que la compartimentación realizada a inicios del trabajo no permitía que al inundarse un compartimento el buque se mantuviese a flote. En el nuevo diseño de acuerdo al cálculo de eslora inundable la permeabilidad de un comportamiento en caso de inundación es aceptable, puesto que todos los valores dan por debajo de las curvas sugeridas por SOLAS en el 60%,85% y 95% de permeabilidad.

3. De acuerdo a las curvas hidrostáticas obtenidas en la figura II. se puede observar que al mayor desplazamiento el calado de diseño tiene un valor de 115.9 toneladas, el mismo que se encuentra dentro del rango indicado en el requerimiento del armador.

4. La maquinaria de la embarcación es accesible de encontrar en el mercado, al igual que sus repuestos, la cual nos permite desarrollar la velocidad máxima de 27 nudos, con una potencia de 1600 hp llegando a cumplir el requerimiento indicado por el armador para el éxito en los patrullajes, rescates y persecución que se realicen en el territorio nacional por parte del Cuerpo de Guardacostas.

5. En los criterios referentes a estabilidad de acuerdo al programa computacional Stability la embarcación aprueba los criterios de la OMI.

6. El ángulo de astilla muerta en el plano de líneas de formas es grande debido a los requerimientos que se debían cumplir, puesto que si lo reducíamos aumentábamos el desplazamiento saliendo del rango dado y si modificábamos la manga el armamento no se desarrollaba correctamente por el espacio que necesita para su ejecución estos son algunos de las limitaciones que se presentaron durante el desarrollo del diseño.

RECOMENDACIONES

1. Se sugiere al Comando de Guardacostas que realicen las construcciones de sus embarcaciones en Ecuador, puesto que de suceder algún inconveniente tienen la opción de mantenimiento y reparación de su lancha localmente resultando económicamente viable.
2. Se recomienda a las personas interesadas en este diseño preliminar, profundizar a detalle en cada uno de los diferentes aspectos, si consideran la lancha para una futura construcción con ingeniería básica y de detalle para realizarlas en el Ecuador.
3. Si se requiere un mayor desplazamiento para la embarcación diseñada es factible realizarlo conservando las dimensiones principales, el mismo que se lo puede observar en las curvas hidrostáticas pero se debe tener en cuenta que todos las asunciones y cálculos realizados cambiaran.

4. Si se desea reducir el ángulo de astilla muerta se debe realizar una nueva distribución previa comunicación con el armador, para evitar problemas contractuales de diseño.

ANEXOS

ANEXO I - CÁLCULO DE LA ESLORA TOTAL USANDO EL NÚMERO DE FROUDE

Empleando la ecuación del número de Froude:

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{gL_{wl}}}$$

Parámetro definido para ingresar en la formula son los 27 nudos de velocidad

Cálculo de la eslora en flotación a diferentes números de Froude

Fr ²	V ² (m/seg)	g(m/s ²)	L(m)
0,4	13,89	9,8	123,02
0,45	13,89	9,8	97,20
0,5	13,89	9,8	78,73
0,55	13,89	9,8	65,07
0,6	13,89	9,8	54,68
0,65	13,89	9,8	46,59
0,7	13,89	9,8	40,17
0,75	13,89	9,8	34,99
0,8	13,89	9,8	30,76
0,85	13,89	9,8	27,24
0,9	13,89	9,8	24,30
0,95	13,89	9,8	21,81
1	13,89	9,8	19,68
1,05	13,89	9,8	17,85
1,1	13,89	9,8	16,27
1,15	13,89	9,8	14,88
1,2	13,89	9,8	13,67
1,25	13,89	9,8	12,60

Fuente: Elaboración propia

Para obtener el valor de la eslora total sumamos a la eslora en flotación el factor de seguridad.

Valor de eslora total con un factor de seguridad

0,085%	2,3157
Loa(m)	29,6
Loa/Lwl	1,085

Fuente: Elaboración propia

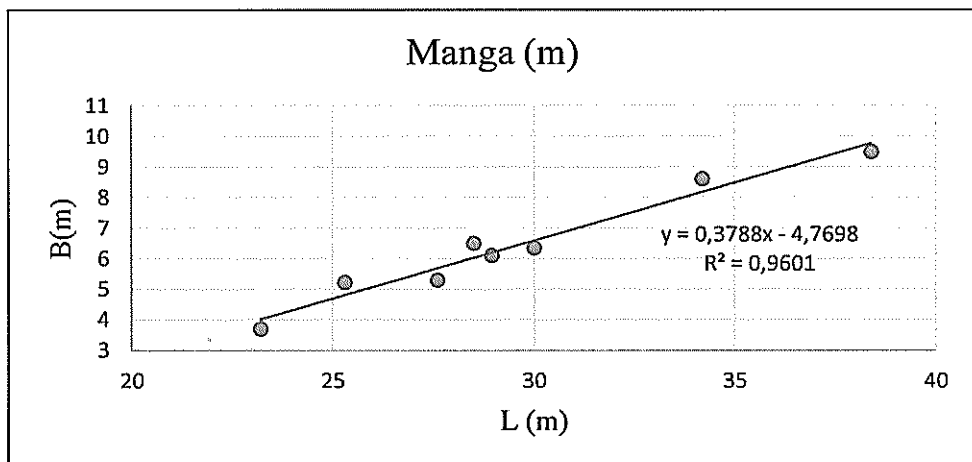
Cuadro comparativo de lanchas guardacostas

Embarcación	Eslora (m)	Manga (m)	Calado (m)	Puntal (m)
Lancha Patrullera-Arsenal De Cartagena	23,2	3,7	0,81	3,04
Río Santiago	25,3	5,23	1,25	3,16
GC-64 Mar Del Plata	27,6	5,3	1,65	3,30
Formentor	28,5	6,5	1,8	3,34
Piratini	28,95	6,1	1,55	3,36
Lynch Gc 21	30	6,35	1,67	3,40
Patrulla Clase Azteca	34,19	8,61	2,18	3,66
Paf I- Paf II	38,4	9,5	2,8	3,89

Fuente: Elaboración propia

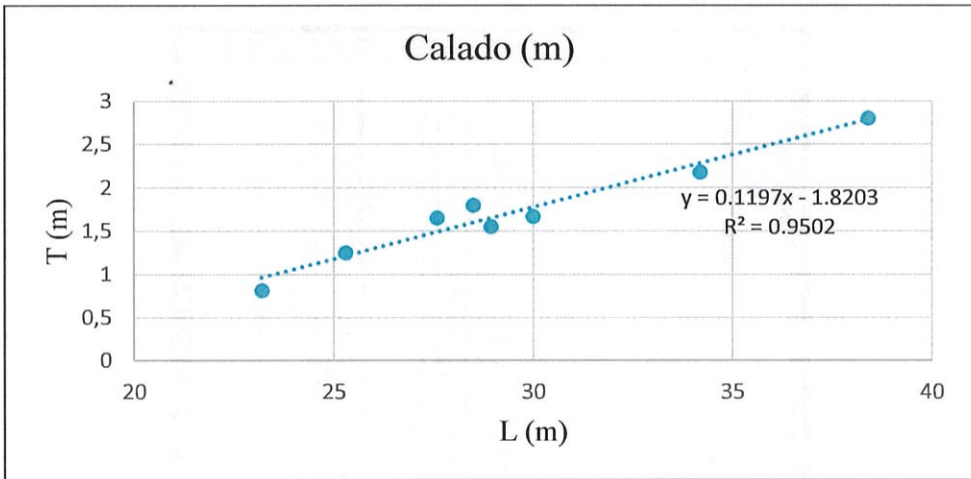
Con el valor de la eslora total 29,6 metros realizamos la regresión lineal:

Ecuación lineal de Eslora Vs Manga



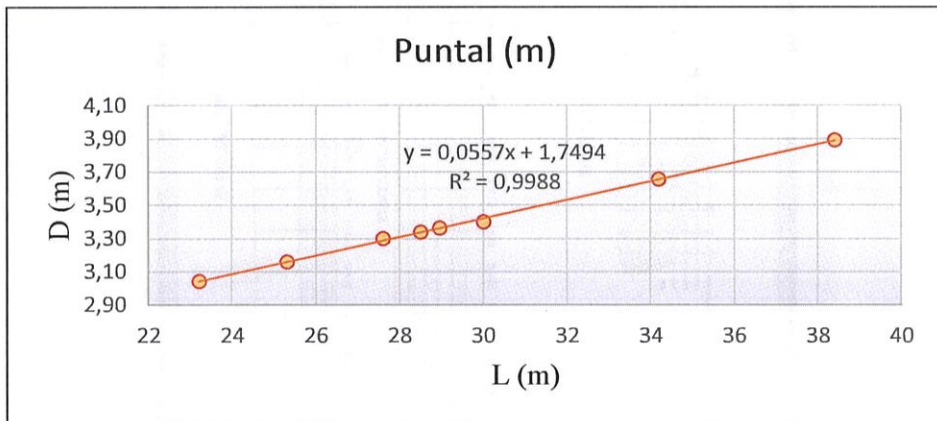
Fuente: Elaboración propia

Ecuación lineal de Eslora Vs Calado



Fuente: Elaboración propia

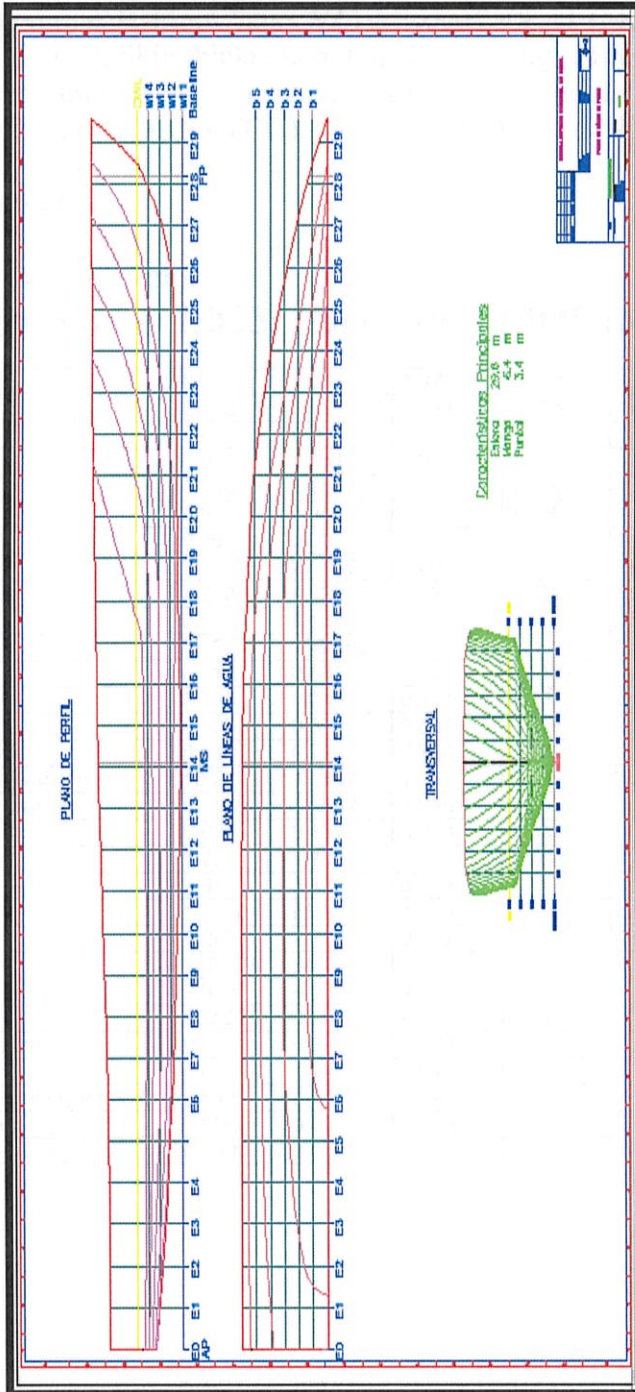
Ecuación lineal de Eslora Vs Puntal



Fuente: Elaboración propia

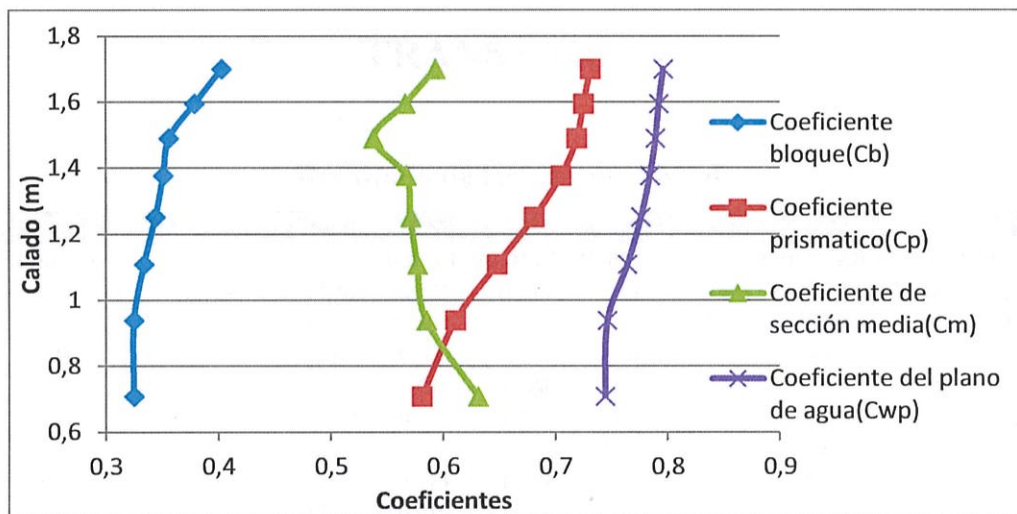
En todos los gráficos anteriores podemos apreciar que el valor de R^2 es mayor que 0,9 por lo que podemos tomar con válida la ecuación.

ANEXO II- PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS



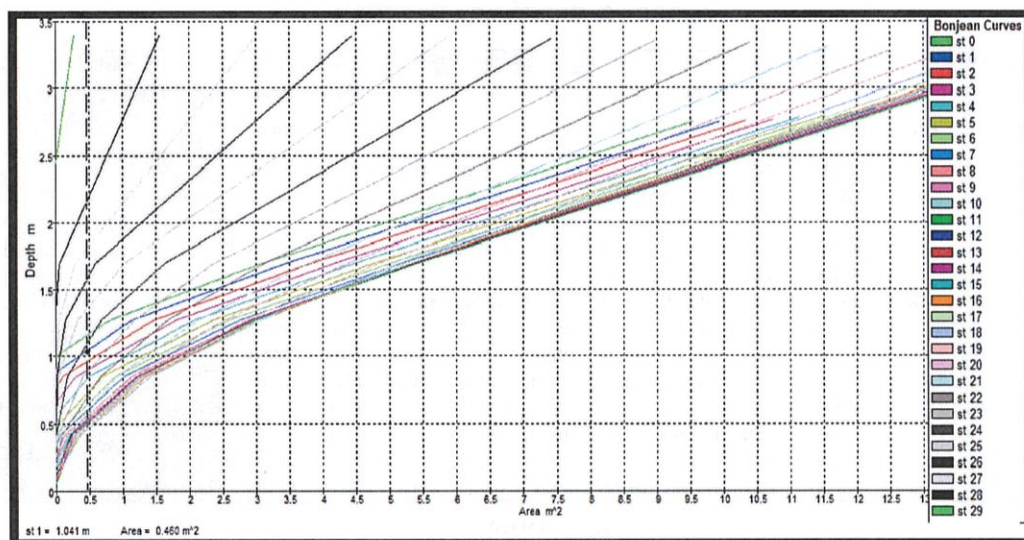
Fuente: Elaboración propia

Coefficientes de formas



Fuente: Elaboración propia

Curvas Bonjean



Fuente: Elaboración propia

ANEXO IV - CÁLCULOS DE ESTABILIDAD TRANSVERSAL

Resultado de las curvas cruzadas

Displacement tonne	Draft m	Amidships m	LCG	KN	KN	KN	KN	KN	KN	KN
				10.0° EB.	20.0° EB.	30.0° EB.	40.0° EB.	50.0° EB.	60.0° EB.	70.0° EB.
10	0.609	14.404	0.373	0.946	1.846	2.461	2.77	2.914	2.902	2.839
23.24	0.857	13.525	0.504	1.187	1.813	2.337	2.724	2.893	2.839	2.761
36.48	1.031	12.992	0.609	1.26	1.807	2.286	2.68	2.822	2.761	2.68
49.71	1.172	12.648	0.681	1.288	1.803	2.263	2.611	2.735	2.68	2.6
62.95	1.295	12.429	0.713	1.298	1.8	2.241	2.533	2.645	2.6	2.522
76.19	1.406	12.279	0.723	1.301	1.798	2.207	2.456	2.558	2.522	2.448
89.42	1.507	12.172	0.723	1.299	1.794	2.167	2.385	2.476	2.448	2.38
102.7	1.604	12.099	0.716	1.294	1.781	2.121	2.318	2.399	2.38	2.316
115.9	1.7	12.052	0.706	1.289	1.76	2.073	2.254	2.331	2.316	

Fuente: Elaboración propia

CURVA DE ESTABILIDAD Y ESTABILIDAD DINÁMICA

Primera condición de carga

Heel to Starboard(deg.)	-35	0	35	45	55	75	85	100	110	120	130	140
GZ m	-1.302	-0.056	1.211	1.365	1.402	1.236	1.064	0.721	0.455	0.177	-0.099	-0.353
Area under GZ curve from zero heel m.deg	26.403	-0.051	22.763	35.723	49.656	76.504	88.031	101.517	107.418	110.580	110.954	108.681
Displacement t	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370	92.370
Draft at FP m	2.082	2.126	2.081	2.048	2.035	2.098	2.368	-1.925	-2.067	-2.148	-2.215	-2.278
Draft at AP m	0.217	1.075	0.218	-0.344	-1.151	-5.593	-20.664	-12.867	-7.142	-5.160	-4.114	-3.444
WL Length m	28.827	28.824	28.826	28.820	28.830	29.128	29.651	29.072	28.744	28.805	28.848	28.887
Beam max extents on WL m	4.611	5.905	4.612	4.031	3.680	3.212	3.061	2.847	2.807	2.864	3.026	3.332
Wetted Area m ²	144.807	149.489	144.809	148.374	150.408	151.022	149.199	147.533	147.802	148.874	150.606	153.424
Waterpl. Area m ²	108.785	124.634	108.793	95.835	86.366	74.048	70.391	65.206	64.868	66.511	70.766	78.405
Prismatic coeff. (Cp)	0.587	0.580	0.587	0.597	0.610	0.632	0.634	0.665	0.684	0.694	0.705	0.717
Block coeff. (Cb)	0.482	0.314	0.482	0.480	0.476	0.490	0.461	0.442	0.437	0.426	0.415	0.404
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	14.787	14.759	14.781	14.799	14.818	14.856	14.870	14.880	14.876	14.863	14.842	14.817
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	13.668	12.904	13.665	14.056	14.514	15.339	15.581	15.302	15.164	14.972	14.781	14.554
Max deck inclination deg	35.120	2.133	35.119	45.103	55.084	75.038	85.013	99.977	109.961	119.953	129.955	139.966
Trim angle (+ve by stern) deg	-3.783	-2.133	-3.777	-4.847	-6.442	-15.249	-39.226	-21.197	-10.197	-6.092	-3.852	-2.366

Fuente: Elaboración propia

Segunda condición de carga

Heel to Starboard (deg)	-35	0	35	45	55	65	75	85	100	110	120	130	140
GZ m	-1.177	-0.032	1.124	1.284	1.318	1.255	1.117	0.920	0.544	0.263	-0.025	-0.304	-0.555
Area under GZ curve from zero heel m.deg	23.513	-0.029	21.406	33.527	46.648	59.570	71.494	81.707	92.778	96.832	98.022	96.357	92.046
Displacement t	79.290	79.290	79.290	79.290	79.280	79.290	79.290	79.290	79.290	79.290	79.290	79.290	79.290
Draft at FP m	1.906	1.971	1.906	1.839	1.780	1.708	1.553	0.678	-2.908	-2.590	-2.510	-2.490	-2.497
Draft at AP m	0.103	1.012	0.103	-0.511	-1.412	-2.950	-6.416	-23.325	-14.215	-7.805	-5.584	-4.412	-3.659
WL Length m	28.696	28.711	28.696	28.663	28.637	28.602	28.803	29.377	29.358	29.057	29.030	29.022	29.026
Beam max extents on WL m	4.731	5.752	4.731	4.126	3.753	3.430	3.195	2.973	2.726	2.687	2.738	2.890	3.182
Wetted Area m ²	134.284	139.384	134.283	137.377	138.831	138.619	137.938	134.696	134.331	134.744	135.751	137.454	140.264
Waterpl. Area m ²	107.024	117.803	107.025	95.954	86.006	77.738	72.579	66.456	62.140	61.827	63.527	67.645	75.009
Prismatic coeff. (Cp)	0.568	0.566	0.568	0.577	0.590	0.605	0.616	0.617	0.638	0.658	0.671	0.684	0.699
Block coeff. (Cb)	0.444	0.304	0.444	0.442	0.440	0.452	0.468	0.448	0.426	0.419	0.410	0.400	0.389
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	14.836	14.810	14.836	14.851	14.872	14.895	14.910	14.928	14.934	14.927	14.910	14.886	14.858
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	13.739	13.056	13.739	14.069	14.615	15.077	15.526	15.441	15.302	15.165	14.999	14.816	14.596
Max deck inclination deg	35.112	1.946	35.112	45.099	55.084	65.065	75.041	85.014	99.976	109.959	119.951	129.954	139.966
Trim angle (+ve by stern) deg	-3.655	-1.946	-3.655	-4.761	-6.456	-9.375	-15.771	-40.390	-21.839	-10.472	-6.220	-3.897	-2.358

Fuente: Elaboración propia

Tercera condición de carga

Heel to Starboard(deg)	-35.000	0.000	30.000	45.000	55.000	65.000	75.000	85.000	100.000	110.000	120.000	130.000	140.000
GZ m	-1.132	-0.007	0.996	1.303	1.348	1.279	1.125	0.902	0.489	0.186	-0.121	-0.417	-0.679
Area under GZ curve from zero heel m.deg	22.221	-0.007	16.442	33.931	47.314	60.516	72.608	82.773	93.292	96.685	97.009	94.300	88.800
Displacement t	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.850	68.860
Draft at FP m	1.693	1.785	1.734	1.591	1.476	1.292	0.849	-1.666	-4.183	-3.250	-2.959	-2.827	-2.761
Draft at AP m	0.075	1.007	0.313	-0.565	-1.515	-3.144	-6.802	-24.517	-14.828	-8.106	-5.776	-4.544	-3.752
WL Length m	28.527	28.569	28.552	28.459	28.275	27.902	28.250	28.922	29.554	29.429	29.295	29.226	29.189
Beam max extents on WL m	4.785	5.377	4.699	4.207	3.795	3.425	3.142	2.851	2.611	2.571	2.617	2.764	3.043
Wetted Area m ²	125.978	131.003	125.717	128.495	129.181	128.167	124.173	123.289	123.237	123.829	124.908	126.630	129.446
Waterpl. Area m ²	103.730	112.205	102.969	95.355	84.886	76.150	67.776	62.323	58.737	58.791	60.617	64.701	71.868
Prismatic coeff. (Cp)	0.565	0.569	0.567	0.569	0.583	0.605	0.612	0.613	0.621	0.636	0.653	0.669	0.686
Block coeff. (Cb)	0.419	0.315	0.431	0.412	0.414	0.436	0.459	0.450	0.417	0.407	0.399	0.390	0.380
LCB from aft perp. (+ve fwd) m	14.599	14.573	14.592	14.614	14.637	14.657	14.678	14.693	14.694	14.686	14.667	14.642	14.613
LCF from aft perp. (+ve fwd) m	13.635	12.998	13.443	13.996	14.586	15.070	15.081	15.064	15.025	14.969	14.848	14.694	14.496
Max deck inclination deg	35.090	1.580	30.094	45.083	55.074	65.059	75.038	85.012	99.978	109.964	119.959	129.963	139.975
Trim angle (+ve by stern) deg	-3.283	-1.580	-2.883	-4.369	-6.052	-8.934	-15.173	-39.004	-20.673	-9.767	-5.701	-3.483	-2.012

Fuente: Elaboración propia

ANEXO V – SISTEMA PROPULSIVO

Se requiere calcular el coeficiente de estela (w) y la velocidad de avance (V_a) para los cuales se aplica las siguientes fórmulas [9]

$$w = 0.83Cb - 0.35$$

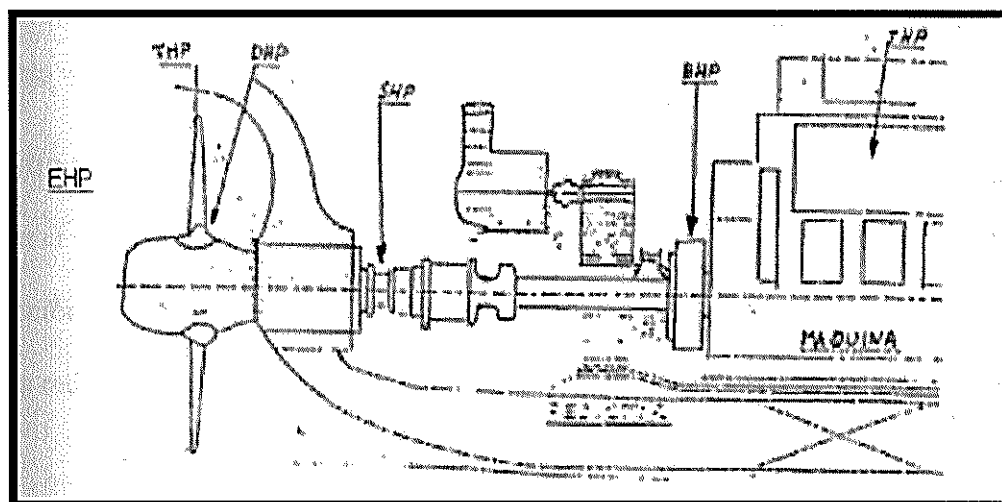
$$V_a = v(1 - w)$$

Tabla de valores fundamentales

L(m)	29.6
B(m)	6.4
T(m)	1.7
D(m)	3.4
V(Kn)	27
V(m/s)	13.9
Cb	0.4
σ_μ(N/mm²)	275
σ_y(N/mm²)	125
RPM motor	2300
w	0.013
Va (nudos)	26.7

Fuente: Elaboración propia

Distribución de potencias en el sistema propulsivo



Fuente: Elaboración propia

Potencias obtenidas del buque

Potencia	hp
IHP	1900
BHP	1865
SHP	1772
DHP	1737

Fuente: Elaboración propia

El valor obtenido del módulo *Resistance* representa la potencia al freno por el método de Savitsky con un rendimiento propulsivo del 55%, obteniendo así la potencia al freno (bhp). Para el cálculo de la potencia a instalar (IHP) asumimos que hubo una pérdida del 1.85% dando un valor de 1900hp por cada motor; se empleó una pérdida del 7% a lo largo de la línea del eje hasta la potencia entregada de la hélice (DHP).

Para comprobar el valor de la razón de reducción debemos se aplica las siguientes relaciones [10]:

$$\text{SL ratio} = \frac{V(\text{nudos})}{\text{raíz}(Lwl[\text{ft}])}$$

$$\text{SL ratio} = \frac{27 \text{ nudos}}{\sqrt{93.16 \text{ ft}}}$$

$$\text{SL ratio} = 3$$

Con el valor antes obtenido tenemos una pauta de cuál podría ser nuestra relación de reducción por lo cual en el uso de las gráfica B_p - δ así como K_t , K_q y J emplearemos varias reducciones.

Aproximación del mínimo diámetro óptimo [11]

$$D_{min} = 4.07x (BwlxH_d)^{0.5}$$

D_{min} : Diametro mínimo aceptable(in)

Bwl: Manga en la línea de flotación(ft)

H_d : Calado del casco excluyendo quilla o apéndice(ft)

$$D_{min} = 44.34 \text{ in}$$

Para embarcaciones con 02 hélices: $D_{min} = 0.8 D_{min}$

$$D_{min} = 2.96 \text{ ft}$$

Aproximación de diámetro óptimo [11]

Para propulsores en aguas abiertas

$$D_{opt} = 632.7 * \frac{SHP^{0.2}}{(RPM_m/ratio)^{0.6}}$$

D_{opt} : Diámetro (in)

SHP: Shaft horse power (HP)

RPM_m = Revoluciones por minuto del motor

ratio: Relación de reducción

$$D_{opt} = 52.5 \text{ (in)}$$

Aproximación para Paso/diámetro óptimo [11]

$$P/D \text{ promedio} = 0.46 (\text{knts})^{0.26} = 1.08$$

$$P/D \text{ máximo} = 0.52 (\text{knts})^{0.28} = 1.31$$

$$P/D \text{ mínimo} = 0.39 (\text{knts})^{0.23} = 0.83$$

Con todos estos valores entramos a las curvas:

Curvas K_t , K_q y J

Para estas graficas se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$J = \frac{V_a}{nD}$$

$$Q = \frac{DHP}{2\pi n}$$

$$K_Q = \frac{Q}{\rho n^2 D^5}$$

D(ft): Diámetro de la hélice

J : Razón de avance

Q (lbs-ft): Torque

K_q : Coeficiente específico de torque

K_t : Coeficiente de empuje

n (rps) : revoluciones por minuto cuando se ha puesto el reductor

V_a (ft/s): Velocidad de avance

Resultados de las curvas K_t , K_q y J

5 PALAS $A_d/A_o = 0.50$

D(ft)	J	K_q	P/D	K_t	T(lbs)	η	D(m)
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.686	1.15
4	0.89	0.030	1.08	0.15	12476.56	0.682	1.21
4.2	0.84	0.023	1.00	0.12	12132.27	0.670	1.27
4.3	0.82	0.021	0.98	0.11	12218.85	0.653	1.30

5 PALAS $A_d/A_o = 0.55$

D(ft)	J	K_q	P/D	K_t	T(lbs)	η	D(m)
3.8	0.93	0.038	1.18	0.18	12194.69	0.690	1.15
4	0.89	0.030	1.10	0.15	12476.56	0.686	1.21
4.2	0.84	0.023	1.02	0.13	13143.29	0.681	1.27
4.3	0.82	0.021	0.97	0.12	13329.65	0.652	1.30

5 PALAS Ad/Ao= 0.60

D(ft)	J	Kq	P/D	Kt	T(lbs)	η	D(m)
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.691	1.15
4	0.89	0.030	1.10	0.15	12476.56	0.687	1.21
4.2	0.84	0.023	1.00	0.13	13143.29	0.676	1.27
4.3	0.82	0.021	0.95	0.12	13329.65	0.638	1.30

5 PALAS Ad/Ao= 0.65

D(ft)	J	Kq	P/D	Kt	T(lbs)	η	D(m)
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.689	1.15
4	0.89	0.030	1.10	0.15	12476.56	0.687	1.21
4.2	0.84	0.023	1.00	0.13	13143.29	0.675	1.27
4.3	0.82	0.021	0.95	0.12	13329.65	0.636	1.30

5 PALAS Ad/Ao= 0.70

D(ft)	J	Kq	P/D	Kt	T(lbs)	η	D(m)
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.686	1.15
4	0.89	0.030	1.11	0.15	12476.56	0.686	1.21
4.2	0.84	0.023	1.00	0.13	13143.29	0.673	1.27
4.3	0.82	0.021	0.95	0.11	12218.85	0.631	1.30

5 PALAS Ad/Ao= 0.75

D(ft)	J	Kq	P/D	Kt	T(lbs)	η	D(m)
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.686	1.15
4	0.89	0.030	1.11	0.15	12476.56	0.684	1.21
4.2	0.84	0.023	1.00	0.13	13143.29	0.669	1.27
4.3	0.82	0.021	0.95	0.11	12218.85	0.623	1.30

5 PALAS Ad/Ao= 0.80

D(ft)	J	Kq	P/D	Kt	T(lbs)	η	D(m)
2.96	1.20	0.134	No cumple la condición de P/D				0.90
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.682	1.15
4	0.89	0.030	1.12	0.15	12476.56	0.680	1.21
4.2	0.84	0.023	1.03	0.13	13143.29	0.671	1.27
4.3	0.82	0.021	0.98	0.11	12218.85	0.637	1.30

5 PALAS $A_d/A_o=0.85$

D(ft)	J	Kq	P/D	Kt	T(lbs)	η	D(m)
2.96	1.20	0.134	No cumple la condición de P/D				0.90
3.8	0.93	0.038	1.20	0.18	12194.69	0.678	1.15
4	0.89	0.030	1.10	0.15	12476.56	0.673	1.21
4.2	0.84	0.023	1.03	0.13	13143.29	0.665	1.27
4.3	0.82	0.021	1.00	0.11	12218.85	0.638	1.30

Algunos de los valores anteriores fueron obtenidos directamente de las curvas K_t , K_q y otros mediante la implementación del programa Fortran [12]. Además se puede apreciar que la mayor eficiencia propulsiva en aguas abiertas es a una relación de $A_d/A_o=0.60$ con un diámetro de 3.8 ft.

ANEXO VI – CÁLCULO ESTRUCTURAL

DISEÑO DE LA SECCIÓN MEDIA

La casa clasificadora recomienda realizar el siguiente cálculo:

- **MODULO SECCIONAL**

El modulo seccional (MS) en la sección media del buque no debe ser menor que la siguiente expresión:

$$SM (\text{cm}^2 - \text{m}) = C_1 C_2 L^2 B (C_b) K_3 C Q$$

Donde:

$$C_1 = 0.044L + 3.75 \quad L < 90\text{m}$$

$$C_2 = 0.01$$

$$K_3 = \left(0.70 + 0.30 \left[\frac{v/\sqrt{L}}{2.36} \right] \right) = 1.30$$

$$C = 0.90$$

$$Q = 0.9 + q_5 = 1.82$$

$$q_5 = 115/\sigma_y = 0.92$$

$$Q_0 = 635/(\sigma_y + \sigma_u) = 1.59$$

Reemplazando en la ecuación anterior tenemos:

$$SM (\text{cm}^2 - \text{m}) = 579.62$$

- **MOMENTO DE INERCIA**

El Momento de Inercia (MI) en la sección media del buque no debe ser menor que la siguiente expresión:

$$I (\text{cm}^2 - \text{m}^2) = \frac{L}{QC} \frac{SM}{K}$$

K=factor que depende del material a utilizar 13.33

$$I (\text{cm}^2 - \text{m}^2) = 726.40$$

ESTRUCTURAS DEL CASCO

PRESIÓN DE DISEÑO EN EL FONDO

- PRESIÓN DE SLAMMING EN EL FONDO

$$P_{bxx}(kN/m^2) = \frac{N_1 \Delta}{L_w B_w} [1 + n_{cg}] F_D F_V$$

$$N_1 = 0.1$$

$$\Delta(kg) = 144200$$

$$n_{cg}(m/s^2) = N_2 \left[\frac{12h_{1/3}}{B_w} + 1.0 \right] \tau [50 - \beta_{cg}] \frac{V^2 (B_w)^2}{\Delta} = 1.63$$

$$N_2 = 0.0078$$

$$h_{1/3}(m) = 4$$

$$\tau^\circ = 4$$

$$\beta_{cg}^\circ = 20.4$$

$$F_D = 0.5$$

$$F_V = 0.27$$

$$P_{bxx}(kN/m^2) = 67.55$$

- PRESIÓN HIDROSTÁTICA

$$P_{bxx}(kN/m^2) = N_3 (0.64H + d)$$

$$N_3 = 9.8$$

$$P_{bxx}(kN/m^2) = 42.52$$

PRESIÓN DE DISEÑO EN EL COSTADO

- PRESIÓN DE SLAMMING

La presión de diseño en el costado no debe ser menor que la siguiente ecuación:

$$P_{sxx}(kN/m^2) = \frac{N_1 \Delta}{L_w B_w} [1 + n_{xx}] \left[\frac{70 - \beta_{sx}}{70 - \beta_{cg}} \right] F_D$$

$$n_{xx} = 2.28$$

$$\beta_{sx}^{\circ} = 55$$

$$P_{sxx}(\text{kN/m}^2) = 40.78$$

- **PRESIÓN HIDROSTÁTICA**

$$P_s(\text{kN/m}^2) = N_3(H_s - y)$$

$$H_s(\text{m}) = 5.67$$

$$y(\text{m}) = 1.7$$

$$P_s(\text{kN/m}^2) = 38.92$$

- **PRESIÓN EN EL FIN DE PROA**

$$P_{sf}(\text{kN/m}^2) = 0.28F_a C_F N_3 (0.22 + 0.15 \tan \alpha) (0.4V \sin \beta + 0.6\sqrt{L})^2$$

$$F_a = 3.25$$

$$C_F = 0.34$$

$$\beta^{\circ} = 20$$

$$P_{sf}(\text{kN/m}^2) = 13.23$$

PRESIÓN DE DISEÑO EN LA CUBIERTA

UBICACIÓN:

- CUBIERTA DE FRANCOBORDO EXPUESTA, CUBIERTA DE SUPERESTRUCTURA Y CASETA A PROA DE 0.25L.

$$P_d(\text{kN/m}^2) = 0.20L + 7.6 = 13.07$$

- CUBIERTA DE FRANCOBORDO ENCERRADA EN SUPERESTRUCTURA Y CASETA.

$$P_d(\text{kN/m}^2) = 0.10L + 6.1 = 8.84$$

- CUBIERTA DE ACOMODACIÓN CERRADA.

$$P_d(\text{kN/m}^2) = 5$$

PRESIÓN DE DISEÑO EN LA SUPERESTRUCTURA Y CASETA

Valores obtenidos de presión en la obra muerta

Planchaje frontal de Superestructura y caseta.	37.9	kN/mm ²
Refuerzos frontales de Superestructura y caseta.	24.1	kN/mm ²
Planchaje de la parte posterior a popa de la Superestructura y caseta y plancha de costado de la caseta.	10.3	kN/mm ²
Planchaje de la parte posterior a popa de la Superestructura y caseta y refuerzos de costado de la caseta.	10.3	kN/mm ²
Parte superior de la superestructura, a proa de sección media, planchaje y refuerzo.	6.9	kN/mm ²
Parte superior de la superestructura, a popa de sección media, planchaje y refuerzo.	3.4	kN/mm ²

PRESIÓN DE DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE MAMPAROS

- PRESIÓN EN LA FRONTERA DE LOS TANQUES

$$P_t(\text{kN/m}^2) = N_3 h$$

Valores obtenidos de presión en tanques

Ubicación del Tanque	h	$P_t(\text{kN/m}^2)$
Tanque de agua	1.28	12.54
Tanque de combustible SMBB	1.14	11.17
Tanque de combustible SMEB	1.14	11.17
Tanque de combustible BB	0.46	4.51
Tanque de combustible EB	0.46	4.51
Tanque diario	0.46	4.51
Tanque de sentina	1.19	11.69
Tanque de agua sucia	1.28	12.54

$$P_t(\text{kN/m}^2) = \rho g(1 + 0.5n_{xx})h_2$$

Valores obtenidos de presión en tanque h2

Ubicación del Tanque	h ₂	P _t (kN/m ²)
Tanque de agua	0.61	1.31
Tanque de combustible SMBB	1.1	2.36
Tanque de combustible SMEB	1.1	2.36
Tanque de combustible BB	1.72	3.70
Tanque de combustible EB	1.72	3.70
Tanque diario	0.45	0.97
Tanque de sentina	0.61	1.31
Tanque de agua sucia	0.62	1.33

- PRESIÓN EN LA FRONTERA DE LIMITES ESTANCOS**

$$P_t(\text{kN/m}^2) = N_3 h$$

h(m): altura del mamparo = 2.75

$$P_t(\text{kN/m}^2) = 26.95$$

ESPESORES

Los espesores del casco, cubierta o mamparos no deben ser menores que el obtenido por la siguiente ecuación:

- ESPESOR DE FONDO DEL CASCO**

$$t(\text{mm}) = s \sqrt{\frac{Pk}{1000\sigma_a}}$$

s(mm) = espaciamiento de refuerzos = 450

k = razón de aspecto del planchaje del panel = 0.5

σ_a (N/mm²) = esfuerzo de diseño de acuerdo a la regla = 78.75

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$t(mm) = 7$$

- **ESPESOR DE COSTADO**

$$t(mm) = s \sqrt{\frac{Pk}{1000\sigma_a}}$$

$$\begin{aligned} s(mm) &= \text{espaciamiento de refuerzos} && = 450 \\ k &= \text{razón de aspecto del planchaje del panel} && = 0.5 \\ \sigma_a(N/mm^2) &= \text{esfuerzo de diseño de acuerdo a la regla} && = 112.5 \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$t(mm) = 6$$

- **ESPESOR DE CUBIERTA**

$$t(mm) = s \sqrt{\frac{Pk}{1000\sigma_a}}$$

$$\begin{aligned} s(mm) &= \text{espaciamiento de refuerzos} && = 450 \\ k &= \text{razón de aspecto del planchaje del panel} && = 0.5 \\ \sigma_a(N/mm^2) &= \text{esfuerzo de diseño de acuerdo a la regla} && = 75 \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$t(mm) = 4$$

- **ESPESOR DE MAMPAROS**

$$t(mm) = s \sqrt{\frac{Pk}{1000\sigma_a}}$$

$$\begin{aligned} s(mm) &= \text{espaciamiento de refuerzos} && = 450 \\ k &= \text{razón de aspecto del planchaje del panel} && = 0.5 \\ \sigma_a(N/mm^2) &= \text{esfuerzo de diseño de acuerdo a la regla} && = 75 \end{aligned}$$

Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$t(mm) = 4$$

MÓDULO SECCIONAL DE LOS REFUERZOS INTERNOS

$$SM(cm^3) = \frac{83.3xPsl^2}{\sigma_a}$$

Ubicación	σ_a	P (kN/m2)	SM (cm3)
Longitudinales de fondo- Presión de Slamming	81.25	67.56	68.27
Longitudinales de fondo- Presión del Mar	62.50	42.52	55.86
Longitudinales de costado- Presión de Slamming	75.00	40.78	44.65
Longitudinales de costado- Presión del Mar	62.50	38.92	51.13
Longitudinales de cubierta- Cubierta resistente	41.25	13.07	26.02
Longitudinales de costado- Otras cubiertas	50.00	8.84	14.51
Longitudinal de Cubierta Seca	93.75	5.00	4.38
Transversales de fondo y refuerzos-Presión de Slamming	100.00	67.56	55.47
Transversales de fondo y refuerzo-Presión del mar	75.00	42.52	46.55
Transversales de costado y refuerzos-Presión de Slamming	100.00	40.78	33.49
Transversales de costado y refuerzos-Presión del mar	75.00	38.92	42.61
Transversales de cubierta y refuerzos- Cubierta resistente	93.75	13.07	11.45
Transversales de costado y refuerzos- Otras cubiertas	93.75	8.84	7.74
Transversales de cubierta seca y refuerzos	93.75	5.00	4.38
Mamparos estancos	106.25	26.95	20.83
Mamparos de tanques	75.00	12.54	13.73
Superestructura y caseta	87.50	37.90	35.56

MOMENTO DE INERCIA DE LOS REFUERZOS INTERNOS

$$I(cm^2) = \frac{260Psl^3}{K_4E}$$

$$K_4 = 0.0021$$

$$E(N/mm^2) = 6.9 \times 10^4$$

Ubicación	I(cm4)
Longitudinales de fondo - Presión de Slamming	176.84
Longitudinales de fondo - Presión del Mar	111.31
Longitudinales de costado- Presión de Slamming	106.76
Longitudinales de costado- Presión del Mar	101.87
Longitudinales de cubierta- Cubierta resistente	34.22
Longitudinales de costado- Otras cubiertas	23.13
Longitudinales de Cubierta Seca	13.09
Transversales de fondo y refuerzos -Presión de Slamming	176.84
Transversales de fondo y refuerzos -Presión del mar	111.31
Transversales de costado y refuerzos-Presión de Slamming	106.76
Transversales de costado y refuerzos-Presión del mar	101.87
Transversales de cubierta y refuerzos - Cubierta resistente	34.22
Transversales de costado y refuerzos - Otras cubiertas	23.13
Transversales de cubierta seca y refuerzos	13.09
Mamparos estancos	70.54
Mamparos de tanques	32.84
Superestructura y caseta	99.21

QUILLA

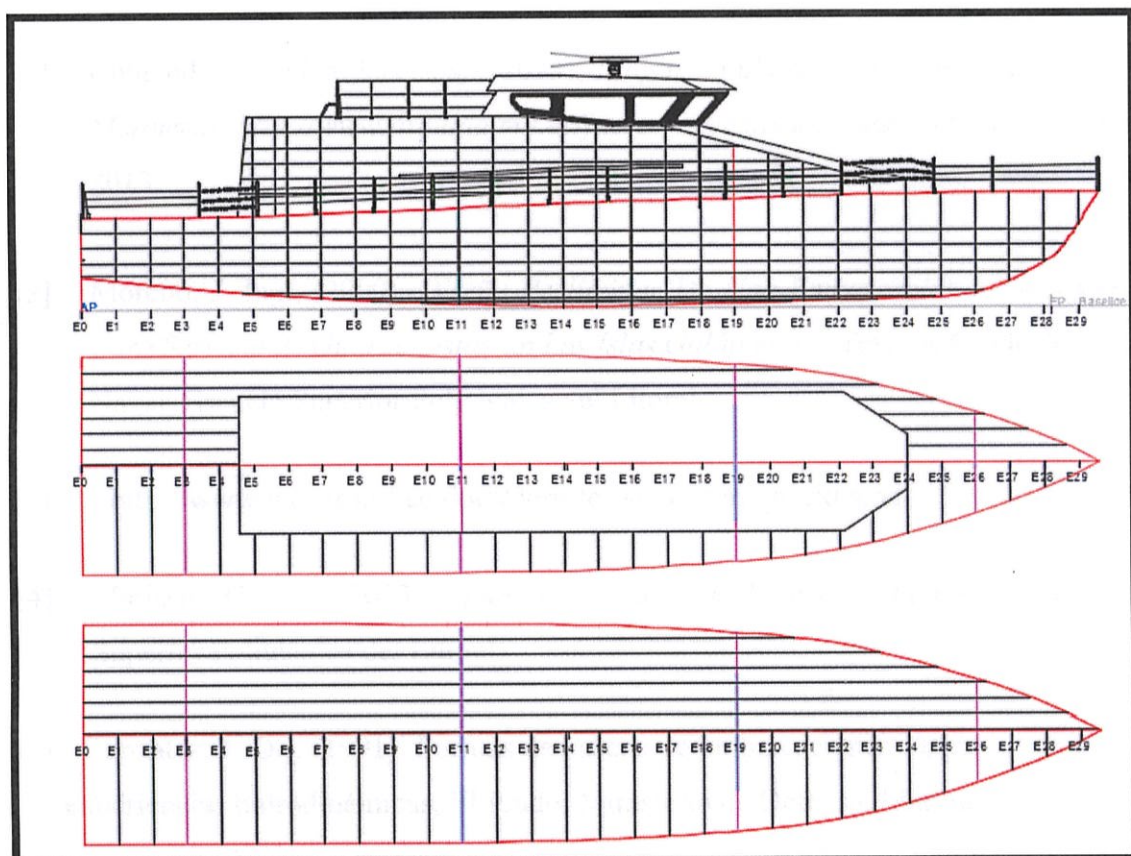
- **ESPESOR**

Donde se ubique la sobre quilla el espesor y la profundidad no deben ser menor que los obtenidos con las siguientes ecuaciones:

$$t(mm) = 0.625L + 12.5 = 30$$

$$h(mm) = 1.46L + 100 = 140$$

Plano de perfil estructural



Fuente: Elaboración propia

BIBLIOGRAFÍA

- [1] Comando de Guardacostas, (2013), *Página publicada por el Ing. Jorge Molineros. <http://www.armada.mil.ec/fuerza-operativa/coguar/>* el 5 de junio del 2013.
- [2] Moreno, J. Ing., (2000). *Diseño Preliminar De Una Embarcación Planeadora Para Servicio de Guardacostas En Las Islas Galápagos*”, Tesis de Grado de Ing. Naval, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [3] http://www.inocar.mil.ec/docs/derrotero/derrotero_anexos.pdf
- [4] Mariscal, C. Ing., (2013). *Apuntes de Clases de Diseño de Buques I*, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [5] González, J. Dr., (1991). *Formas de cascos de embarcaciones rápidas*, Canal de experiencias hidrodinámicas, El Prado, Ministerio de Defensa, Madrid.
- [6] Casado, G., (2009). *Velero Willy 14*. Proyecto de fin de carrera, Universidad de Cádiz.
- [7] Caterpillar Marine, (2014) Pág. 36. *Marine Power Products Guide*
- [8] Domínguez, J. Ing., *Taller de especialización en Propulsores Parte 2*, (2011) Colegio de Ingenieros Navales del Ecuador.
- [9] Vaca, B. Ing., *Apuntes de Resistencia y Propulsión*, (2010). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [10] Domínguez, J. Ing., *Taller de especialización en Propulsores Parte 3*, (2011) Colegio de Ingenieros Navales del Ecuador

- [11] Domínguez, J. Ing., Taller de especialización en Propulsores Parte 1, (2011)
Colegio de Ingenieros Navales del Ecuador.
- [12] Marín, J. Dr. Applied Programing, (2011). Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- [13] Michigan Propellers, ISO 9001:2000 Certified,USA,2007
- [14] ABS, Rules for building and classing. High-Speed Craft,(2015)
- [15] Rodríguez, Sánchez, Tesis Portacontenedores 650 TEU'S, ETSIN, Cuadernillo 4, pág. 230.
- [16] Alvariño, Azpíroz, Meizoso. El proyecto básico del buque mercante, Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Madrid.
- [17] Loureiro,Marcos, Trabajo Fin De Grados *Remolcador de puerto y apoyo a buques de altura, Universidad Da Coruña , 2014*
- [18] Gutiérrez Kléber, Tesis *Diseño Preliminar de un Remolcador Prototipo para la Armada Nacional*”, ESPOL, 2003
- [19] <http://www.sotra.net/products/anchors/high-holding-power-anchors/pool-tw>
- [20] <http://www.muir.com.au/mega/vertical/vrc-4500.html>
- [21] Amarre de los buques, Edición UPC,
<http://www.unge.gq/ftp/biblioteca%20digital/Marina/Maniobra%20de%20los%20buques/NA00306C.pdf>,1988
- [22] <http://www.elcomercio.com/actualidad/seguridad/guardacostas-reciben-lancha-patrullaje.html>
- [23] <http://www.mundonaval.com.ve/Noticias/59/Bio-incrustaci%C3%B3n-en-tuber%C3%ADas-que-conducen-agua-de-mar.--Grave-problema,->

com%C3%BAAn-a-todo-tipo-de-embarcaci%C3%B3n-que-navega-en-el-mar.--
.html

- [24] Gracia José, Tesis *Principales consideraciones en la selección e instalación de un circuito de enfriamiento por agua de mar a bordo*, Universidad Austral de Chile, 2006.
- [25] <http://pdf.nauticexpo.com/pdf/caterpillar-marine-power-systems/cat-c32-acert-marine-propulsion-engine-1800-1900-bhp/19997-40621.html>.
- [26] http://www.zf.com/media/media/document/corporate_2/downloads_1/flyer_and_brochures/marine_2/Product_Selection_Guide_2014_EN.pdf
- [27] Ruiz Carlos, Tesis: *Anteproyecto de un motoryacht*, Universidad Austral de Chile, 2009
- [28] http://es.wikipedia.org/wiki/Browning_M2
- [29] <http://www.gmdss.com.au/concepts.html>