



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales.

“DISEÑO DE UNA EMBARCACIÓN ESPECIALIZADA EN LUCHA CONTRA INCENDIO”

TRABAJO FINAL DE TITULACION

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

Stefano Sebastian Costa Crespo

Guayaquil – Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Le agradezco a Dios por darme las fuerzas de llegar a este punto y que me las siga dando para seguir adelante, a mis padres por mantener su fe viva en mí y no perder sus esperanzas, a mi familia y amigos por ayudarme en todo este camino. Al Ing. Mariscal por su gran paciencia y predisposición para el desarrollo de este proyecto.

Stefano S. Costa C.

DEDICATORIA

Para aquellas personas que pasaron las malas noches, los malos ratos, los buenos y excelentes momentos hasta llegar a este punto, mis padres, mis hermanos, Lili, esto es por ustedes.

Stefano S. Costa C.

TRIBUNAL DE GRADO



Alejandro Chanaba, Ing..
Presidente del Tribunal



Cristóbal Mariscal Díaz, M.Sc.
Director de Tesis



Bolívar Vaca, Ing.
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”.



Stefano Sebastian Costa Crespo

RESUMEN

Esta tesis tiene como fin realizar el diseño de una embarcación contra incendio para operar en los brazos del estero y río de la ciudad de Guayaquil pasando por el Golfo de Guayaquil hasta la Isla Puna.

El primer capítulo trata de la justificación y alcance de este proyecto.

El segundo capítulo los análisis para obtener las dimensiones características de la embarcación mediante el análisis regresional junto con otras embarcaciones de este tipo, principalmente del cuerpo de bomberos de los Estados Unidos de América en general.

El tercer capítulo abarca el aspecto técnico de la tesis, tomando en cuenta la experiencia, embarcaciones similares y lineamientos de la sociedad clasificadora.

El cuarto capítulo finalmente entiende, el análisis económico de la construcción tomando a la fecha en el mercado actual.

ÍNDICE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	II
DEDICATORIA.....	III
TRIBUNAL DE GRADO.....	IV
DECLARACION EXPRESA.....	V
RESUMEN.....	VI
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	X
ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
INDICE DE ANEXOS.....	XIV
INTRODUCCIÓN.....	XV
I. CAPITULO I: GENERALIDADES.....	2
1.1 NECESIDADES Y ÁREAS DE COBERTURA PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.....	2
1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS EMBARCACIONES CONTRA INCENDIO:.....	6
II. CAPITULO II: ANÁLISIS CON EMBARCACIONES SIMILARES EXISTENTES.....	9
2.1 OBTENCIÓN DE PARÁMETROS PRINCIPALES.....	9
2.2 PROPUESTA DE EMBARCACIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PROYECTO:.....	11
III. CAPITULO III: DISEÑO PRELIMINAR.....	13
3.1 OBTENCIÓN DE FORMAS.....	13
3.2 CURVAS HIDROSTÁTICAS.....	14
3.3 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD.....	15
3.3.1 CONDICIÓN DE CARGA.....	15

3.3.2 CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD.....	19
3.3.3 CURVAS DE ESTABILIDAD INTACTA.....	21
3.3.4 CURVAS DE ESTABILIDAD EN AVERÍA.....	23
3.3.5 ESLORA INUNDABLE.....	26
3.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA PROPULSIVO Y MANIOBRABILIDAD.....	28
3.4.1 CALCULO DE LA RESISTENCIA Y LA POTENCIA INDICADA DEL MOTOR.....	28
3.4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA PROPULSIVO.....	29
3.5 DISTRIBUCIÓN GENERAL Y HABITABILIDAD.....	31
3.6 ESTRUCTURAS.....	35
3.6.1 ESCANTILLONADO.....	35
3.6.2 CALCULO DE LA SECCIÓN MEDIA.....	39
3.7 SISTEMAS AUXILIARES.....	42
3.7.1 SISTEMA COMBUSTIBLE.....	43
3.7.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	45
3.7.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SENTINA.....	48
3.7.4 SISTEMA CONTRA INCENDIO.....	49
3.7.5 SISTEMA DE ACHIQUE.....	57
3.7.6 SISTEMA DE AGUA DULCE.....	59
3.8 SALVAMENTO Y NAVEGACIÓN.....	60
3.9 BALANCE ELÉCTRICO.....	61
3.10 OTROS.....	63
3.10.1 SISTEMA DE AMARRE Y FONDEO.....	63
3.10.2 PROTECCIÓN CATÓDICA Y PINTURA.....	65
3.11 FRANCOBORDO.....	68
IV. CAPITULO IV: PRESUPUESTO Y PLANIFICACIÓN.....	70
4.1 PRESUPUESTO.....	70
4.2 PLANIFICACIÓN.....	75
CONCLUSIONES.....	76

RECOMENDACIONES.....	77
V. ANEXOS.....	78
BIBLIOGRAFÍA.....	140

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración I.1 Principales puertos de la ciudad de Guayaquil.....	4
Ilustración III.2 Distribución longitudinal de compartimentos y tanques.....	16
Ilustración III.3 Tabla de condición de carga inicial.....	17
Ilustración III.4 Curvas cruzadas de estabilidad KN.....	20
Ilustración III.5. Curva de brazos adrizantes para estabilidad intacta.....	21
Ilustración III.6 Curvas GZ para condición de avería en el servo.....	24
Ilustración III.7 Curvas GZ para condición de avería en sala de máquinas.....	24
Ilustración III.8 Curvas GZ para condición de avería en sección media.....	25
Ilustración III.9 Curvas GZ para condición de avería en habitabilidad.....	25
Ilustración III.10 Curvas GZ para condición de avería en el peak de proa.....	26
Ilustración III.11 Distribución de eslora inundable.....	27
Ilustración III.12 Sección maestra del diseño.....	39
Ilustración III.13. Sistemas típicos de kits de bombas contra incendio.....	52
Ilustración III.14. Motor para bombas contra incendio Cat C9.....	53
Ilustración III.15. Bomba contra incendio.....	54
Ilustración III.16. Circuito contra incendio de la embarcación.....	55
Ilustración III.17. Dimensiones y ángulo táctico de los monitores.....	57
Ilustración III.18 Ancla tipo Byers.....	65
Ilustración IV.19. Planificación del proyecto.....	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla I.1 Distancias del proyecto.

Tabla I.2 Características de buques contra incendio según NFPA.

Tabla I.3 Características de buques contra incendio según ABS.

Tabla II.1. Base de datos de buques similares.

Tabla III.1. Valores hidrostáticos a la línea de agua de diseño

Tabla III.2 Distribución de pesos.

Tabla III.3 Condiciones de carga para el análisis del modelo.

Tabla III.4. Valores relevantes de las curvas GZ.

Tabla III.5. Cumplimiento de criterios para condición de estabilidad intacta.

Tabla III.6 Características del propulsor.

Tabla.III.7 Características del reductor.

Tabla III.8 Presión de diseño para el fondo de la embarcación.

Tabla III.9 Presión de diseño en el costado.

Tabla III.10 Presión de diseño de cubiertas.

Tabla III.11 Presión de diseño de la superestructura.

Tabla III.12 Presión de diseño en los mamparos de tanques.

Tabla III.13 Presión de diseño de los mamparos estancos.

Tabla III.14 Tabla de espesores.

Tabla III.19 Características de la purificadora de combustible.

Tabla III.20 Filtros separadores para las máquinas principales.

Tabla III.21 Filtros separadores para los generadores auxiliares.

Tabla III.15 Módulo seccional de elementos estructurales.

Tabla III.16 Características de los elementos estructurales.	
Tabla III.17 Calculo de la sección media.	
Tabla III.18 Características de las bombas de transferencia de combustible.	
Tabla III.22 Electroválvula para reductores.	
Tabla III.23 Electroválvula para generadores.	
Tabla III.24 Electroválvula para motores.	
Tabla III.25 Características para bomba de enfriamiento de los reductores.	
Tabla III.26 Características de bomba de succión de aceite sucio.	
Tabla III.27 Características de separadora de aceite.	
Tabla III.28 Razón de flujo para bombas estacionarias	
Tabla III.29 . Características de las bombas contra incendio	
Tabla III.30. Características de los monitores	
Tabla III.31 Características bomba de achique principal y auxiliar.	
Tabla III.32 Características de bomba manual principal y del peak de proa	
Tabla III.33 Características del hidróforo de agua dulce.	
Tabla III.34 Balance eléctrico de la embarcación.	
Tabla III.35 Características del sistema de fondeo.	
Tabla III.36 Esquema de pintura para la obra viva.	
Tabla III.37 Esquema de pintura para la obra muerta y superestructura.	
TablaIV.1 Elementos estructurales a usar.	
Tabla IV.2 Costos de equipamiento.	
Tabla I.1 Distancias del proyecto.....	6
Tabla I.2 Características de buques contra incendio según NFPA.....	7

Tabla I.3 Características de buques contra incendio según ABS.....	8
Tabla II.4. Base de datos de buques similares.....	10
Tabla III.5. Valores hidrostáticos a la línea de agua de diseño.....	15
Tabla III.6 Distribución de pesos.....	16
Tabla III.7 Condiciones de carga para el análisis del modelo.....	18
Tabla III.8. Valores relevantes de las curvas GZ.....	22
Tabla III.9. Cumplimiento de criterios para condición de estabilidad intacta.....	23
Tabla III.10 Características del propulsor.....	30
Tabla.III.11 Características del reductor.....	31
Tabla III.12 Presión de diseño para el fondo de la embarcación.....	36
Tabla III.13 Presión de diseño en el costado.....	36
Tabla III.14 Presión de diseño de cubiertas.....	36
Tabla III.15 Presión de diseño de la superestructura.....	36
Tabla III.16 Presión de diseño en los mamparos de tanques.....	37
Tabla III.17 Presión de diseño de los mamparos estancos.....	37
Tabla III.18 Tabla de espesores.....	37
Tabla III.19 Módulo seccional de elementos estructurales.....	38
Tabla III.20 Características de los elementos estructurales.....	39
Tabla III.21 Calculo de la sección media.....	41
Tabla III.22 Características de las bombas de transferencia de combustible.....	44
Tabla III.23 Características de la purificadora de combustible.....	44
Tabla III.24 Filtros separadores para las máquinas principales.....	45
Tabla III.25 Filtros separadores para los generadores auxiliares.....	45
Tabla III.26 Electroválvula para reductores.....	47
Tabla III.27 Electroválvula para generadores.....	47
Tabla III.28 Electroválvula para motores.....	47
Tabla III.29 Características para bomba de enfriamiento de los reductores.....	48
Tabla III.30 Características de bomba de succión de aceite sucio.....	49
Tabla III.31 Características de separadora de aceite.....	49
Tabla III.32 Razón de flujo para bombas estacionarias.....	50
Tabla III.33 . Características de las bombas contraincendio.....	53
Tabla III.34. Características de los monitores.....	56
Tabla III.35 Características bomba de achique principal y auxiliar.....	58
Tabla III.36 Características de bomba manual principal y del peak de proa.....	58
Tabla III.37 Características del hidróforo de agua dulce.....	59
Tabla III.38 Balance eléctrico de la embarcación.....	61
Tabla III.39 Características del sistema de fondeo.....	64
Tabla III.40 Esquema de pintura para la obra viva.....	66
Tabla III.41 Esquema de pintura para la obra muerta y superestructura.....	66
TablaIV.42 Elementos estructurales a usar.....	71
Tabla IV.43 Costos de equipamiento.....	72
Tabla IV.44 Costos de mano de obra.....	74
Tabla IV.45. Costo total de construcción.....	74

ÍNDICE DE ANEXOS

Apexo A.....	76
Apexo B.....	79
Apexo C.....	81
Apexo D.....	86
Apexo E.....	112
Apexo F.....	118
Apexo G.....	126
Apexo H.....	139

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Guayaquil siempre ha sido conocida como una ciudad marítima ya que la mayor parte del comercio del país ingresa por su puerto. Actualmente la empresa privada mediante sus remolcadores es capaz de dar aparte del remolque la capacidad de proteger con su sistema contra incendio a otras embarcaciones.

Pero en sí, la única embarcación netamente para este propósito, pertenece al Benemérito Cuerpo de Bomberos de la Ciudad de Guayaquil, un buque llamado “Huancavilca” acoderado en el muelle del Malecón 2000 en el Río Guayas.

Este buque se encuentra en su gran parte con sistemas obsoletos para la época lo que demanda una gran cantidad de recursos el mantenimiento y su eficiencia se ve limitada durante su operación.

He de aquí que nace la necesidad de una embarcación contra incendio que sea un posible reemplazo a la existente, con tecnología moderna y cumpliendo los estándares de construcción y operación.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 NECESIDADES Y ÁREAS DE COBERTURA PARA LA CIUDAD DE GUAYAQUIL.

La ciudad de Guayaquil desde su fundación en el año 1547 como puerto y astillero al servicio de la corona española hasta la actualidad ha sido el pilar fundamental de la economía del país, siendo esta ciudad por donde se realizan la mayor parte de importaciones y exportaciones de productos usando la vía marítima.

En 1993, el Gobierno Nacional, procede a establecer la Ley de Modernización mediante, la cual se abrían las puertas a la inversión privada en el transporte

Marítimo. Desde entonces empieza la creación de los puertos privados, algunos de los cuales se mencionan a continuación:

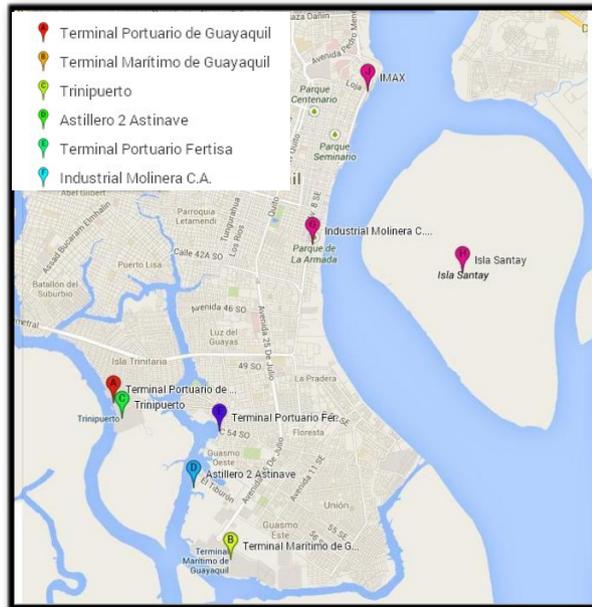
- Trinipuerto.
- Bananapuerto
- Fertisa
- Puerto Hondo
- Andipuerto
- Terminal Portuario de Guayaquil
- Ecuabulk
- Ecuagran S.A
- Industrial Molinera
- Vopak Ecuador S.A

Estas instalaciones, cuentan con sus respectivas seguridades contra incendios sin embargo, se tiene que precautelar la vida de la tripulación y de la carga de los buques en sus maniobras de atraque, de embarque de la carga y desatraque en alguno de los puertos antes mencionados.

Para este proyecto, se tomarán tres posibles rutas sobre la cual tendrá su línea de acción la embarcación a diseñarse:

A continuación se muestra una imagen en que se destaca a los puertos principales de la ciudad:

Ilustración I.1 Principales puertos de la ciudad de Guayaquil.



Fuente: Google Earth

Como se puede observar, la embarcación que se diseñará acoderara donde hacen base todas las embarcaciones del Benemérito Cuerpo de Bomberos de Guayaquil, esto es en el muelle del Malecón 2000, a la altura del IMAX. Hacia el sur se encuentra al puerto de la Industria Molinera justo al lado de ASTINAVE EP, de esta manera la embarcación cubre en esta trayectoria a todas las instalaciones cercanas al río y pequeños varaderos.

Suponiendo el caso de que se suscite un flagelo en el Terminal Portuario de Guayaquil, que será la distancia máxima que se tomará para este proyecto en el caso de brindar asistencia a instalaciones portuarias, esta distancia es de 10 millas náuticas.

1. La embarcación debe brindar también apoyo a las instalaciones cercanas al río y esto considera asentamientos de personas en lugares donde ya se han suscitado conatos de incendio y donde la asistencia mediante vía terrestre es casi imposible, como es el caso de la isla Santay que se encuentra justo al frente del Malecón 2000 y que cuenta con 220 habitantes.

Como se indica en el punto anterior, la embarcación se acoderaría a la altura del IMAX en el Malecón 2000, y suponiendo que la embarcación sale de este punto se da una vuelta completa alrededor de la Isla Santay y regresa al muelle, la embarcación recorre un total de 12 millas náuticas.

2. El buque a diseñar servirá para brindar el apoyo a los buques que llegan a los puertos, ya sean buques de cabotaje, pesqueros o de transporte de carga, y que los mismos fondean o realizan sus maniobras en el Golfo de Guayaquil. Este último recorrido es el más importante a ser cubierto por la embarcación, la entrada del golfo y las islas cercanas como, la Isla Puná, Isla Verde e Isla Mondragón.

Suponiendo que la embarcación sale de su muelle en el Malecón 2000 y se dirige hacia la Isla Puná en la entrada del Golfo de Guayaquil, rodea completamente la isla y regresa al muelle, aquí el buque habrá recorrido una distancia de 119 millas náuticas.

Por lo tanto, resumiendo la distancia y recorrido que cubrirá nuestro proyecto son las siguientes:

Tabla I.1 Distancias del proyecto.

Instalaciones portuarias y cercanas al rio	10millas
Isla Santay	12millas
Isla Puná	119millas

Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto para el diseño se asumirá la mayor de estas distancias, es decir la Isla Puná con 119 millas náuticas.

1.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS EMBARCACIONES CONTRA INCENDIO:

Este tipo de embarcaciones como su nombre lo indica tienen como único fin es extinguir incendios, por lo que la característica fundamental y determinante lo dará su sistema de tubería y la capacidad de sus bombas.

Existen embarcaciones, contra-incendios que también funcionan como remolcadores; en estos casos estas embarcaciones deben de cumplir con las reglas de la sociedad clasificadora para ambos tipos de buques como contra-incendio y remolcador, pero este no es el caso de esta tesis ya que solo se diseñará una embarcación contra-incendio.

Dado que estas embarcaciones sirven con el propósito de salvar y proteger vidas y propiedades son regularizadas con algunas de las sociedades clasificadoras entre ellas

la ABS (“American Bureau of Shipping”) y la NFPA (“National Fire Protection Association”) ambas de origen estadounidense.

Ambos entes clasifican a los buques contra incendio de la siguiente manera:

Según la NFPA:

Tabla I.2 Características de buques contra incendio según NFPA.

Clase A	Clase B	Clase C
Eslora mayor a 65 pies	Eslora de 40-65 pies	Eslora de 20-40 pies
Capacidad mínima de bomba 5000 GPM	Capacidad mínima de bomba 2500 GPM	Capacidad mínima de bomba 500 GPM
Presión mínima 150 psi	Presión mínima 150 psi	Presión mínima 150 psi
Mínimo de bombas, 2	Mínimo de bombas, 1	Mínimo de bombas, 1
Mínimo de monitores, 4	Mínimo de monitores, 2	Mínimo de monitores, 1
Tripulación mínima 3	Tripulación mínima 2	Tripulación mínima 2
Mínimo de hidrantes: 6 de 1 ½ y 10 de 2 ½	Mínimo de hidrantes: 4 de 1 ½ y 8 de 2 ½	Mínimo de hidrantes: 1 de 1 ½ y 2 de 2 ½
Capacidad de combustible, 8 horas	Capacidad de combustible, 8 horas	Capacidad de combustible, 4 horas

-
- Según ABS:

Tabla I.3 Características de buques contra incendio según ABS.

Notación de clase	FFV 1	FFV 2		FFV 3
Monitores de agua	2	3	4	4
Razón de descarga por minuto m ³ /hora (GPM)	1200 (5280)	2400 (10560)	1800 (7920)	2400 (10560)
Numero de bombas	1-2	2-4		2-4
Capacidad total, m ³ /hora (GPM)	2400 (10560)	7200 (31680)		9600 (44240)
Rango del monitor, m (pie)	120 (394)	150 (492)		150 (492)
Altura del monitor m (pie)	45 (148)	70 (230)		70 (230)
Número de conexiones de mangueras en cada banda	4	8		10
Número de equipos de protección personal	4	8		10
Capacidad combustible, hrs	24	96		96

Fuente: American Bureau of Shipping

CAPITULO II

ANÁLISIS CON EMBARCACIONES SIMILARES EXISTENTES

2.1 OBTENCIÓN DE PARÁMETROS PRINCIPALES.

Para el presente proyecto uno de los factores más determinantes en el proyecto es la velocidad.

Existen varios tipos de análisis para determinar la resistencia y potencia de este tipo de embarcaciones, entre ellos el método de Compton, Lahtiharju, Radojic y finalmente el de Mercier – Savitsky que es el que se usará para esta tesis.

Para encontrar los parámetros necesarios para el dimensionamiento, es necesario disponer de una base de datos de buques de similar propósito, es por esto que se buscó en la web de este tipo de buques teniendo resultados especialmente del US Fire Department:

Tabla II.4. Base de datos de buques similares.

	Eslo ra (mts)	Manga (mts)	Puntal (mts)	Calado (mts)	Nro. Bombas
Guan Xiao Er Hao	46,42	11,7	5,15	3,65	3
NYFD	42,67	10,97	4,87	2,74	4
Three Forty Three	42,67	10,97	4,87	2,74	3
Mojaweb	39,1	13,5	6,11	5,05	4
Guan Xiao Yi Hao	38,9	9	4,46	2,2	2
Christopher Wheatley	27,42	7,62	3,71	2,28	2
John R. Frazier	26,5	6,7	3,76	2,21	2
American United	24,1	6,76	2,92	2,13	2
Independence	20,15	6	2,28	0,81	2
Los Angeles FD	12,2	4,1	1,6	0,73	1
San Francisco FD	26,8	7,6	4,4	2,8	3
Leschi	32,9	8,18	4,6	3,11	4
BREMEN I	23,9	6	1,5	1,2	1
Seattle FD	15,3	4,9	1,8	0,68	2
Tuen Mun	35	7,4	4,5	2,9	3

Fuente: Elaboración propia.

Con lo que luego de realizar la regresión se tienen las siguientes relaciones:

$$B = -6 * 10^{-5} L^3 + 0.0069 L^2 - 0.0042 L + 3.4381$$

$$T = 0.0147 B^3 - 0.3889 B^2 + 3.5969 B - 9.0335$$

$D = 0.0043 B^3 - 0.1451 B^2 + 2.058 B - 5.1882$ En el Anexo "A" se muestran las gráficas de las regresiones que se realizaron para poder obtener estas relaciones.

2.2 PROPUESTA DE EMBARCACIÓN CONTRA INCENDIO PARA EL PROYECTO:

Con lo mencionado en el literal anterior y sabiendo que se dispone de un rango de número de Froude que hay que respetar, se procedió a encontrar este valor variando tanto la eslora y la velocidad con lo que se llegó a que con una velocidad de 30 nudos, se tiene un número de Froude de 1.019 con la eslora de 25 metros.

Se tomó este valor dado que a esloras menores y velocidades menores se alcanzaban de forma más rápida el valor de 1 en el número de Froude pero esto significaría restricciones al momento de seguir con el diseño de los demás sistemas al disponer de una eslora muy limitada. Si se aumentaba la velocidad era necesario aumentar considerablemente la eslora, lo que llevaría a un exceso en el dimensionamiento del buque y por lo tanto un aumento en sus costos de operación, es por esto que se encontró fijar la eslora en 25 metros.

A partir de esta eslora y con los datos de regresión se obtuvieron las otras dimensiones tal como se muestra a continuación:

- Eslora: 25 metros
- Manga: 6.7 metros
- Calado: 2.0 metros
- Puntal: 3.4 metros

- Número de bombas: 2

Teniendo en cuenta esto, y con lo descrito en el Capítulo 1 sobre como clasifican la ABS a este tipo de buques y considerando el número de bombas se llega a la conclusión que usando esta sociedad clasificadora se desarrollará un buque contra incendio clase FFV1.

CAPITULO III

DISEÑO PRELIMINAR

3.1 OBTENCIÓN DE FORMAS

Como se indicó en el capítulo anterior, uno de los factores determinantes de la embarcación es la velocidad, lo que conlleva la necesidad de que la embarcación sea diseñada con las formas adecuadas para no generar demasiada resistencia.

Existen 3 maneras de desarrollar la forma de un buque:

- Usando series sistemáticas.
- Utilizando las formas de un buque de similar propósito.
- Una idea completamente nueva.

Se indica distintos factores que influyen en el comportamiento de las embarcaciones rápidas, donde destacan las siguientes:

- Que estas embarcaciones no cuenten con popas pequeñas y que tengan espejos anchos.
- Para altas velocidades escoger de preferencia buques con chinas (en lugar de pantoques redondos), lo que ayuda a conseguir mayores velocidades.
- Para el tipo de embarcación en diseño, al tener un número de Froude alrededor de 1, también conviene tener un pantoque con china.

Se muestran algunos tipos de cascos de alta velocidad con pantoques redondeados, se procedió a escalar la embarcación con las dimensiones obtenidas en el capítulo 2 con lo que se tuvo el de líneas de formas que se muestra en el Anexo “B”.

3.2 CURVAS HIDROSTÁTICAS

Usando un programa de computación Hydromax obtenemos las siguientes características hidrostáticas:

Tabla III.5. Valores hidrostáticos a la línea de agua de diseño

Coeficiente prismático	0.744
Coeficiente bloque	0.382
Coeficiente de sección media	0.604
Coeficiente del plano de agua	0.838
Desplazamiento (tons)	117.1
Línea de agua (metros)	24.05
Manga en L.A (metros)	6.213
Área superficie mojada (m ²)	156.4
Área del plano de agua (m ²)	.125.2

Fuente: Elaboración propia.

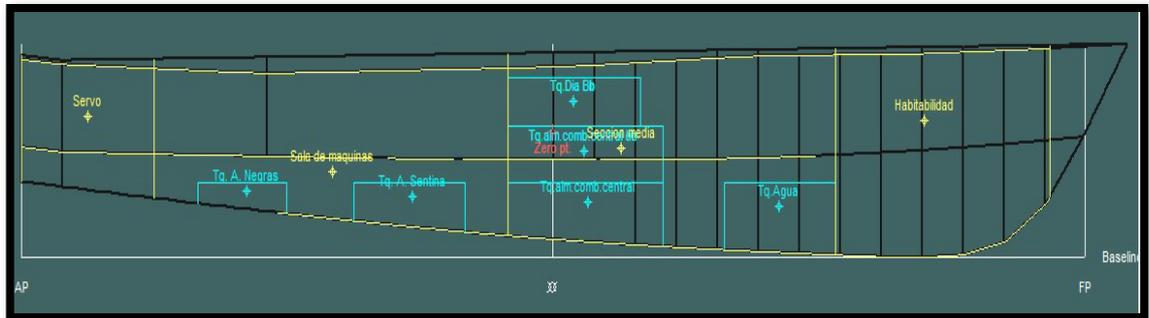
En el Anexo “C” se muestran todos los resultados del análisis hidrostático para las demás líneas de agua.

3.3 CÁLCULOS DE ESTABILIDAD

3.3.1 CONDICIÓN DE CARGA

Después de determinar la posición de los mamparos y capacidad de los tanques, según lo expuesto en el Anexo “E”. Se colocaron estos parámetros en un programa de computación, siguiendo los pasos que se indican en el Anexo “D”. Teniendo la siguiente distribución:

Ilustración III.2 Distribución longitudinal de compartimentos y tanques.



Fuente: Hydromax

Una vez definidos los tanques, el único valor que nos falta de ingresar para tener la condición de carga inicial, es el peso ligero de la embarcación y la posición de su centro de gravedad.

Asumimos, el peso ligero como el peso de los estructurales del casco; peso de los estructurales de la superestructura; maquina principal, reductor y propulsor; maquina auxiliar, y elementos de habitabilidad.

Con lo que tenemos la siguiente tabla con la distribución de los pesos:

Tabla III.6 Distribución de pesos.

	Peso (ton)	X (m)	Y (m)	MX (ton*m)	MY (ton*m)
Casco	12.350	13.668	1.902112	168.806	23.491
Superestructura	9.568	14.309	4.552	136.908	43.553
Bote	0.8	2.748	4.051	2.198	3.241
Motor BB	3.075	8.581	2.218	26.387	6.820
Motor EB	3.075	8.581	2.218	26.387	6.820
Reductor BB	0.725	7.082	1.834	5.134	1.330
Reductor EB	0.725	7.082	1.834	5.134	1.330

WJ BB	0.725	0.323	1.526	0.234	1.106
WJ EB	0.725	0.323	1.526	0.234	1.106
Sala Maquinas	18.087	6.477	1.9436	117.146	35.153
Habitabilidad	24.412	15.965	3.789	389.738	92.497
Total	74.267			878.307	216.448

Fuente: Elaboración propia.

La posición del centro de gravedad del buque en esta condición:

$$XG = \frac{\sum MX}{\sum W} = \frac{878.307}{74.267} = 11.82 [mts]$$

$$YG = \frac{\sum MY}{\sum W} = \frac{216.448}{74.267} = 2.91 [mts]$$

Todos los brazos para los momentos fueron tomados de un eje de referencia ubicado a popa de la embarcación, hay que pasarlos al eje de coordenadas del programa, que es en sección media, para este caso 12.025mts a proa de la perpendicular de popa y con línea base en -2mts.

Entonces la ubicación del centro de gravedad, con el eje de referencia del programa, que vamos a colocar, es de -0.19m en el eje X y 0.91m en el eje Y.

Una vez obtenidos estos valores, colocándolos en la tabla y también colocando el número de personas que abordan inicialmente al buque, tenemos la tabla de la condición de carga.

Ilustración III.3 Tabla de condición de carga inicial.

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Peso en rosca	1	74,267	74,267			-0,199	0,000	0,914	0,000	User Specific
2	Personas	10	0,075	0,750			0,000	0,000	2,053	0,000	User Specific
3	Tq.alm.comb.central	100%	5,761	5,761	6,858	6,858	0,773	0,000	-1,115	0,000	Maximum
4	Tq.alm.comb.central eb	100%	4,043	4,043	4,814	4,814	0,695	2,034	-0,307	0,000	Maximum
5	Tq.alm.comb.central bb	100%	4,043	4,043	4,814	4,814	0,695	-2,034	-0,307	0,000	Maximum
6	Tq.Dia Bb	100%	3,225	3,225	3,839	3,839	0,456	-2,332	0,493	0,000	Maximum
7	Tq.Dia Eb	100%	3,225	3,225	3,839	3,839	0,456	2,332	0,493	0,000	Maximum
8	Tq.Aguá	100%	4,935	4,935	4,935	4,935	5,099	0,000	-1,172	0,000	Maximum
9	Tq. A. Negras	10%	2,824	0,282	3,442	0,344	-2,963	0,000	-1,366	9,868	Maximum
10	Tq. A. Sentina	0%	1,138	0,000	1,246	0,000	-6,038	0,000	-1,298	0,000	Maximum
11	Total Loadcase			100,532	33,787	29,443	0,224	0,000	0,572	9,868	
12	FS correction								0,098		
13	VCG fluid								0,670		

Fuente: Hydromax

Para el modelo que se está realizando, se consideran 04 condiciones de carga que se resumen a continuación:

Tabla III.7 Condiciones de carga para el análisis del modelo.

	Salida de puerto	Llegada al siniestro	Salida del siniestro	Llegada a puerto
Ítem	Cantidad	Cantidad	Cantidad	Cantidad
Peso en rosca	1	1	1	1
Personas	10	10	20	20
Tanque almacenamiento combustible central	100%	70%	50%	10%
Tanque almacenamiento combustible Estribor	100%	70%	50%	10%
Tanque almacenamiento combustible Babor	100%	70%	50%	10%
Tanque de combustible diario BB	100%	70%	50%	10%
Tanque de combustible diario EB	100%	70%	50%	10%
Tanque de agua dulce	100%	85%	60%	30%
Tanque de agua Negra	10%	25%	55%	90%
Tanque de agua Sentina	0%	30%	40%	50%

Fuente: Elaboración propia.

Las asunciones para las condiciones de carga se realizaron de la siguiente manera:

- El peso en rosca, se mantiene constante durante toda la operación del buque.

- Las personas, a la salida del puerto, se entiende que sale con toda su tripulación completa que por defecto son 10 personas, una vez que llegase al lugar del siniestro, se asume de que se rescatan a 10 personas y es por eso que en la salida del siniestro y llegada a puerto el número de personas es 20.
- Los tanques de combustible se van consumiendo a lo largo de la operación del buque.
- Se asume una navegación de salida de puerto hasta la llegada al siniestro, asumiendo la distancia más larga, de 3 horas, el buque se mantiene en el lugar de emergencia por 6 horas y al buque finalmente, le toma 3 horas su navegación de regreso al puerto.
- En este tiempo el buque consume aproximadamente con la referencia de 200litros/día la cantidad de: 0.5m³, 1m³ y 1.34m³, respectivamente.
- El tanque de aguas negras se lo asume que sale del puerto con su capacidad al 10% y que se va llenando durante la navegación de manera proporcional que se vacía el tanque de agua dulce.

En el Anexo “D” se encuentran a más detalle las condiciones de carga del diseño.

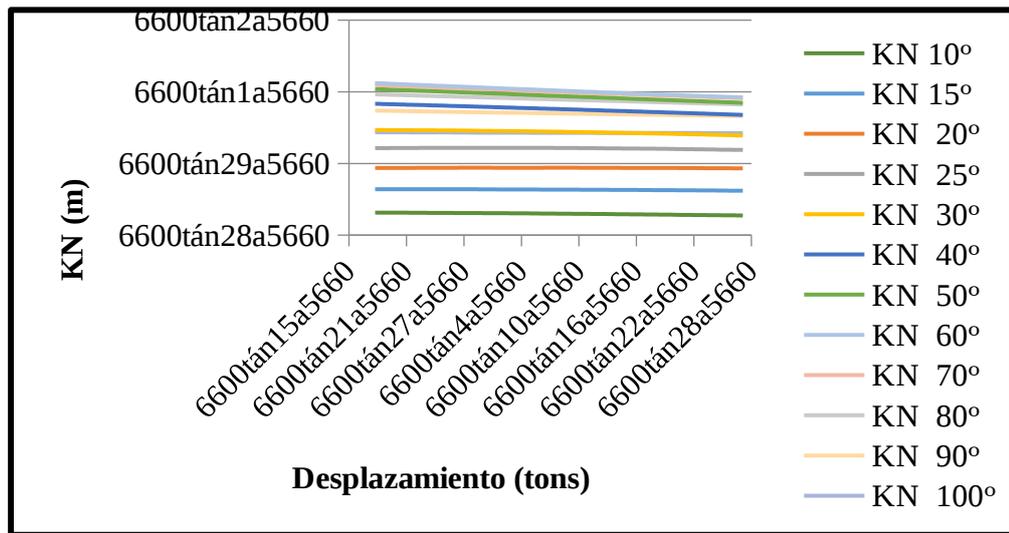
3.3.2 CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD.

Las curvas cruzadas son el parámetro de estabilidad que ayuda a encontrar el brazo adrizante para cuando el buque está sometido a una fuerza externa que le produce una escora, donde se usa junto con la fórmula de Atwood:

$$GZ = KN - KG \sin \varnothing$$

Donde ϕ es el ángulo de escora del buque. Entonces para el diseño que estamos considerando tenemos las siguientes curvas cruzadas de estabilidad:

Ilustración III.4 Curvas cruzadas de estabilidad KN.



Fuente: Elaboración propia.

3.3.3 CURVAS DE ESTABILIDAD INTACTA

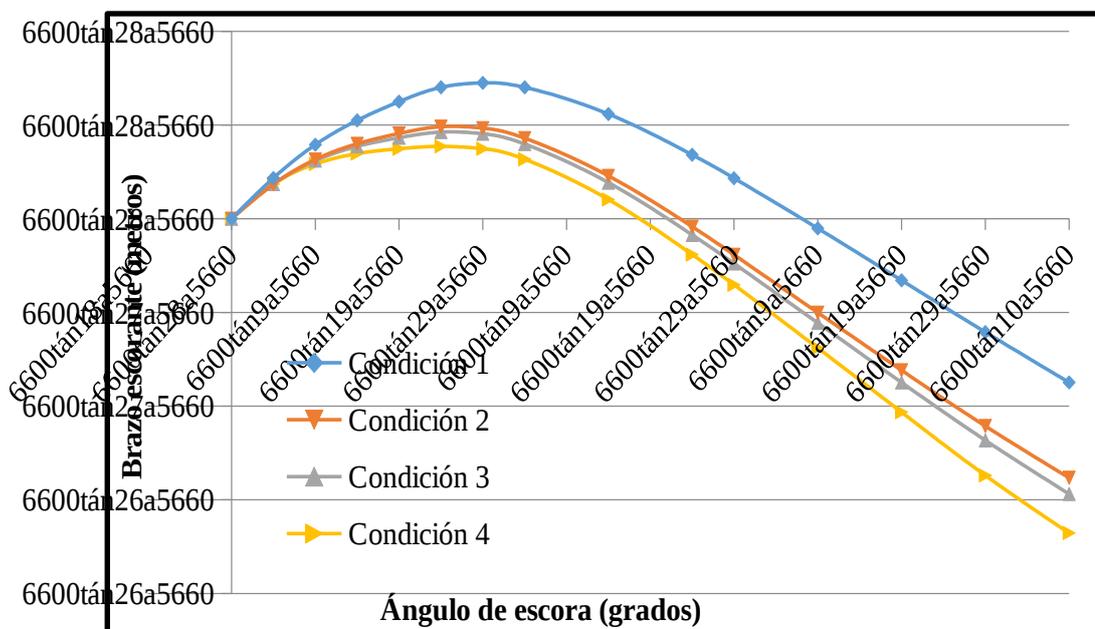
Los datos que se calcularán de aquí a adelante son para la condición de estabilidad intacta, tal como se mencionó anteriormente, las curvas cruzadas de estabilidad eran solo válidas para grandes ángulos de escoras, es decir mayores a 10° , para valores inferiores a estos se usa la fórmula:

$$GZ = GM \sin \varnothing$$

Dado que el triángulo formado entre estos vectores, se conserva siendo un triángulo rectángulo y también de que la posición del metacentro (M), para ángulos menores de escora no varía.

Por lo tanto, tendremos la siguiente curva de brazos adrizantes:

Ilustración III.5. Curva de brazos adrizantes para estabilidad intacta.



Fuente: Elaboración propia.

De este tipo de curvas se obtienen 04 parámetros que debemos para las distintas condiciones de carga que son los siguientes:

- Rango de estabilidad.
- Valor de brazo adrizante cero.
- Máximo valor de brazo adrizante.

Con lo que tenemos para las cuatro condiciones de carga, los siguientes valores:

Tabla III.8. Valores relevantes de las curvas GZ.

	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
Rango de estabilidad	0°-68°	0°-53°	0°-52°	0°-48°
Brazo adrizante nulo	@68°	@53°	@53°	@48°
Brazo adrizante máximo	0.58m @30°	0.393m @25°	0.37m @25°	0.309m @25°

Fuente: Elaboración propia.

Cuando hablamos de condiciones de estabilidad transversal, lo más importante y donde se resume todo es al hecho de que existen criterios de estabilidad que determinan si la embarcación es segura o no durante la navegación.

Son seis criterios que se evalúan en las cuatro condiciones de navegación del buque en condición intacta. A continuación se resume la condición y el criterio y si la embarcación cumple o no con los mismos:

Tabla III.9. Cumplimiento de criterios para condición de estabilidad intacta.

	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
CRITERIO 1	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CRITERIO 2	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CRITERIO 3	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CRITERIO 4	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CRITERIO 5	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple
CRITERIO 6	Cumple	Cumple	Cumple	Cumple

Fuente: Elaboración propia.

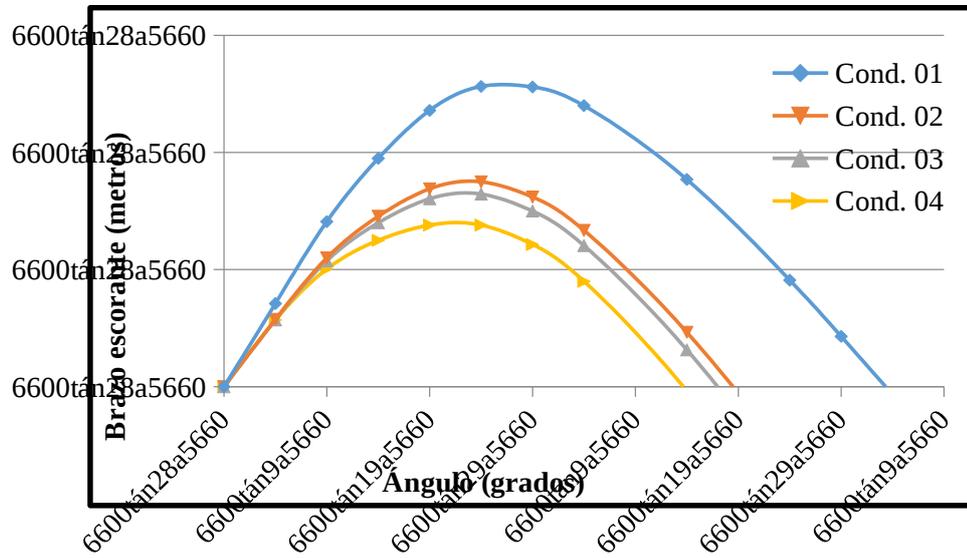
Como se puede observar en la tabla anterior, la embarcación cumple con todos los criterios en todas las condiciones de carga. En el Anexo “D”, se muestran los resultados obtenidos de los criterios.

3.3.4 CURVAS DE ESTABILIDAD EN AVERÍA

Ahora, así como se realizó el cálculo para la estabilidad intacta, es necesario hacerlo para la estabilidad en avería, para esto como ya se tienen definidos los compartimentos en el modelo, es necesario simular el comportamiento del buque y como afecta esto a la estabilidad cuando está inundado un compartimento.

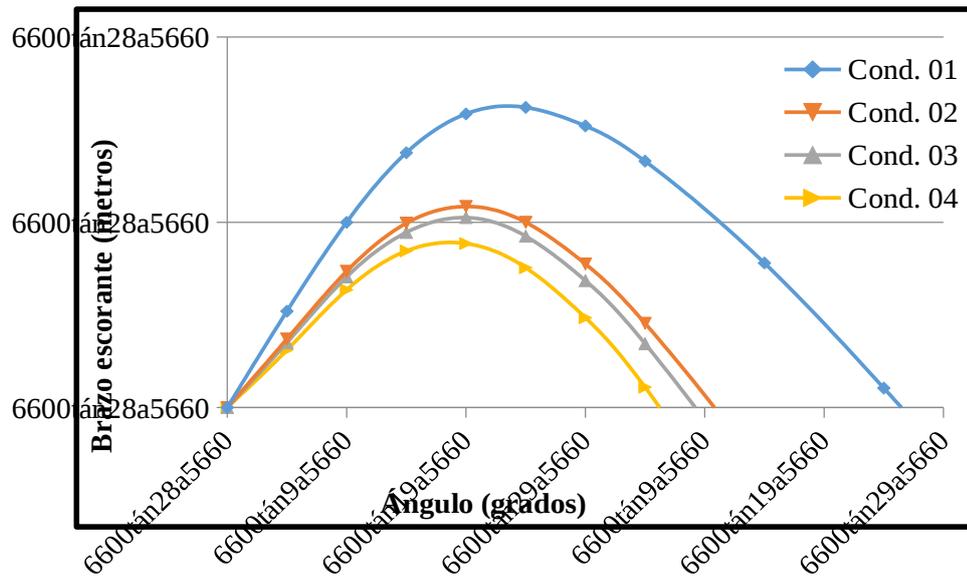
El buque cuenta con los siguientes compartimentos de popa a proa: servo, sala de máquinas, sección media, habitabilidad y el peak de proa; todos separados por mamparos transversales estancos. Se hizo la simulación inundando cada compartimento para cada condición de carga, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Ilustración III.6 Curvas GZ para condición de avería en el servo.



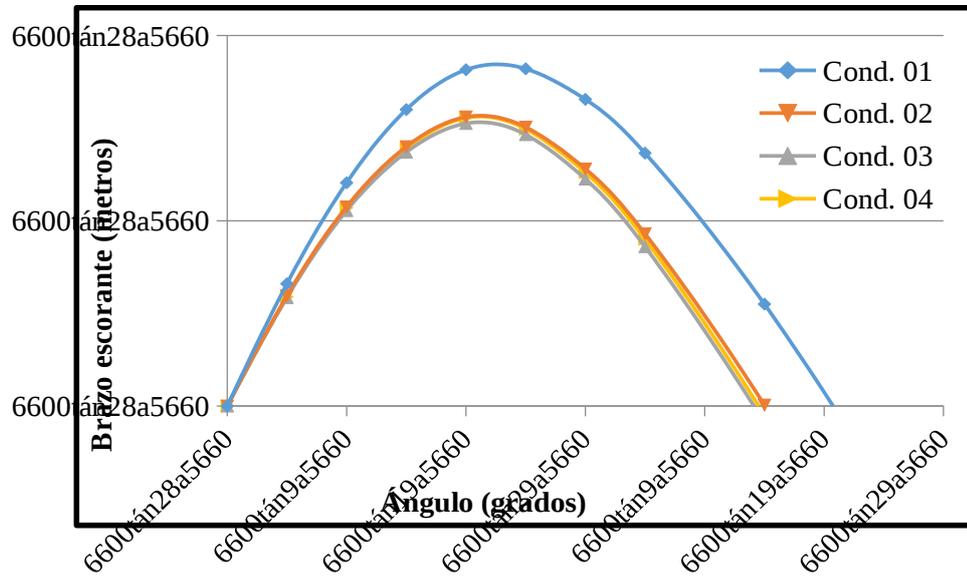
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración III.7 Curvas GZ para condición de avería en sala de máquinas.



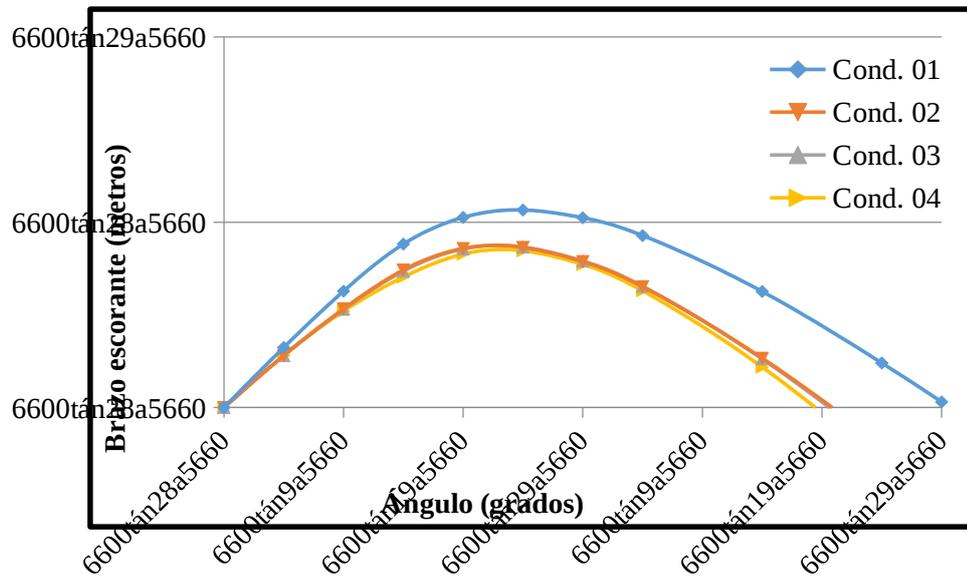
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración III.8 Curvas GZ para condición de avería en sección media.



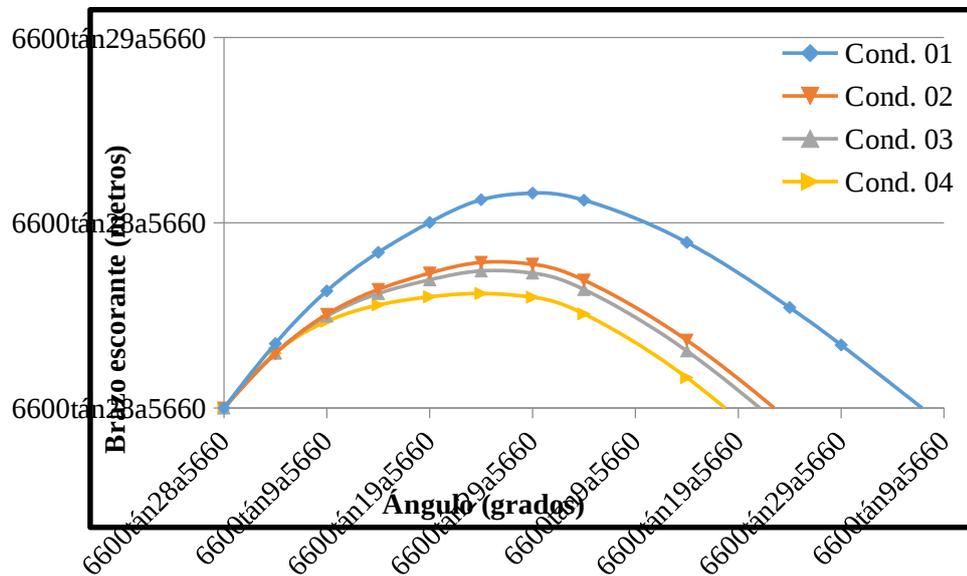
Fuente: Elaboración propia.

Ilustración III.9 Curvas GZ para condición de avería en habitabilidad.



Fuente: Elaboración propia.

Ilustración III.10 Curvas GZ para condición de avería en el peak de proa.



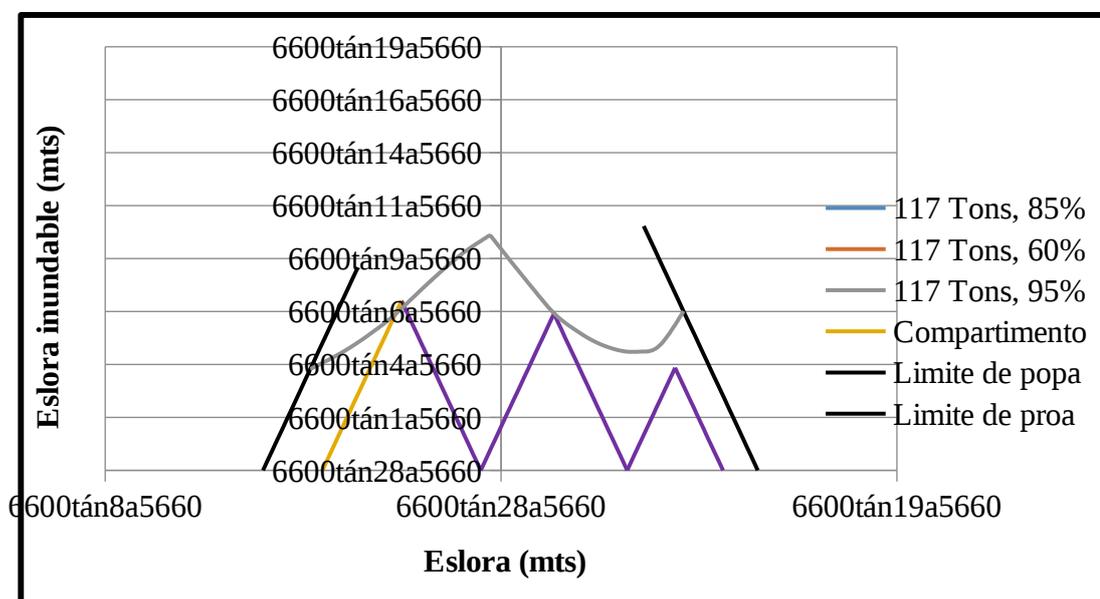
Fuente: Elaboración propia.

En esta condición, también se evaluaron los criterios de estabilidad en condición de avería, teniendo como resultado de que todos los criterios se cumplían. Para mayor información acerca de estos resultados, revisar el Anexo “D”.

3.3.5 ESLORA INUNDABLE

Se obtuvieron los datos de eslora inundable para la embarcación en diseño, tal como se indica en el Anexo “D”.

Ilustración III.11 Distribución de eslora inundable.



Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar en la figura superior, el gráfico de compartimentos (curva morada), satisface todas las condiciones de permeabilidad, al 60 y 85%, excepto al 95%.

Según SOLAS, la sala de máquinas cuenta con una permeabilidad del 85%, entrepuentes 95% y espacios destinados a provisiones 60%. Con este caso, todas las curvas se encuentran debajo de los respectivos límites, sala de máquinas bajo el 85%, entrepuente bajo el 95% y espacios destinados a provisiones 60%. Con lo que se concluye que el modelo es seguro para la máxima condición de carga.

3.4 CÁLCULOS DEL SISTEMA PROPULSIVO Y MANIOBRABILIDAD

Es necesario determinar la potencia de los motores para cumplir con la velocidad de diseño y esto lo obtenemos a partir de la resistencia al avance de la embarcación. Recordemos que, para el propósito del diseño la velocidad requerida es de 30 nudos.

3.4.1 CALCULO DE LA RESISTENCIA Y LA POTENCIA INDICADA DEL MOTOR

Existen distintos métodos estadísticos para la predicción de la potencia del motor, y al ser considerada nuestra embarcación como de planeo existen métodos tales como: Lahtiharju, Radojcic, Mercier-Savitsky, Ping-Zhong, Fung y Lubman.

En nuestro caso usaremos el módulo HULLSPEED el mismo que analiza las variables del método de Savitsky para obtener la resistencia y potencia estimada del motor. En el Anexo D, se muestra como se ingresaron los datos y que variables se usaron.

Por lo tanto para el diseño, es necesaria una potencia indicada de 2520.59kW para 130.7kN de resistencia.

3.4.2 COMPONENTES DEL SISTEMA PROPULSIVO

Una vez obtenidos los valores de resistencia y potencia podemos buscar los componentes del sistema propulsivo para nuestra embarcación. Lo primero es determinar el número de líneas propulsivas.

Debido a que es un buque de rescate el que se está diseñando, uno de los factores primordiales en este tipo de barco es la maniobrabilidad, es por eso que se debería de emplear un buque con 2 líneas de propulsión lideradas por motores a diesel. Por lo tanto, la potencia mínima de cada motor a diesel deberá de ser de 1300 bkW.

Buscando en la red entre los distintos tipos de motores marinos que existen en el mercado se llegó a la conclusión de que el que mejor se acoge al proyecto es el Caterpillar, C32 Acert, de 1417 bkW @ 2300RPM.

Actualmente, y debido a las exigencias del proyecto la maniobrabilidad es un factor importante para el mismo, he de aquí que la propuesta de un propulsor basado en la tecnología Waterjet es necesario. El propulsor que sirve para el proyecto es el siguiente:

Tabla III.10 Características del propulsor.

Marca:	Hamilton Jet
Modelo:	HM521
Potencia máxima de entrada al propulsor:	1400 kW
RPM de entrada al propulsor:	1581-1710

Fuente: Elaboración propia.

Existe diferencia en las revoluciones del motor y del propulsor lo que imposibilita la conexión directa, por lo tanto es necesario colocar un reductor que disminuya las revoluciones del propulsor de tal forma que satisfacen las revoluciones de entrada del propulsor.

La máxima RPM de salida del motor es de 2300 mientras que la máxima RPM de entrada del propulsor es de 1710, por lo tanto si se divide el uno del otro, se tiene que para poder conectar el motor con el propulsor, es necesario tener un reductor de razón 1.35:1 o cercano.

Buscando en internet en catálogos de distintos reductores, se tiene que el que se acoge a las necesidades del diseño es el que consta con las siguientes características:

Tabla.III.11 Características del reductor.

Marca:	Reintjes
Modelo:	WVS 730/1
kW/RPM	0.95
Razón de reducción	1.39
Peso	725 kg

Fuente: Elaboración propia.

Con este tipo de reductor, y si tenemos al motor trabajando a su máxima capacidad, tenemos a la salida del reductor, una velocidad de rotación de 1655RPM.

El buque cuenta con dos líneas propulsivas de donde el eje es de aleación de acero inoxidable con un diámetro de 90mm, con una longitud de 5.38m.

3.5 DISTRIBUCIÓN GENERAL Y HABITABILIDAD

La disposición general del buque será mediante especificaciones indicadas en los reglamentos de SOLAS y la casa clasificadora, en este caso, la *American Bureau of Shipping*.

La distancia del peak de proa hacia popa desde la perpendicular de proa; y la distancia del peak de popa hacia proa de la perpendicular de popa son las siguientes:

Peak de proa: *0.81 metros*

Peak de popa: *3 metros*

Todas estas distancias son mínimas, en cambio para el peak de popa, se decidió dejar una distancia desde el espejo de 3 metros debido al tamaño del sistema propulsor de Waterjet.

La longitud de la sala de máquinas, tomando en cuenta la potencia y tipo de motores es de:

Lcm: *8.00 metros*

Según lo estipulado por la sociedad clasificadora, la embarcación debe de contar de mínimo 02 monitores (destroyers) de agua para la lucha contra incendio, para el caso de la embarcación en diseño, se dispondrá de 02 monitores ubicados: 01 a proa de la superestructura y 01 sobre la cubierta del magistral. Los monitores, son ubicados de tal manera que durante la operación de los mismos, estos no signifiquen un peligro para la operación de la embarcación.

Adicional a esto, la embarcación debe de contar por norma de 04 tomas contra incendio en la cubierta principal para mangueras, por banda, es decir 08 en total.

Adicional a esto, se colocaran “candeleros” de protección articulados, de barra de aluminio de 32mm de diámetro, en la cubierta principal, que cumplirán lo expuesto por la sociedad clasificadora, estos candeleros serán de 1 metro de alto y estarán espaciados una distancia entre ellos de 1.5mts, lo que da un total de 56 unidades.

La capacidad de combustible de acuerdo a la sociedad clasificadora, que se basa en la autonomía (24 horas para este tipo de buques) y el consumo específico del buque es de 22.73m³.

También se deben de colocar 02 tanques de combustible diario, cada uno de estos que alimenten de forma directa a cada una de las líneas propulsoras de su respectivo costado, cada uno de estos tanques debe de tener una capacidad de 3.79 m³ de combustible.

Por lo tanto la capacidad total de combustible de la embarcación, ubicado en un solo tanque dividido a la mitad, a proa de la sala de máquinas, es el siguiente:

$$\text{Tanque combustible} = \text{Capacidad} - 2 * \text{Tqs diarios}$$

$$\text{Tanque combustible} = 22.73 \text{ m}^3 - 2 * (3.79 \text{ m}^3)$$

$$\text{Tanque combustible} = 15.15 \text{ m}^3$$

La capacidad de agua dulce para el día de navegación y para un aproximado de 10 tripulantes y 10 personas rescatada es de 4 m³ y la capacidad del tanque de aceite sucio/sentina es de 1.78 m³.

La sociedad clasificadora indica que se deben colocar al menos 02 escotillas con salida a la cubierta principal ubicadas a proa y a popa de la embarcación, que sirvan de evacuación en el caso de presentarse alguna emergencia. Se colocará una escotilla a la altura del mamparo 03 y la otra, a popa del mamparo del peak de proa de tal manera de que sirva de conexión con el compartimento de habitabilidad del buque y la cubierta principal. Estas escotillas deben de contar con medios de cierres que garanticen la estanqueidad de las mismas, mientras estas se encuentren cerradas. La altura de las brazolas donde serán ubicadas estas escotillas mínimas es de 0.60mts, y las dimensiones son de 0.60x0.60mts (24"x24").

En el peak de proa también es necesario ubicar una escotilla que sirva de acceso para verificar si no existe entrada de agua, entonces esta escotilla se colocará a proa del mamparo del peak de proa, debido a que colocar una brazola en esta escotilla obstaculizara las operaciones del monitor de agua de proa y que este compartimento

está completamente aislado del resto del buque, esta escotilla estará al mismo nivel que la cubierta principal.

3.6 ESTRUCTURAS

3.6.1 ESCANTILLONADO

Para el cálculo del escantillonado del buque, usamos las reglas de la clasificadora ABS “America Bureau of Shipping” en la parte 3 para buques de alta velocidad “High Speed Craft”.

Uno de los primeros parámetros que necesitamos encontrar, es el módulo seccional mínimo requerido por la clasificadora del buque, en la sección media cuyo valor es de 416.78 cm²-m. Este valor será comprobado posteriormente de que si cumple o no una vez que se haya determinado los escantillonados.

Una vez determinado el módulo seccional mínimo que debe de cumplir la embarcación, hay que encontrar las presiones a las que se ve sometido el modelo. Ya que es un buque de alta velocidad, el mismo se ve sometido a presiones hidrostáticas, comunes en cualquier cuerpo con un volumen sumergido, y por “Slamming” que es la acción de rebote en la superficie del mar que se ve sometida la embarcación mientras está se encuentra navegando.

Para esto la ABS, nos da distintas fórmulas para determinar las presiones en las distintas partes del buque, cuyo resultado se presenta a continuación:

Tabla III.12 Presión de diseño para el fondo de la embarcación.

Pbcg	98.70	kN/m ²	presión de diseño en el fondo en LCG, kN/m ²
Pbxx	61.69	kN/m ²	presión de diseño en el fondo cualquier sección libre de LCG, kN/m ²
Pd	45.00	kN/m ²	presión de diseño en el fondo basado en las fuerzas hidrostáticas, kN/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.13 Presión de diseño en el costado.

Psxx	44.49	kN/m ²	presión de diseño del costado cualquier sección libre del LCG, kN/m ²
Pd	25.68	kN/m ²	presión de diseño en el costado basado en las fuerzas hidrostáticas, kN/m ²
Psf	7.50	kN/m ²	presión de diseño en el costado para el extremo de proa, kN/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.14 Presión de diseño de cubiertas.

1)	12.22	kN/m ²	presión de diseño en la cubierta expuesta, cubierta principal, kN/m ²
2)	8.41	kN/m ²	presión de diseño en la cubierta principal pero que no está expuesta, kN/m ²
3)	5	kN/m ²	presión de diseño en cubiertas que se encuentran en espacios habitables kN/m ²

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.15 Presión de diseño de la superestructura.

1)	37.9	kN/m ²	para el planchaje frontal de superestructuras y casetas
2)	24.1	kN/m ²	para los refuerzos frontales de las superestructuras y casetas
3)	13.8	kN/m ²	planchaje del costado y el extremo de popa de las superestructuras y casetas
4)	10.3	kN/m ²	refuerzos del costado y el extremo de popa de las superestructuras y casetas
5)	8.6	kN/m ²	Para planchajes y refuerzos de la parte superior a proa de la sección media

6)	6.9	kN/m ²	Para planchajes y refuerzos de la parte superior a popa de la sección media
----	-----	-------------------	---

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.16 Presión de diseño en los mamparos de tanques.

pt	7.76	kN/m ²	Presión de diseño de los mamparos del tanque de diesel central
pt	4.51	kN/m ²	Presión de diseño de los mamparos del tanque de diesel diario
pt	9.00	kN/m ²	Presión de diseño de los mamparos del tanque de aceite sucio
pt	13.93	kN/m ²	Presión de diseño de los mamparos del tanque de agua
pt	11.37	kN/m ²	Presión de diseño de los mamparos del tanque de aguas negras

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.17 Presión de diseño de los mamparos estancos.

Pw11	28.42	kN/m ²	presión de diseño del M11 de sala de máquinas
Pw03	21.66	kN/m ²	presión de diseño del M03 del servo
Pwpeak	23.72	kN/m ²	presión de diseño del mamparo del peak de proa
Pwh	27	kN/m ²	presión de diseño del mamparo de habitabilidad

Fuente: Elaboración propia.

Una vez determinadas estas presiones, se puede determinar los espesores de las planchas que formaran estos elementos cuyo resultado se resumen a continuación:

Tabla III.18 Tabla de espesores.

Fondo	8	mm
Costado	6	mm
Cubierta	5	mm
Superestructura	6	mm
Tanques	5	mm
Mamparos	5	mm

Fuente: Elaboración propia.

Estos valores, fueron multiplicados por un 15% de factor de seguridad y redondeados para poder obtener espesores de planchas comerciales en el mercado.

Con los espesores de las planchas que van a formar el casco, superestructura, tanques, la subdivisión estanca del buque, es necesario determinar que refuerzos va a ser los que van a rigidizar esta estructura, cuya posición serán los longitudinales espaciados una distancia de 0.35mts mientras que los transversales estarán espaciados una distancia de 1m.

A continuación, se indican los módulos seccionales de los elementos que van a hacer rígida la estructura del buque:

Tabla III.19 Módulo seccional de elementos estructurales.

SM	2,712	cm3	modulo seccional de longitudinales del fondo
SM	2,118	cm3	modulo seccional de longitudinales del costado
SM	1,058	cm3	modulo seccional de longitudinales de la cubierta
SM	0,663	cm3	modulo seccional de longitudinales de los tanques
SM	0,955	cm3	modulo seccional de longitudinales de los mamparos
SM	51,386	cm3	modulo seccional de los transversales del fondo
SM	37,057	cm3	modulo seccional de los transversales del costado
SM	10,856	cm3	modulo seccional de los transversales de la cubierta
SM	87,500	cm3	modulo seccional de los longitudinales de la superestructura

Fuente: Elaboración propia.

Con los módulos seccionales ya encontrados, hay que buscar en el mercado los elementos que cumplan, mínimo, con estos requerimientos. Los elementos estructurales cumplen con las siguientes características:

Tabla III.20 Características de los elementos estructurales.

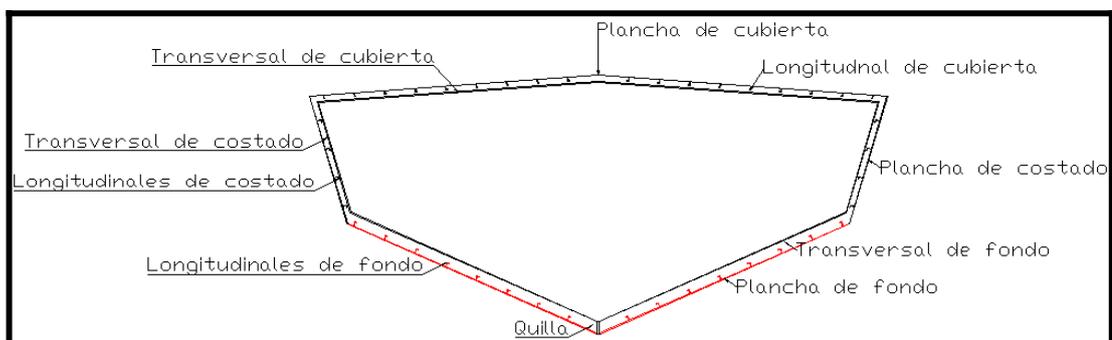
Elemento	Tipo	Dimensiones mm	Módulo seccional (cm ³)
Longitudinal de fondo	“L”	50 x 30 x 5	2.86
Longitudinal de costado	“L”	50 x 30 x 5	2.86
Longitudinal de cubierta	“L”	40 x 20 x 4	1.42
Longitudinal de tanques	“L”	30 x 20 x 4	0.807
Longitudinal de mamparos	“L”	40 x 20 x 4	1.42
Transversal de fondo	“L”	150 x 75 x 10	51.6
Transversal de costado	“L”	135 x 65 x 10	41.3
Transversal de cubierta	“L”	80 x 40 x 8	11.4
Longitudinal de superestructura	de “L”	100 x 75 x 12	90.2

Fuente: Elaboración propia.

En el Anexo “G”, se encuentran las fórmulas usadas para la obtención de los valores mostrados.

3.6.2 CALCULO DE LA SECCIÓN MEDIA

Ilustración III.12 Sección maestra del diseño.



Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de la sección maestra, se toma solamente la mitad de la misma con respecto a la línea de crujía y con origen en la quilla. A continuación se muestra la tabla que se usó para determinar la sección maestra:

Tabla III.21 Calculo de la sección media.

Elemento	Área (cm ²)	Distancia (cm)	Área x d (cm ³)	Área x d ² (cm ⁴)	Io (cm ⁴)
Quilla	47.74	7.7	367.60	2830.50	3800
Long. Fondo	3.75	18.08	67.80	1225.82	1200
Long. Fondo	3.75	32.6	122.25	3985.35	4000
Long. Fondo	3.75	47.13	176.74	8329.64	8300
Long. Fondo	3.75	61.65	231.19	14252.71	14300
Long. Fondo	3.75	76.18	285.68	21762.72	21800
Long. Fondo	3.75	90.71	340.16	30856.14	30900
Long. Fondo	3.75	105.23	394.61	41525.07	41500
Long. Fondo	3.75	119.76	449.10	53784.22	53800
Long. Fondo	3.75	134.29	503.59	67626.77	67600
Pl. de fondo	231	66.25	15303.75	1013873.44	1339200
Long. Costado	3.75	166.09	622.84	103447.08	103400
Long. Costado	3.75	199.73	748.99	149595.27	149600
Long. Costado	3.75	233.37	875.14	204230.84	204200
Long. Costado	3.75	267.01	1001.29	267353.78	267400
Pl. costado	26	206.95	5380.70	1113535.87	1158100
Long. Cubierta	2.24	280.75	628.88	176558.06	176600
Long. Cubierta	2.24	282.97	633.85	179361.33	179400
Long. Cubierta	2.24	285.16	638.76	182148.35	155900
Long. Cubierta	2.24	287.33	643.62	184931.10	184900
Long. Cubierta	2.24	289.48	648.44	187709.02	187700
Long. Cubierta	2.24	291.6	653.18	190468.45	190500
Long. Cubierta	2.24	293.69	657.87	193208.55	193200
Long. Cubierta	2.24	295.75	662.48	195928.46	195900
Long. Cubierta	2.24	297.79	667.05	198640.70	198600
Pl. Cubierta	165.7	292.67	48495.42	14193154.28	14174300
Total:	539.35		81200.9543	18980323.51	19306100
dg=SUMA (A*d)/A			150.55 cm		
A*dg ²			12225076.44 cm ⁴		
In			18980323.51 cm ⁴		
I = 2*(In-A*dg ²)			13510494.14 cm ⁴		
				Cinf	150,55 cm
				Csup	147,24 cm

Fuente: Elaboración propia.

Con lo que finalmente tenemos que el modulo seccional en la fibra más lejana del eje neutro es:

$$SM = \frac{I}{c} = \frac{13510494.14}{150.55} = 89738.91 [cm^4]$$

Y respecto a la fibra más cercana al eje neutro:

$$SM = \frac{I}{c} = \frac{13510494.14}{147.24} = 91760.41 [cm^4]$$

Con lo que revisando en el módulo seccional requerido por la sociedad clasificadora, podemos concluir que el buque satisface las condiciones estructurales mínimas requeridas por la clase.

3.7 SISTEMAS AUXILIARES

A continuación se detallan los componentes principales de los sistemas auxiliares del buque. Los cuales son los siguientes:

- a) Sistema de achique y contra incendio.
- b) Sistema de combustible
- c) Sistema de agua dulce.
- d) Sistema de agua sanitaria.
- e) Sistema de aceite sucio.

3.7.1 SISTEMA COMBUSTIBLE

Las tuberías de combustible, servirán para alimentar a los motores de propulsión y a los generadores auxiliares. Como componentes principales de este sistema, se pueden nombrar los siguientes:

- a) Bombas de alimentación, servirá para transferir el combustible desde el tanque principal a los tanques diarios ubicados en cada banda.
- b) Purificador de combustible, el purificador de combustible servirá para separar las suciedades que estén presentes en el combustible de tal manera que no afecte al funcionamiento de las máquinas principales y generadores auxiliares. Esta purificadora, mientras está en funcionamiento puede ser usada en lugar de la bomba ya que la purificadora también descarga al tanque diario.
- c) Línea de alimentación de los componentes, esta línea, parte de cada tanque diario y alimenta a los respectivos componentes que se encuentren en cada banda.
- d) Entre la línea de alimentación y las entradas del motor y del generador auxiliar, es necesario colocar filtros separadores de agua, con el fin de que estos puedan ser usados por si alguna razón la purificadora deja de funcionar, si se llegase a dar el caso, se tendrían que llenar los tanque diarios con la bomba de transferencia.
- e) Línea de retorno, pueden existir casos en que todo el combustible no es aprovechado para la combustión, por ejemplo debido a una fuga interna de los o-

rines de los pistones, entonces es necesario regresar ese combustible al tanque diario.

Debido a las cualidades anticorrosivas del diesel, y por razón de costos, podemos usar tuberías de acero galvanizado, cuyo caso para la alimentación y retorno de las máquinas principales serán de 28mm y para los generadores auxiliares serán de 15mm. Cabe recalcar que a pesar de esto, la tubería exteriormente, debe de ser protegida debidamente contra la corrosión.

A continuación, se describen las características de alguno de los componentes de este sistema:

Tabla III.22 Características de las bombas de transferencia de combustible.

Marca:	Azcue	
Modelo:	BT-HM-32D2-F	
Caudal:	28L/min	
Presión:	2 bar	
Potencia:	0.43 kW	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.23 Características de la purificadora de combustible.

Marca:	Westfalia	
Modelo:	OTC-2-02-137	
Caudal:	1150 L/h	
Voltaje:	440	
RPM:	1750	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.24 Filtros separadores para las máquinas principales.

Marca:	WATERSEPARATOR W.FILTER
Modelo:	SWK-2000/18 MK+L
Caudal:	1080 L/h
Razón de filtro:	30m micras

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.25 Filtros separadores para los generadores auxiliares.

Marca:	WATERSEPARATOR W.FILTER	
Modelo:	SWK-2000/5 UMK+L	
Caudal:	300 L/h	
Razón de filtro:	30m micras	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.2 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración consiste en extraer el calor producido por intercambio de energía, como la combustión realizada en los motores principales y los generadores, por el rozamiento de piezas mecánicas, como los reductores, etc.

Para eso este sistema, de manera general constará de los siguientes elementos:

Tomas de mar, que permitan el ingreso del agua salada a través del casco de la embarcación:

- a) Cajas de mar, son anexas a las tomas de mar, estas cuentan con una válvula que limita el ingreso del agua de la toma de mar, las válvulas de las cajas de mar tienen que estar conectadas a un medio remoto de tal manera que no haya la necesidad de llegar a la altura de las sentinas para poder abrirla o cerrarla, sino que se pueda realizar desde la altura de las estibas de la sala de máquinas.
- b) Filtros de las cajas de mar, debido a que en el mar/rio se encuentra contaminado de desperdicios sólidos hay que evitar que estos ingresen a las líneas del enfriamiento de los elementos, por eso se coloca el filtro, donde sí este se obstruye en gran manera, restringe el flujo de agua impidiendo cumplir su función de manera adecuada, como resultado se tendría que el elemento al que enfría esa línea, aumentaría de temperatura.
- c) Electroválvulas, estas válvulas sirven como una obstrucción para poder realizar el mantenimiento de las cajas de mar, y poder comprobar de que no se encuentran obstruidos con las electroválvulas cerradas, ya que de darse el caso, si no existiese la electroválvula o estuviera abierta, en el momento de dar mantenimiento a la caja de mar y retirar el filtro para limpiarlo, y al abrir la caja de mar para comprobar que este no se encuentre aún obstruido sin el filtro, cualquier elemento puede entrar a la línea y tapan el flujo en la misma.
- d) Bomba de enfriamiento, los generadores auxiliares y los motores principales cuentan internamente con su propia bomba de enfriamiento, pero no así los reductores, por lo que es necesario colocar una bomba de enfriamiento para cada reductor.

Ya que, este sistema es alimentado con agua de río/mar, es necesario colocar tuberías de PVC de tal manera que éstas no se vean afectadas por la corrosión.

Cada generador cuenta con su propio paquete, toma de mar + caja de mar + filtro + electroválvula, mientras que de la caja de mar para cada motor principal salen dos electroválvulas, siendo una la va hacia el motor y otra que va hacia el reductor.

Se detallan las características de los elementos relevantes:

Tabla III.26 Electroválvula para reductores.

Marca:	Econosto	
Modelo:	5720	
Salida:	DN65	
Material:	Bronce	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.27 Electroválvula para generadores.

Marca:	Econosto	
Modelo:	5720	
Salida:	DN80	
Material:	Bronce	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.28 Electroválvula para motores.

Marca:	Econosto	
Modelo:	5720	
Salida:	DN100	
Material:	Bronce	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.29 Características para bomba de enfriamiento de los reductores.

Marca:	Azcue	
Modelo:	CP 40/160	
Caudal:	11m ³ /h	
Presión:	1 bar	
Potencia:	0.63 kW	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.3 SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE SENTINA

El sistema de tratamiento de aguas de sentina, se coloca en el buque con el fin de procesar y/o almacenar las sustancias oleosas que caen a las sentinas ya sea por fugas en la línea de combustible o mal manejo de las mismas en el momento de realizar algún mantenimiento, etc.

Para esto el buque constará con un tanque de almacenamiento de 1.78m³, tal como se indicó en la parte de distribución.

De fábrica, los motores y reductores vienen con tomas para conectar mangueras en los cárteres y descargar el aceite, por lo tanto se colocara una tubería madre lo más cerca de estos elementos, con una toma de tal manera que cuando haya que extraer, el combustible ya sea del motor o reductor, se conecte una manguera en el punto que da hacia al tanque y otra en donde se vaya a bombear el mismo.

Ahora una vez que haya material en el tanque este sólo podría ser bombeado al exterior, sin ser tratado, si el buque este en puerto mediante una descarga mediante

una conexión internacional que estará ubicada en la cubierta principal. Ahora si el buque se encuentra navegando debe de tener un medio de tratamiento de agua de sentina de tal manera que separa el agua que está mezclado con el fluido, hasta un punto de que solo existan 15PPM (partes por millón), y solo así pueda ser descargada al mar.

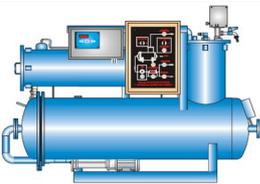
A continuación, se detallan las características de los componentes de este sistema:

Tabla III.30 Características de bomba de succión de aceite sucio.

Marca:	Azcue	
Modelo:	BT-MB-25D	
Caudal:	15.5 L/min	
Presión:	2 bar	
Potencia:	0.43 kW	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.31 Características de separadora de aceite.

Marca:	Facet	
Modelo:	CPS-2.5 MK III + EBM 14X	
Caudal:	0.5m3/h	
Presión:	2 bar	
Potencia:	0.25 kW	

Fuente: Elaboración propia.

3.7.4 SISTEMA CONTRA INCENDIO

Como se comentó en la parte de distribución, se deben de colocar mínimo 02 monitores en la cubierta principal para la acción contra incendio que cumplan con un caudal mínimo de 5280 GPM, por lo que se colocarán aparte de eso se deben de colocar 04 tomas para manguera de 1 ½” en cada banda y finalmente también se debe

de colocar una toma en la sala de máquinas que de esta manera tenga fácil acceso a la parte interna del buque en el caso de algún incendio en la propia embarcación.

Las tomas de la cubierta principal junto con los monitores, tienen como propósito principal, combatir incendios externos al buque.

Los componentes del sistema contra incendio son los siguientes:

- 2 motores eléctricos Caterpillar C9 de 269 kW, junto con 2 bombas de 5500 m³/hora.
- 8 tomas para manguera contraincendio de 2 ½”, 4 unidades por banda.
- 2 cajas de mar, cada una con su respectivo filtro.
- 1 toma contraincendio para la sala de máquinas.
- 2 monitores ubicados, 1 en la proa de la embarcación y el otro sobre la cubierta del magistral.

Tabla III.32 Razón de flujo para bombas estacionarias

Sistema métrico		Sistema inglés	
Diámetro tubería (mm)	Razón de flujo (L/min)	Diámetro tubería (plgs)	Razón de flujo (GPM)
100	2233	4	590
125	3482	5	920
150	5148	6	1360
200	8895	8	2350
250	13891	10	3670
300	20023	12	5290

Fuente: NFPA 20, 2010.

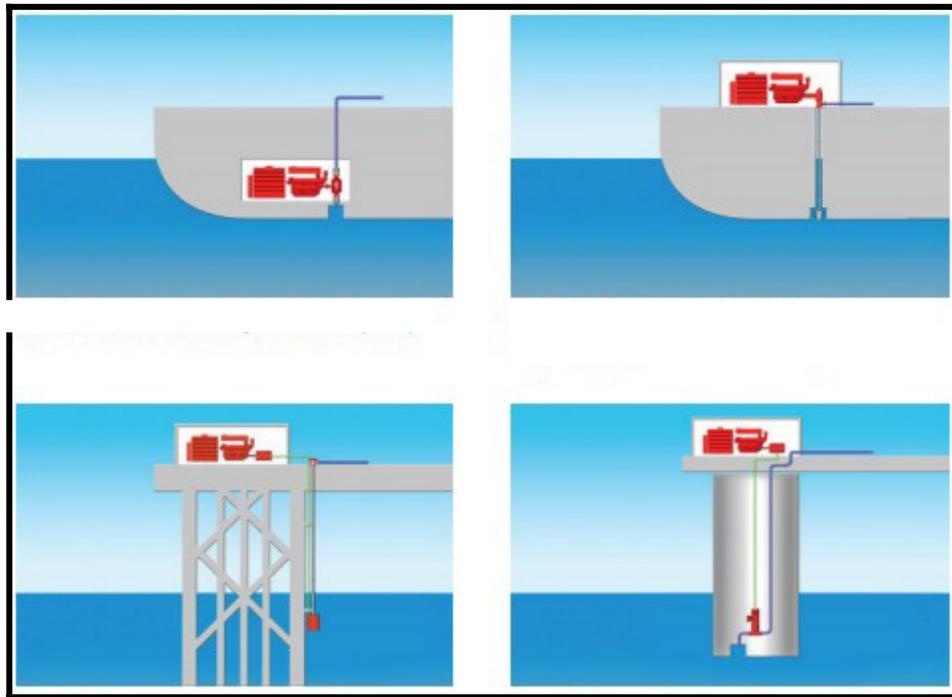
Las tuberías que conectan a los monitores y las tomas de la cubierta principal serán de acero galvanizado tanto interna como externamente y con un diámetro de 300mm. Todo el sistema debe de contar con una válvula de alivio de descarga sobre la línea de flotación con una tubería mínima de 1". Adicional a esto, la referencia [8], indica que la succión de la bomba para la cantidad de flujo que queremos debe de ser de 18 plgs.

Aparte del sistema contraincendio con los monitores, se mencionó anteriormente que la embarcación tiene 8 tomas contraincendio, es decir 4 por banda, y para esto [9] indica que se deben tener al menos 15m de manguera de 2 ½" con un pitón de 1 1/8", todo esto es por toma contraincendio, es decir que

para las 8 en total la embarcación contará con 120m lineales de manguera de 2 ½" con 8 pitones con salida para distintos abanicos de 1 1/8".

En el mercado se encuentra una gran variedad de paquetes de bombas para este tipo de función de los cuales existen de dos tipo: los horizontales o lo verticales, de los cuales este último mencionado es el que se necesita, ya que los horizontales solo alcanzan máximo un flujo de 1500 GPM.

Ilustración III.13. Sistemas típicos de kits de bombas contra incendio



Fuente: EUREKA FIRE WATER PUMP SYSTEM CATALOG.

La ilustración anterior, son los sistemas típicos de los kits para sistemas contra incendio, el que más se ajusta a las necesidades del proyecto, es el que se encuentra en la esquina superior izquierda ya que ilustra, el arreglo motor-bomba, la succión de la caja de mar, y la posterior descarga a través de los monitores e hidrantes sobre la cubierta principal.

Es decir, los elementos que forman el kit para este tipo de sistema son los siguientes:

- 1) Motor eléctrico, Caterpillar C9 de 269bkW.

Ilustración III.14. Motor para bombas contra incendio Cat C9



Fuente: Catálogo de Caterpillar.

2) La bomba del sistema con las siguientes características:

Tabla III.33 . Características de las bombas contra incendio

Marca:	EUREKA
Tipo:	Succión simple o doble.
Estándar:	Marino
Caudal:	Hasta 4000 m ³ /hora
Cabezal máximo:	200mts
Sello del eje	Simple, mecánico

Fuente: EUREKA FIRE WATER PUMP SYSTEM CATALOG.

Ilustración III.15. Bomba contra incendio



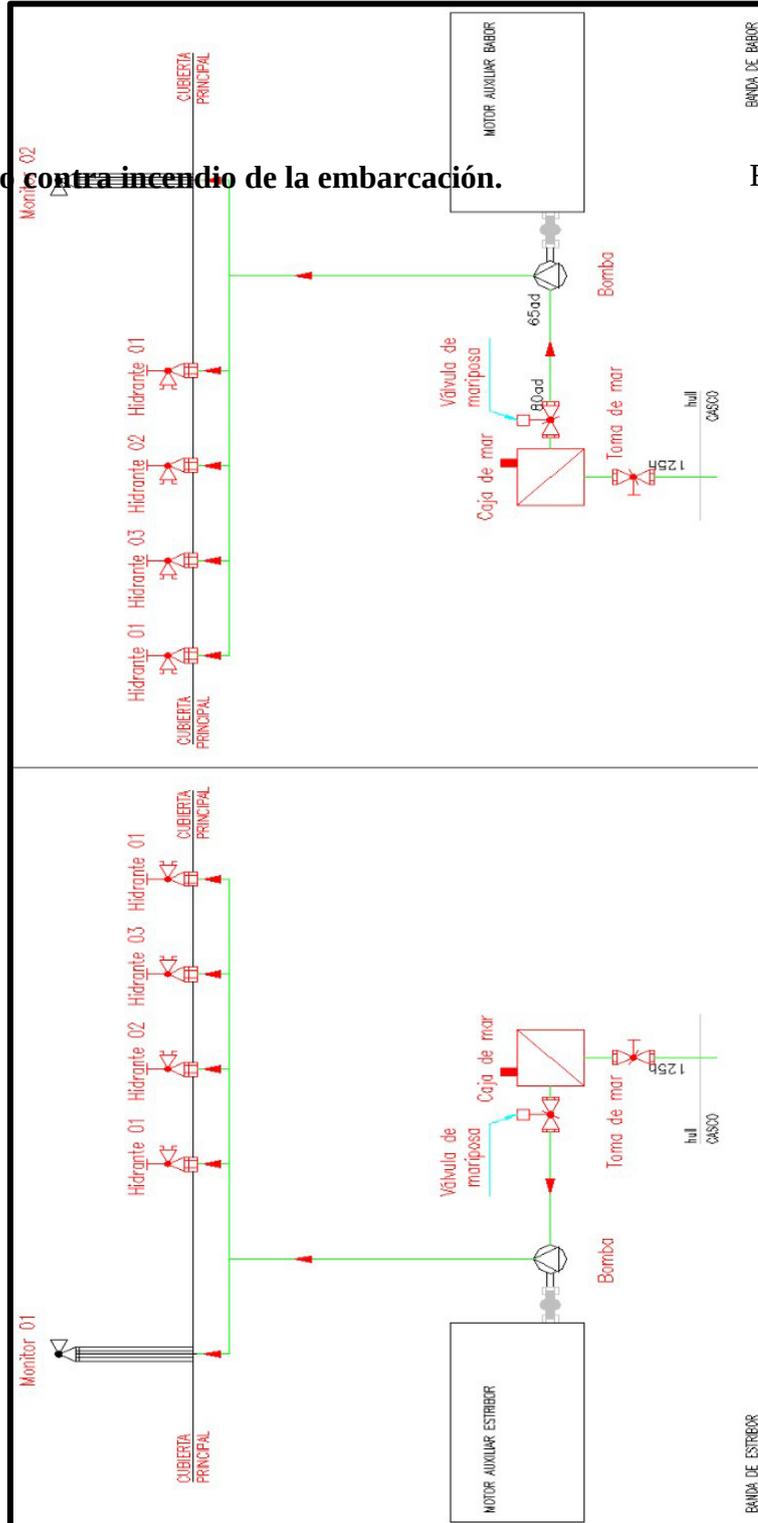
Fuente: EUREKA FIRE WATER PUMP SYSTEM CATALOG.

El motor auxiliar a colocar que sirva, para mover el impeller es el Caterpillar C9.

Finalmente, el circuito de este sistema queda simplificado tal como se muestra a continuación:

Ilustración III.16. Circuito contra incendio de la embarcación.

Fuente: Elaboración propia.



Ahora, una vez determinados los equipos que servirán para alimentar a los elementos de apoyo contra incendio, falta determinar estos elementos. Como se explicó anteriormente, las tomas contra incendio serán de 2 ½” de bronce.

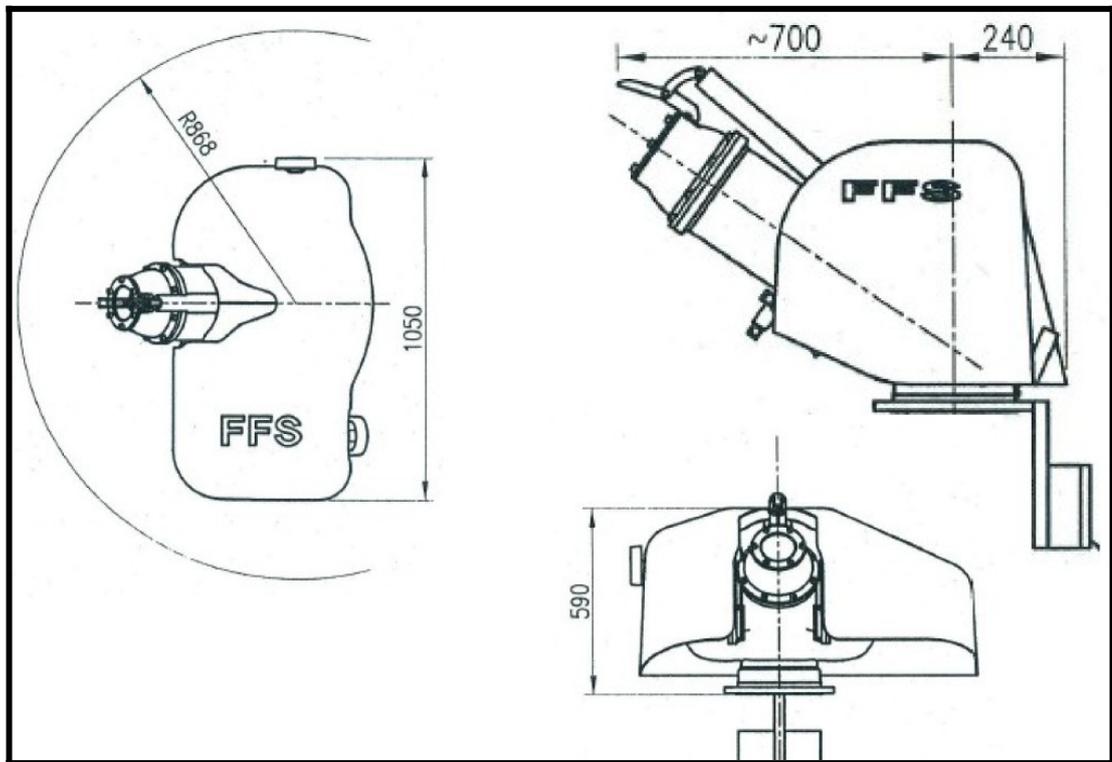
Los dos monitores contra incendio que se pondrán en la embarcación, por requerimiento de la sociedad clasificadora deben de poder ser controlados manualmente desde su ubicación y remotamente desde el puente de mando. Los monitores tendrán las siguientes características:

Tabla III.34. Características de los monitores

Compañía:	Caccialanza
Tipo de monitor:	A8
Cantidad:	2
Diámetro interno nominal:	20mm
Razón de flujo:	20000-30000 lts/minuto

Fuente: www.caccialanza.it.

Ilustración III.17. Dimensiones y ángulo táctico de los monitores



Fuente: www.caccialanza.it.

3.7.5 SISTEMA DE ACHIQUE

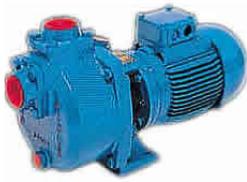
El sistema de achique tiene como propósito, que en el caso de existir una avería por la cual se produzca un acceso de agua, o alguna de las tuberías internas del buque se dañe, se pueda retirar este fluido de la embarcación y descargar, si no es un líquido oleoso tal como combustible o aceite, este al mar. Los principales componentes de este sistema son:

- a) Bomba de achique principal y de reserva.

- b) Succión en para achicar el agua de sentina a proa mamparo 03 (del servo), a popa del mamparo 03, a proa de sala de máquinas, y entre los tanques de combustible y agua dulce.
- c) Las bombas, asumiendo el peor de los casos, tienen que ser capaces de achicar el agua de cada una de las succiones antes mencionadas a una a razón de 2 metros por segundo.
- d) Colocar una bomba manual, que cumpla la misma función que la bomba principal y/o secundaria.
- e) Colocar una succión en el peak de proa, de tal manera que con la operación de una bomba manual, este achique el agua que se encuentre en la sentina mediante una descarga sobre la cubierta principal.

A continuación se indican las características de los elementos mencionados anteriormente:

Tabla III.35 Características bomba de achique principal y auxiliar.

Marca:	Azcue	
Modelo:	CA-50/2A	
Caudal:	12m3/h	
Presión:	2.7 bar	
Potencia:	3.4 kW	

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.36 Características de bomba manual principal y del peak de proa

Marca:	Gusher Whale	
Modelo:	30	
Caudal:	165lts/min	

Fuente: Elaboración propia.

Adicional a esto, cabe recalcar que todas las tuberías son de material PVC y cuyo diámetro nominal es de 63mm.

3.7.6 SISTEMA DE AGUA DULCE

El sistema de agua dulce suplirá a todos los baños y a la cocina, como se puede ver según la distribución, existe 02 baños bajo la cubierta principal cada uno con su lavabo, inodoro y ducha. Sobre la cubierta principal existen también 02 baños que a diferencia de los que se encuentran bajo la cubierta principal no tiene ducha, aparte de eso sobre la cubierta principal, se encuentra la cocina.

A todos estos puntos se los suplirá de agua dulce con las siguientes razones de fluido: lavabos: GPM, inodoros: GPM; y duchas: GPM.

Para esto al buque se lo suplirá de un hidróforo, agua + tanque de presión, de tal manera que succione el agua dulce del tanque y los distribuya a los distintos puntos, las características del hidróforo son:

Tabla III.37 Características del hidróforo de agua dulce.

Marca:	Sterling	
Modelo:	HBK 111	
Caudal:	110 Lts	
Presión:	3.3 bar	
Potencia:	0.75kW	

Fuente: Elaboración propia.

3.8 SALVAMENTO Y NAVEGACIÓN

El buque debe de contar con los medios de salvataje y seguridad para la tripulación a bordo necesaria, considerando que el buque navega al máximo de personal, es decir los 10 tripulantes y las 10 personas rescatadas como se consideró anteriormente, todos los equipos deben de ser aprobados por el convenio de SOLAS.

A continuación se detallan los equipos mínimos con los que debe de contar la embarcación:

- 02 extintores de CO2.
- 06 extintores de PQS.
- 04 aros salvavidas circulares con cabo de rescate, señales luminosas y de humo.
- 20 chalecos salvavidas aprobados por SOLAS.
- 02 balsas salvavidas tipo Zodiac con capacidad mínima para 10 personas.
- 03 kits de luces de bengala, manuales y señales de humo
- 03 dispositivos de lanzamiento de líneas de amarre.
- 05 mantas contra incendio.
- 03 hachas de bombero.
- 16 mangueras contra incendio 1 ½” de doble chaqueta de 15 metros cada una.
- 08 pitones de bronce con regulación de abanico de chorro.
- 02 equipos de resucitación pulmonar portátil.

- 03 camillas portátiles.
- 05 porta sueros.
- 10 botiquines.
- 03 monitores de presión cardiaca.

Complementando el equipo de salvamento, es necesaria la colocación de 01 bote inflable de quilla rígida tipo RIB, cuya eslora será de 4.80mts por 1.6m de manga propulsados por un motor a gasolina fuera de bordo de 50 HP.

Para el equipo de navegación se considerarán los siguientes instrumentos a instalar:

- 01 radar de navegación para trabajar junto con el sistema de navegación por GPS, que a su vez trabajará con un ecosonda colocada en el casco del buque.
- 01 girocompás principal en el puente de navegación junto con un repetidor en el servo.
- 01 compás magnético, compensando con el polo sur de la tierra.
- 01 Radio VHF-FM portuario y aeronáutico.
- 01 Radio VHF portátil de emergencia.
- 01 estación meteorológica.

3.9 BALANCE ELÉCTRICO

A continuación se detallan los principales elementos y su consumo eléctrico con el fin de determinar los generadores adecuados para la embarcación:

Tabla III.38 Balance eléctrico de la embarcación.

Bomba de achique principal	3.00	kW
----------------------------	------	----

Bomba de achique auxiliar	3.00	kW
Separadora de aceite	0.66	kW
Bomba de transferencia de combustible #1	0.38	kW
Bomba de transferencia de combustible #2	0.38	kW
Separador de combustible #1	1.32	kW
Separador de combustible #2	1.32	kW
Filtro de combustible (para generador) #2	0.07	kW
Filtro de combustible (para generador) #1	0.07	kW
Filtro de combustible (para motor) #2	0.11	kW
Filtro de combustible (para motor) #1	0.11	kW
Hidróforo	0.66	kW
Cabrestante #1	3.53	kW
Cabrestante #2	3.53	kW
Bomba de lubricación de reductor #1	0.56	kW
Bomba de lubricación de reductor #2	0.56	kW
Bomba de succión de aceite sucio	0.38	kW
Bomba de sistema contra incendio #1	80.00	kW
Bomba de sistema contra incendio #2	80.00	kW
Bomba de descarga de aguas negras	0.92	kW

Fuente: Elaboración propia.

Con lo que tenemos un total de 181kW, si a esto le aumentamos un 30% por el resto de componentes de la embarcación, tenemos un total de 236kW.

Con esta potencia es necesario determinar los generadores a usar, esta potencia es asumida en el caso extremo de que se tengan todos los componentes encendidos a la vez, algo muy poco probable que pueda pasar pero igual probable.

Buscando entre los generadores eléctricos tipo marino en el mercado se llegó a la conclusión de que se va a equipar a la embarcación con dos generadores marca Caterpillar, modelo C4.4 Acert de 118 ekW.

3.10 OTROS

3.10.1 SISTEMA DE AMARRE Y FONDEO

En esta parte, se indicarán el resto de sistemas que forman parte del buque, tales como la distribución de los sistemas de amarre y fondeo; y la protección catódica de la embarcación.

Distribución de amarre y fondeo: la ASTM, en la publicación desarrollada para guía durante el desarrollo de pruebas de estabilidad indica de que el buque se debe de amarrar de 04 puntos. Esto tomaremos como base para indicar que se colocaran 04 bitas espaciadas 05 metros a cada banda del buque, en la proa y popa se colocarán bitas dobles mientras que las demás serán bitas simples. En el plano de distribución también se puede observar la distribución de las bitas en el buque.

Ahora una vez obtenida la distribución del sistema de amarre, falta obtener las características del ancla y del sistema de ízaje de la misma para la maniobra de fondeo de la embarcación. Para esto se recurre a la clasificadora donde, con un número de equipo de 80, con el que posteriormente se encuentran las características del ancla. Adicional a esto, es necesario calcular y determinar que equipos se van a usar para la maniobra de ízaje y sujeción del ancla. Con lo que para obtener la potencia del cabrestante del ancla, se usará la siguiente fórmula:

$$P(hp) = \frac{4.3W * V_3}{60 * n * 75}$$

Por lo tanto si se asume una velocidad de ízaje de 12m/min y una eficiencia del equipo del 60% y se reemplaza en la ecuación se obtiene una potencia con un 15% como factor de seguridad de:

$$P(hp) = \frac{4.3W * V_3}{60 * n * 75}$$

$$P(hp) = 3.5HP$$

Con lo que finalmente se puede concluir que el sistema de fondeo contará con los siguientes elementos:

Tabla III.39 Características del sistema de fondeo.

Cantidad de elementos:	02 unidades de cada uno.
Peso del ancla:	180 kg
Dimensiones del ancla:	1.041*4.95*4.2*0.16mts
Tipo de ancla:	Byers
Metros de cadena:	220 metros
Tipo de cadena:	Grado 3, de 12mm de diámetro
Cabrestante:	Eléctrico a 24V, de 4kW

Fuente: Elaboración propia.

Ilustración III.18 Ancla tipo Byers



Fuente: Elaboración propia

3.10.2 PROTECCIÓN CATÓDICA Y PINTURA

Protección catódica: se determinará de qué manera, se protegerá a la embarcación frente a la corrosión y a las corrientes parásitas, cuando está interactúa con el medio ambiente que la rodea.

Para el caso de la protección frente a la corrosión tenemos que estar claros de que hay 03 partes a proteger que son: obra viva, obra muerta y cubierta y superestructura aunque para fines prácticos, la superestructura y obra muerta se pueden considerar como un solo ítem.

El área de la obra viva a considerar a protegerse es de 156.4m² para el calado de diseño de la embarcación. A continuación se detalla el esquema de pintura para la obra viva:

Tabla III.40 Esquema de pintura para la obra viva.

Capa	Descripción
01	Anticorrosivo Epóxico
02	Capa de adherencia
03	Sellante
04	Anti incrustante siliconado
05	Anti incrustante siliconado (capa final)

Fuente: Elaboración propia.

Tabla III.41 Esquema de pintura para la obra muerta y superestructura.

Capa	Descripción
01	Anticorrosivo Epóxico
02	Capa de adherencia
03	Poliuretano Epóxico (acabado)

Fuente: Elaboración propia.

Para la cubierta se tomará un esquema de pintura igual que para la superestructura con la excepción de que se le colocarán, adicional al esquema original, una capa de epóxico anti deslizante, con el fin de garantizar la seguridad de las operaciones en la cubierta de la tripulación y no se produzcan accidentes al transitar con la cubierta mojada y una capa adicional de acabado general.

Las cantidades y rendimiento de la pintura ya serán determinadas una vez que se contacte con el proveedor de la pintura por parte del astillero y/o armador.

Para la protección frente a las corrientes impresas se colocarán 16 ánodos de manganeso de 20 libras cada uno con el fin de proteger a la embarcación.

3.11 FRANCOBORDO

El francobordo de la embarcación se calculó utilizando las reglas indicadas en la Convención de Líneas de Carga para buques tipo “B”, de los cuales los valores tabulados por regla se muestran a continuación:

- Regla 28: 208mm.
- Regla 29: No aplica, debido a que la longitud efectiva de la superestructura es mayor que el 35% de la eslora del buque.
- Regla 30, no aplica porque el coeficiente bloque de la embarcación no es mayor a 0.68.
- Regla 31: el francobordo por puntal, se aumentará 89.5mm al tabulado en la regla 28, con lo que tenemos un resultado de 297.5mm.
- Regla 37: la reducción de francobordo por superestructuras y troncos con una superestructura longitud igual a $0.53L$ es 159.94mm que restado de lo obtenido en la regla 31, es 137.56mm.

•

CAPITULO IV

PRESUPUESTO Y PLANIFICACIÓN

4.1 PRESUPUESTO

Para esta parte asumiremos los costos del buque en 3 grupos, que son estructurales, equipamiento y mano de obra. Tal como se observó en los capítulos anteriores lo que se realizó fue obtener los valores para los distintos elementos de su buque cumplan con su funcionalidad y propósito ahora se obtendrá el costo que representa la construcción de este diseño:

A continuación se detallan los costos referentes solo a estructurales de la embarcación:

TablaIV.42 Elementos estructurales a usar.

	Área (m ²)		Espesor (m)	Vol. teórico (m ³)	
Área cubierta	145,907	m ²	0,005	0,730	m ³
Área fondo	135,760	m ²	0,008	1,086	m ³
Área costado	78,848	m ²	0,006	0,473	m ³
Área del espejo	10,463	m ²	0,008	0,084	m ³
Área de superestructura	152,575	m ²	0,0065	0,992	m ³
Área M3	11,326	m ²	0,005	0,057	m ³
Área M11	13,690	m ²	0,005	0,068	m ³
Área Mpeak proa	2,997	m ²	0,005	0,015	m ³
Área Mtanque H20	3,857	m ²	0,005	0,019	m ³
Área Mtanque comb	23,398	m ²	0,005	0,117	m ³
Área Mtanque sentina	12,289	m ²	0,005	0,061	m ³
Área Mtanque sentina	8,736	m ²	0,005	0,044	m ³
Área cubierta plancha de habitabilidad	38,294	m ²	0,005	0,191	m ³
	Área (m ²)		Longitud (m)	Vol. teórico (m ³)	
Long. Cubierta 40x20x4mm	0,00022	m ²	196,124	0,088	m ³
Long. Fondo 50x30x5mm	0,00038	m ²	161,034	0,121	m ³
Long. Cubierta 50x30x5mm	0,00038	m ²	100,309	0,075	m ³
Trans. Cubierta L:80x40x8mm	0,00090	m ²	59,146	0,106	m ³
Trans. Fondo L:150x75x10mm	0,00215	m ²	34,681	0,149	m ³
Trans. Costado L:135x65x10mm	0,00190	m ²	64,397	0,245	m ³
Trans. Cub. Hab L:80x40x8mm	0,00090	m ²	31,289	0,028	m ³
Long. Cub. Hab 40x20x4mm	0,00022	m ²	94,085	0,042	m ³
Long. Mamparos 40x20x4mm	0,00022	m ²	50,281	0,023	m ³
Long. Tq. Agua 30x20x4mm	0,00018	m ²	4,464	0,002	m ³
Trans. Tq. Comb 30x20x4mm	0,00018	m ²	17,761	0,008	m ³
Long. S.E 100x75x12mm	0,00196	m ²	419,444	1,641	m ³
Trans. S.Ev135x65x10mm	0,00190	m ²	130,318	0,495	m ³
Long. Tq. Comb 30x20x4mm	0,00018	m ²	61,276	0,023	m ³
Ref. Tq. Sentina 30x20x4mm	0,00018	m ²	40,899	0,008	m ³
Ref. Tq. Aguas negras 30x20x4mm	0,00018	m ²	0,005	0,000	m ³
Candeleros de 1x0.032mts	0,00080	m ²	1,000	0,050	m ³
Quilla 154x31mm	0,00477	m ²	26,529	0,127	m ³

Fuente: Elaboración propia.

Si asumimos, un costo de \$45000⁰⁰ por metro cubico de aluminio naval tipo 5083-H111. Tenemos que el valor final de la estructura del buque es de \$322.431,71

A continuación, se detallarán los accesorios que se equiparán en el buque, junto con sus respectivos costos:

Tabla IV.43 Costos de equipamiento.

Elemento	Cant.		Costo unitario	Costo total
Motor Caterpillar C32 Acert + Reductor	2	UND	\$ 276.000,00	\$ 552.000,00
Eje de transmisión de acero inoxidable de 6 mts de largo	2	UND	\$ 9.800,00	\$ 19.600,00
Hamilton Jet Water Jet HM 521	2	UND	\$ 8.000,00	\$ 16.000,00
Ánodos de protección de manganeso	16	UND	\$ 30,00	\$ 480,00
Inodoro	4	UND	\$ 125,00	\$ 500,00
Lavamanos	4	UND	\$ 240,00	\$ 960,00
Duchas	2	UND	\$ 180,00	\$ 360,00
Bomba de transferencia de combustible	2	UND	\$ 2.600,00	\$ 5.200,00
Purificadora de combustible	2	UND	\$ 1.500,00	\$ 3.000,00
Filtros separadores dobles (motor)	2	UND	\$ 1.300,00	\$ 2.600,00
Filtros separadores simples (generadores)	2	UND	\$ 870,00	\$ 1.740,00
Tubería de acero galvanizado de 28 mm	104	mts	\$ 14,27	\$ 1.489,79
Tubería de acero galvanizado de 15mm	69,6	mts	\$ 8,95	\$ 622,92
Accesorios varios para las tuberías	1	Kit	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Electroválvula Econosto DN100 para los motores	2	UND	\$ 1.980,00	\$ 3.960,00
Electroválvula Econosto DN65 para los reductores	2	UND	\$ 1.940,00	\$ 3.880,00

Electroválvula Econosto DN80 para los generadores	2	UND	\$ 1.950,00	\$ 3.900,00
Bomba de enfriamiento para los reductores	2	UND	\$ 2.720,00	\$ 5.440,00
Tubería DN65	15	mts	\$ 74,33	\$ 1.114,95
Tubería DN80	17,4	mts	\$ 107,50	\$ 1.870,50
Tubería DN10	10	mts	\$ 173,12	\$ 1.731,20
Accesorios varios para las tuberías	1	Kit	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Bomba de succión de aceite sucio	1	UND	\$ 1.900,00	\$ 1.900,00
Separadora de aceite	1	UND	\$ 20.000,00	\$ 20.000,00
Válvulas de acople rápido para el motor, reductor y principal	5	UND	\$ 54,00	\$ 270,00
Tubería de acero galvanizado de 22mm	34,8	mts	\$ 10,65	\$ 370,62
Accesorios varios para las tuberías	1	kit	\$ 2.000,00	\$ 2.000,00
Motor auxiliar contra incendio Caterpillar C9	2	UND	\$ 30.000,00	\$ 60.000,00
Bomba de achique	2	UND	\$ 3.600,00	\$ 7.200,00
Bomba de achique manual	2	UND	\$ 880,00	\$ 1.760,00
Hidróforo	1	UND	\$ 790,00	\$ 790,00
Bomba de descarga de aguas negras	1	UND	\$ 3.000,00	\$ 3.000,00
Bomba manual de descarga de aguas negras	1	UND	\$ 543,18	\$ 543,18
Equipamiento general	1	kit	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00
Radar de navegación	1	UND	\$ 5.100,00	\$ 5.100,00
Ecosonda	1	UND	\$ 1.300,00	\$ 1.300,00
Compás magnético	1	UND	\$ 32.287,00	\$ 32.287,00
Radio VHF-FM	1	UND	\$ 940,00	\$ 940,00
Radio VHF portátil	1	UND	\$ 4.300,00	\$ 4.300,00
Estación meteorológica	1	UND	\$ 400,00	\$ 400,00
Materiales eléctricos varios	1	Kit	\$ 10.000,00	\$ 10.000,00
Materiales electrónicos varios	1	Kit	\$ 29.000,00	\$ 29.000,00
Total				\$ 911.610,16

Fuente: Elaboración propia.

Luego, queda por determinar los costos de mano de obra, que se detallan:

Tabla IV.44 Costos de mano de obra.

Personal	Cant.	Costos H/H	Proyección días del proyecto	Salario	Subtotal
Armador	5	\$ 5,00	240	\$ 9.600,00	\$ 48.000,00
Soldador	10	\$ 4,17	240	\$ 8.000,00	\$ 80.000,00
Ayudante	5	\$ 3,75	240	\$ 7.200,00	\$ 36.000,00
Gasfiteros	8	\$ 0,21	240	\$ 400,00	\$ 3.200,00
Carpinteros	10	\$ 2,70	240	\$ 5.184,00	\$ 51.840,00
Eléctricos	6	\$ 2,71	240	\$ 5.200,00	\$ 31.200,00
Electrónicos	6	\$ 2,71	240	\$ 5.200,00	\$ 31.200,00
Pintores	5	\$ 1,88	240	\$ 3.600,00	\$ 18.000,00
Supervisores	6	\$ 3,00	240	\$ 5.760,00	\$ 34.560,00
Jefe de proyecto	1	\$ 9,17	240	\$17.606,40	\$ 17.606,40
Gastos administrativos	1			\$30.000,00	\$30.000,00
Gastos logísticos	1			\$15.000,00	\$15.000,00
Gastos indirectos	1			\$50.000,00	\$50.000,00
Total					\$446.606,40

Fuente: Elaboración propia.

Con lo que finalmente para la construcción del casco, se tienen los costos finales detallados:

Tabla IV.45. Costo total de construcción.

Descripción	Subtotal
Costo de producción (estructura, mano de obra y equipamiento)	\$ 1.920.215,56
Imprevistos 10%	\$ 180.761,02
Utilidad 40%	\$ 768.086,62
Seguro 2%	\$ 38.404,33
Garantía 3%	\$ 57.606,50
Total	\$2'976.335,66

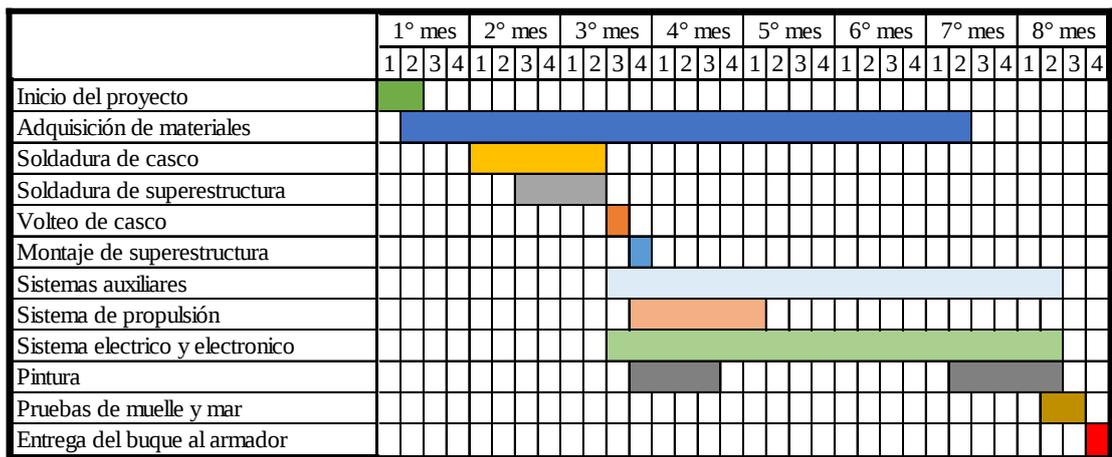
Fuente: Elaboración propia.

Así se concluye que para la construcción de este diseño se necesita un presupuesto de aproximadamente \$3'000.000,00.

4.2 PLANIFICACIÓN.

La planificación mostrada a continuación, será tomada en cuenta de que el buque será construido en bloques, es decir, el bloque de la superestructura construido independientemente que el casco, para luego ser montado.

Ilustración IV.19. Planificación del proyecto



Fuente: Elaboración propia.

CONCLUSIONES

Al concluir este diseño de una embarcación contra incendio, se tiene las siguientes conclusiones:

1. Se ha diseñado una embarcación de un material ligero, tal como lo es el aluminio, cumpliendo con las normas de la sociedad clasificadora.
2. La embarcación aparte de ayuda logística y de socorro durante algún incendio, también puede prestar servicios pre hospitalarios, al contar con una unidad médica a bordo.
3. El diseño y la construcción de esta embarcación es sin fines de lucro y todo el dinero para la materialización del proyecto vendría de una entidad pública tal como los bomberos, o de una entidad privada que quiera tener un apoyo y resguardo a las personas y sus bienes en el momento de un incendio.

RECOMENDACIONES

1. Estimar en el diseño de tuberías en general, los recorridos más cortos y simples posibles con el fin de evitar el aumento de cabezal de manera drástica.
2. Tomar en cuenta que los materiales como bombas eléctricas, bombas manuales y motores, etc., son materiales que comúnmente no se encuentran en el mercado local, por lo que hay que tener en consideración en el momento de hacer la adquisición de materiales debido su importación.
3. Ya sea ahora o en un futuro, no muy lejano, se debe considerar el cambio la unidad bomberil fluvial de la ciudad.
4. Realizar prueba con modelo del casco, para poder comprobar los valores obtenidos con los programas de computación y los reales para el físico.
5. Especificar como ingeniería de detalle en el caso de que se llegue a concretar la construcción de este tipo de embarcaciones.

ANEXOS

ANEXO A

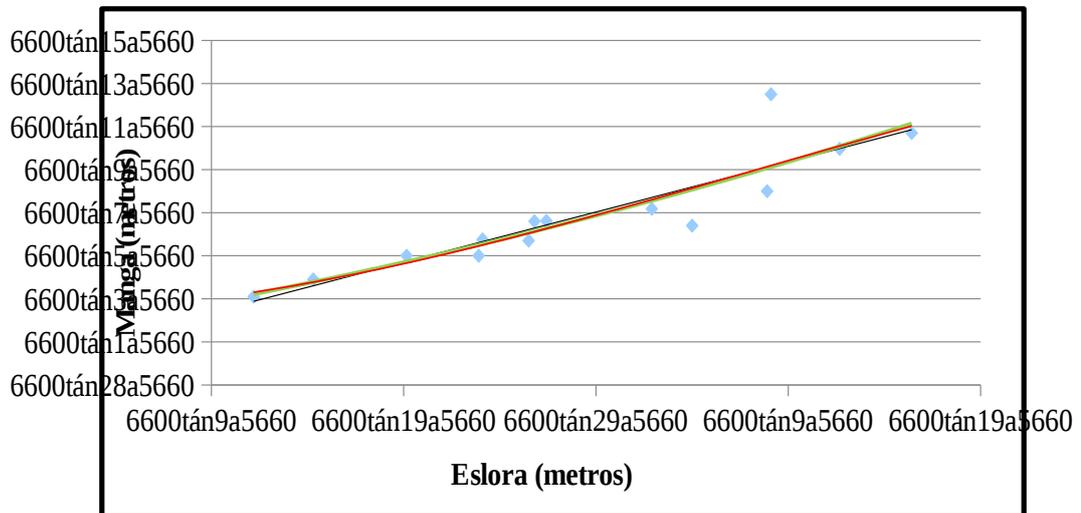
OBTENCIÓN DE PARÁMETROS PRINCIPALES

Usando la tabla mostrada en el punto 2.1) se procedió a realizar la regresión lineal usando el programa Microsoft Excel. La regresión se la formuló realizando tres tipos de tendencia, lineal, cuadrática y cubica, seleccionando de estas la que mejor se ajusta a cada curva para obtener de esta manera las dimensiones de la embarcación en proyecto.

Al momento de realizar la regresión se obtuvieron los siguientes gráficos:

- Relación Eslora-Manga:

Manga vs Eslora.



Fuente: Elaboración propia

Con lo que al desarrollar la regresión se tuvieron las siguientes ecuaciones:

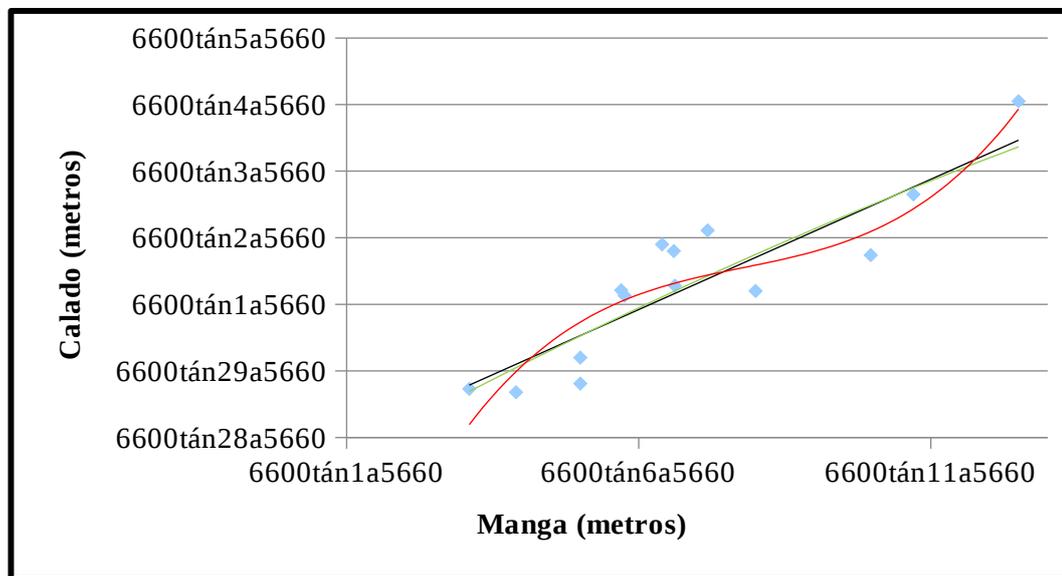
Obtención de la manga del diseño.

Tipo	Color	Ecuación	Factor de ajuste
Lineal	Negro	$B = 0.2329L + 1.0434$	0.8291
Cuadrática	Verde	$B = 0.0016L^2 + 0.1371L + 2.3087$	0.8329
Cúbica	Rojo	$B = -6 \times 10^{-5} L^3 + 0.0069L^2 - 0.0042L + 3.4381$	0.8333

Fuente: Elaboración propia.

- Relación Manga – Calado:

Manga vs calado.



Fuente: Elaboración propia.

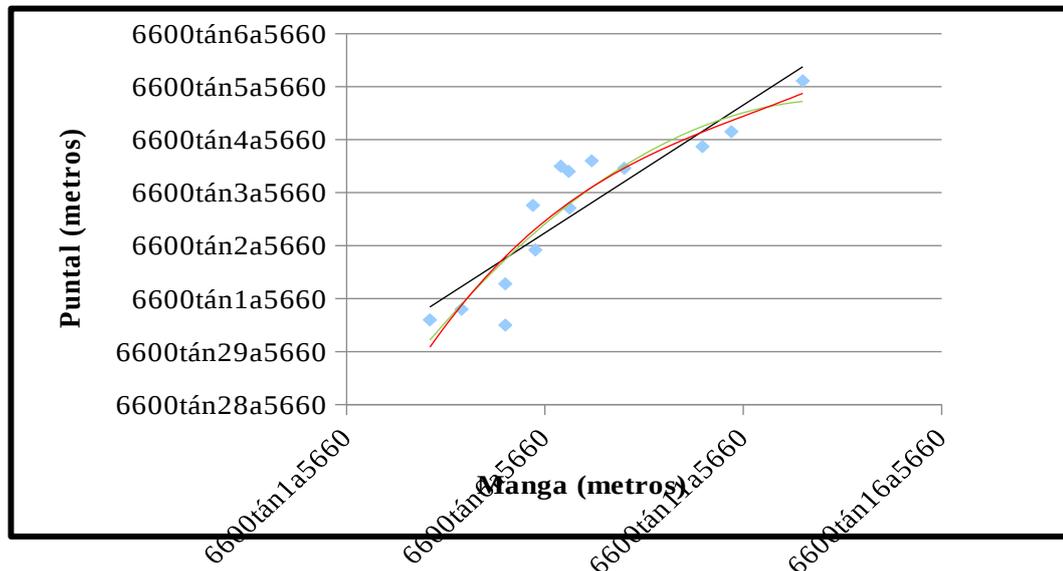
Obtención del calado.

Tipo	Color	Ecuación	Factor de ajuste
Lineal	Negro	$T = 0.3913B - 0.818$	0.776
Cuadrática	Verde	$T = -0.0065B^2 + 0.5046B - 1.2689$	0.7775
Cúbica	Rojo	$T = 0.0147B^3 - 0.3889B^2 + 3.5969B - 9.0335$	0.8413

Fuente: Elaboración propia.

Relación Manga – Puntal:

Manga vs puntal.



Fuente: Elaboración propia.

Obtención del puntal.

Tipo	Color	Ecuación	Factor de ajuste
Lineal	Negro	$D = 0.4823B - 0.1347$	0.8072
Cuadrática	Verde	$D = -0.0426B^2 + 1.2291B - 3.1064$	0.8536
Cúbica	Rojo	$D = 0.004B^3 - 0.1451B^2 + 2.0582B - 5.1882$	0.8568

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede observar, las curvas de tendencia se ajustan mejor a los puntos cuando se usa una curva de tercer orden, es por esto que para la obtención de los parámetros se usarán las curvas de este tipo.

ANEXO “B”

PLANO DE LÍNEAS DE FORMAS

En la siguiente página, se encuentra el plano de líneas de formas de la embarcación.

Plano de líneas de forma

Fuente: Elaboración propia



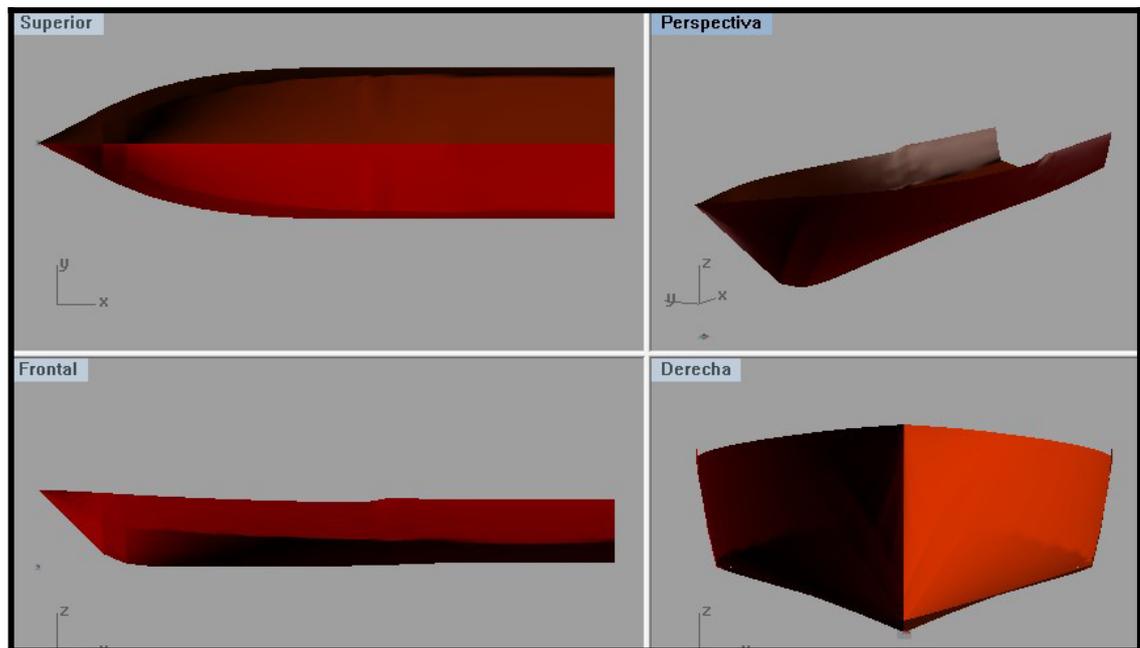
Fuente: Elaboración propia

ANEXO “C”

CURVAS HIDROSTATICAS

Una vez obtenido el plano de líneas de formas, se convirtió el modelo en un sólido en el programa Rhinoceros para ser luego exportado a Maxsurf.

Superficie realizada en Rhino



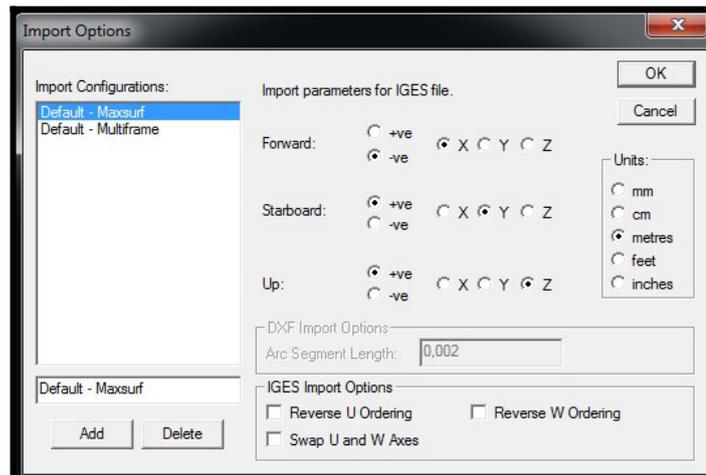
Fuente: Rhinoceros

Luego de asegurarnos que el modelo este sobre el origen del eje de coordenadas procedemos a exportar el modelo en el formato IGES, que es el formato más práctico para importar superficies de otros programas.

Una vez abierto el programa de Maxsurf y de buscar el archivo que vamos a importar es necesario hacer coincidir nuestro eje de referencia, el programa normalmente lee a la eslora en el sentido +X, estribor +Y y el puntal en +Z.

De importar con un eje de referencia distinto es necesario establecerlo al momento de importar ya que esto puede llevar a problemas a futuro en el momento de ejecutar el programa.

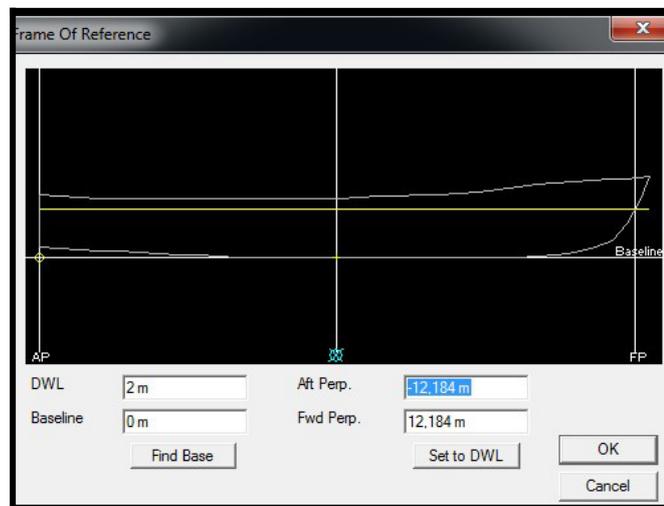
Ajuste de eje de referencia.



Fuente: Maxsurf.

Una vez que tengamos listo nuestro eje de referencia y las unidades en la que lo estamos trabajando, es necesario establecer el calado de diseño al que vamos a trabajar para que el programa lo reconozca en los cálculos a realizar.

Ajuste de línea de agua de diseño.



Fuente: Maxsurf.

Como se puede observar, el modelo fue correctamente importado ya que después de ingresar el calado de diseño de 2 metros, obtenemos las dos perpendiculares características del buque. De ser mal importado nuestro modelo, este saldría al revés, es decir, la proa en popa y viceversa pero sin embargo el programa seguiría leyendo las perpendiculares en el mismo orden lo que conlleva a un error.

Los valores de FP (perpendicular de proa) y AP (perpendicular de popa), son medidos desde la sección media del buque. Con el modelo en Maxsurf procedemos a abrirlo en el programa Hydromax para obtener las curvas hidrostáticas, antes de comenzar este cálculo es necesario definir otras variables aparte de las que ya están.

Entre estas variables se encuentra el ángulo de asiento, el ángulo de escora, el calado de diseño y la cantidad de líneas de agua a las que se medirá las condiciones hidrostáticas y el fluido en el que navegara, etc.

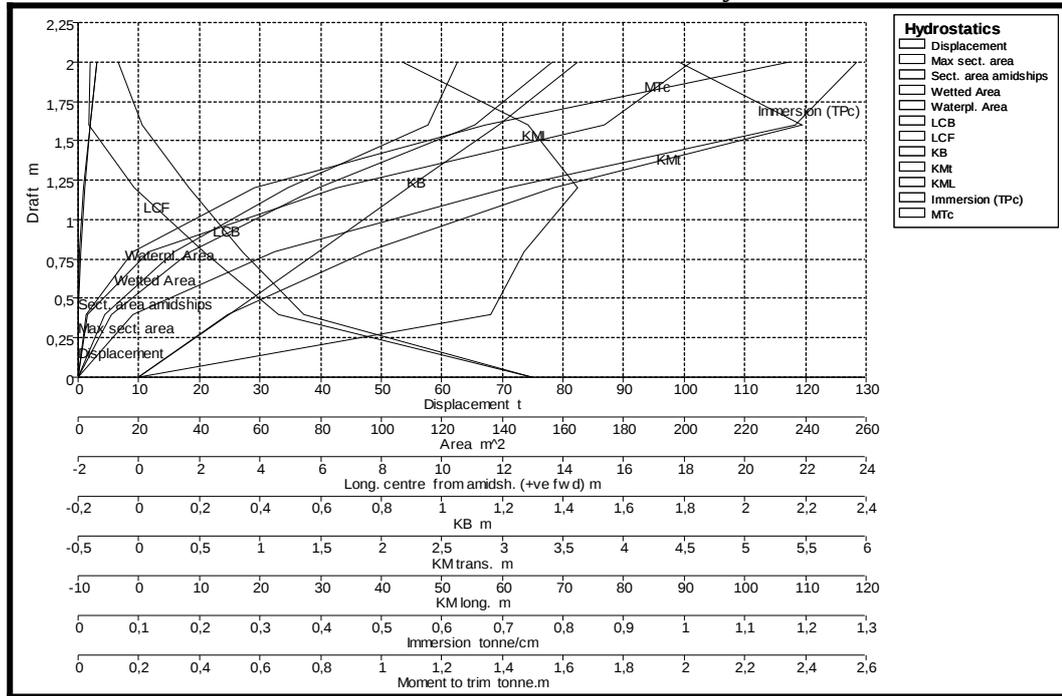
Una vez establecidos estos valores y ejecutado el programa, se obtuvieron los siguientes resultados:

Resultados hidrostáticos de la embarcación.

	Calado (m)				
	2	1,6	1,2	0,8	0,4
Desplazamiento (tons)	117,1	67,27	29,2	9,09	1,26
Línea de agua (m)	24,05	23,74	23,4	18,3	12,3
Manga en L.D.A (m)	6,213	6,019	4,2	2,49	1,01
Superficie mojada (m)	156,4	131,1	79,2	37,2	10,8
Área plano de agua (m)	125,2	115,4	69,3	31,6	8,8
Coeficiente prismático (m)	0,744	0,682	0,58	0,59	0,57
Coeficiente bloque	0,382	0,287	0,24	0,24	0,25
Coeficiente de sección media	0,604	0,511	0,5	0,5	0,5
Coeficiente de plano de agua	0,838	0,807	0,71	0,69	0,71
LCB - +a proa (m)	-0,663	0,106	1,65	3,42	5,46
LCF - +a proa (m)	-1,614	-1,628	-0,17	2,14	4,62
KB (m)	1,45	1,188	0,89	0,59	0,3
KG (m)	2	2	2	2	2
BMt (m)	3,01	4,278	2,54	1,29	0,44
BMI (m)	42,04	62,96	71,5	63	57,8
GMt (m)	2,46	3,467	1,43	-	-
GMI (m)	41,49	62,15	70,4	61,6	56,1
KMt (m)	4,46	5,467	3,43	1,88	0,73
KMI (m)	43,49	64,15	72,4	63,6	58,1
Ton/cm	1,284	1,183	0,71	0,32	0,09
Mton*m	2,021	1,738	0,85	0,23	0,03

Fuente: Elaboración propia.

Curvas hidrostáticas obtenidas en Hydromax.



Fuente: Hydromax.

ANEXO “D”

ESTABILIDAD

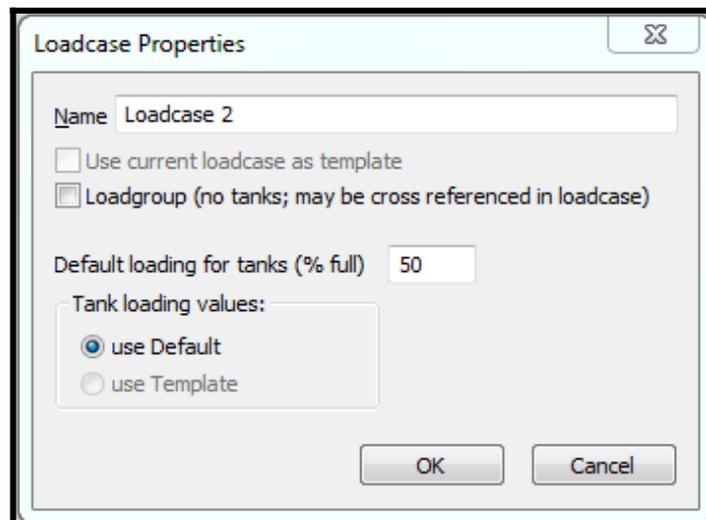
- **CONDICIONES DE CARGA DEL BUQUE**

Para esto seguimos usando el módulo Hydromax de Maxsurf y esto es con el fin de poder determinar las condiciones de carga del buque para los distintos tramos del viaje en el que este se pueda involucrar.

Para definir una condición de carga seguimos los siguientes pasos:

- a) Crear una condición de carga nueva en la siguiente ruta: Damos clic al botón “Load case window” → ”Edit” → “Add load” o CTRL+A, donde se abre el cuadro se ingresa el nombre para esa condición de carga.

Cuadro de diálogo para nueva condición de carga.



Fuente: Hydromax.

- b) Aparece la siguiente imagen donde solo se dispone el peso ligero (“Lightship”), donde las variables “Unit Mass”, “Long Arm”, “Trans Arm” y

“Vertical Arm”, son ingresadas por el usuario. En “Unit Mass”, se coloca el peso ligero de la embarcación y en las otras variables, la posición del centro de gravedad de este peso tanto longitudinal, transversal y vertical con respecto a la sección media:

Definición de parámetros para nueva condición de carga.

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	0,000	0,000			25,951	0,000	0,000	0,000	User Specifi
2	Total Loadcase			0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	
3	FS correction								0,000		
4	VCG fluid								0,000		

Fuente: Hydromax.

c) En el cuadro de definición de parámetros para la condición de carga adicional a las variables de peso ligero que tienen que ser ingresadas por el usuario, se deben ingresar el resto de variables consumibles y/o/u variables externas al buque, como por ejemplo número de personas, consumibles, etc. Similar a lo del peso ligero, hay que colocar la cantidad, el peso unitario, y la posición de centro de gravedad de las variables a ingresar.

d) Para definir los tanques y demás compartimentos que también forman parte de la condición de carga, lo hacemos de la siguiente manera: Damos clic al ícono “Room definition Window” → se abre la pantalla que se muestra en la parte inferior → y para crear un nuevo tanque/compartimento damos CTRL+A.

Definición de tanques y compartimentos.

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd. m	F.Top m	F.Bott. m	A.Port m	A.Stbd. m	A.Tc m
1	Tank001	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
2	Tank002	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
3	Tank003	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
4	Tank004	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
5	Tank005	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
6	Tank006	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
7	Tank007	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
8	Tank008	Tank	100	100	1		none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
9	Compartment 1	Compartment	100	100			none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
10	Compartment 2	Compartment	100	100			none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
11	Compartment 3	Compartment	100	100			none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D
12	Compartment 4	Compartment	100	100			none	0	0	0	0	0	0	DITTO	DITTO	D

Fuente: Hydromax.

- e) Una vez que tenemos esto, procedemos a llenar las siguientes columnas:
- i. Name: Nombre del tanque/compartimento.
 - ii. Type: Se define si es tanque o compartimento, estos espacios pueden ser individuales o conectados entre sí.
 - iii. Specific gravity: esto es en el caso de que trabajemos con algún elemento que no esté en la tabla de densidades, para revisar esta tabla, “Analysis” → “Density”.
Si el elemento que deseamos se encuentra en la tabla de densidades, la columna anterior no se llena ya que al colocar aquí el tipo de fluido, la otra cambia automáticamente.
 - iv. “Aft, Fore, Port, Stbd, Top, Bottom”: son los extremos de popa, proa, babor, estribor, alto y fondo, respectivamente, del tanque/compartimento, con respecto al eje de referencia. Todos estos son puntos referentes al extremo de proa del tanque/compartimento excepto el de “Aft”. Si el tanque no es simétrico se llenan las columnas A. Port, A. Stbd, A. Bottom, que son los puntos de la cara de popa.

Si el tanque/compartimento, va de banda a banda, en las columnas de babor y estribor se pueden poner valores que son mayores a la propia manga del buque ya que después se puede dar clic en el botón “Update Loads”, y el tanque/compartimento, toma la forma de la superficie que lo rodea, similar se puede hacer si el compartimento/tanque va del fondo hasta la cubierta, solo que con respecto a la columna de fondo y superior.

f) Una vez que conocemos esto, procedemos a definir la forma de los tanques/compartimentos de la embarcación, con lo que tenemos una tabla de la siguiente manera:

Ingreso de formas de los tanques y compartimentos.

	Name	Type	Intact Perm. %	Damaged Perm. %	Specific gravity	Fluid type	Boundary Surfaces	Aft m	Fore m	F.Port m	F.Stbd. m	F.Top m	F.Bott. m	A.Port m	A.Stbd. m	A.Tc m
1	Tq.alm.comb.central	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-1,025	2,475	-4	4	-0,8	-3	DITTO	DITTO	D
2	Tq.Dia Eb	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-1,025	1,975	-4	-1,5	0,87	0,1	DITTO	DITTO	D
3	Tq.Agua	Tank	100	100	1	Fresh Wate	none	3,875	6,375	-4	4	-0,8	-3	DITTO	DITTO	D
4	Tq.alm.comb.central bb	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-1,025	2,475	-4	-1,244	0,1	-0,8	DITTO	DITTO	D
5	Tq.alm.comb.central eb	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-1,025	2,475	1,244	4	0,1	-0,8	DITTO	DITTO	D
6	Tq.Dia Eb	Tank	100	100	0,84	Diesel	none	-1,025	1,975	1,5	4	0,87	0,1	DITTO	DITTO	D
7	Tq. A. Sentina	Tank	100	100	0,913	Slops	none	-4,5	-2	-4	4	-0,8	-3	DITTO	DITTO	D
8	Tq. A. Negras	Tank	100	100	0,8203	JFA	none	-8,025	-6,025	-4	4	-0,8	-3	DITTO	DITTO	D
9	Servo	Compart	100	100			none	-12,024	-9,025	-4	4	3	-3	DITTO	DITTO	D
10	Sala de maquinas	Compart	100	100			none	-9,025	-1,025	-4	4	3	-3	DITTO	DITTO	D
11	Seccion media	Compart	100	100			none	-1,025	6,375	-4	4	3	-3	DITTO	DITTO	D
12	Habitabilidad	Compart	100	100			none	6,375	11,215	-4	4	3	-3	DITTO	DITTO	D

Fuente: Hydromax.

g) Para poder visualizar los tanques y compartimentos, sobre el modelo en cualquiera de las vistas, por ejemplo en la longitudinal, damos clic a los botones “Intact Tanks” e “Intact Compartments” y para visualizar la leyenda con los nombres, damos clic en “Tank Names”.

h) Si vemos la condición de carga, aparecerán todos los tanques que definimos en el cuadro anterior, con sus propiedades tales como la posición de su centro de gravedad, volumen, peso del fluido del tanque a su capacidad de llenado y porcentaje de llenado.

De esto, la única variable para otras condiciones de carga que debe de modificar el usuario con respecto a los tanques es el porcentaje de llenado. Esto también nos ayuda a comprobar si el tanque tiene la capacidad que se requiere caso contrario se debe manipular las dimensiones.

El peso ligero del buque consta de los siguientes elementos:

a) Elementos de habitabilidad: Para esto asumimos el valor con la siguiente ecuación:

$$W_{HAB} = 0.16 * AA ; \text{ donde } AA \text{ es el área de la habitabilidad}$$

$$W_{HAB} = 0.16 * AA = 0.16 * 152.57 = 24.41 \text{ [tons]}$$

b) Equipos auxiliares: Valor asumido de la siguiente ecuación:

$$PQR = (k * VE^l) + (h * EJ * ((j * L) + 5))$$

Donde:

VE = volumen de espacio de maquinas

k = 0.0217

l = 1

h = 1.5

j = 0.0115

EJ = longitud de ejes fuera de sala de máquinas

L = Eslora entre perpendiculares.

Reemplazando:

$$PQR = (0.0217 * 104^1) + (1.5 * 2 * ((0.0115 + 24.05) + 5))$$

$$PQR = 18.08 [tons]$$

Los demás pesos que se involucran en el cálculo del peso ligero de la embarcación fueron obtenidos de los respectivos capítulos que lo involucran.

Una vez obtenidos estos valores, los ingresamos en la tabla de la condición de carga, con lo que para las 04 condiciones de carga que vamos a asumir tenemos las siguientes tablas:

Condición de carga 01: Salida de puerto.

Ítem	Cant.	Peso Unit. (ton)	Peso total (ton)	Vol. Unit. (m3)	Vol. Total (m3)	CG Long (m)	CG Trans (m)	CG. Vert (m)
Peso en rosca	1.00	74.27	74.27			-0.20	0.00	0.91
Personas	10.00	0.08	0.75			0.00	0.00	2.05
Tanque almacenamiento combustible central	100%	5.76	5.76	6.86	6.86	0.77	0.00	-1.12
Tanque almacenamiento combustible EB	100%	4.04	4.04	4.81	4.81	0.70	2.03	-0.31
Tanque almacenamiento combustible BB	100%	4.04	4.04	4.81	4.81	0.70	-2.03	-0.31
Tanque de combustible diario BB	100%	3.23	3.23	3.84	3.84	0.46	-2.33	0.49
Tanque de combustible diario EB	100%	3.23	3.23	3.84	3.84	0.46	2.33	0.49

Tanque de agua dulce	100%	4.94	4.94	4.94	4.94	5.10	0.00	-1.17
Tanque de agua Negra	10%	2.82	0.28	3.44	0.34	-2.90	0.00	-1.37
Tanque de agua Sentina	0%	1.14	0.00	1.25	0.00	-6.04	0.00	-1.30

Fuente: Elaboración propia.

Condición de carga 02: Llegada al siniestro.

Ítem	Cant.	Peso Unit. (ton)	Peso total (ton)	Vol. Unit. (m3)	Vol. Total (m3)	CG Long (m)	CG Trans (m)	CG. Vert (m)
Peso en rosca	1.00	74.27	74.27			-0.20	0.00	0.91
Personas	10.00	0.08	0.75			0.00	0.00	2.05
Tanque almacenamiento combustible central	70%	5.76	4.03	6.86	4.80	0.83	0.00	-1.22
Tanque almacenamiento combustible EB	70%	3.23	2.26	3.84	2.69	0.48	-2.32	0.38
Tanque almacenamiento combustible BB	85%	4.94	4.20	4.94	4.20	5.12	0.00	-1.23
Tanque de combustible diario BB	70%	4.04	2.83	4.81	3.37	0.72	-1.99	-0.43
Tanque de combustible diario EB	70%	4.04	2.83	4.81	3.37	0.72	1.99	-0.43
Tanque de agua dulce	70%	3.23	2.26	3.84	2.69	0.48	2.32	0.38
Tanque de agua Sentina	25%	2.82	0.71	3.44	0.86	-3.03	0.00	-1.28
Tanque de agua Negra	30%	1.14	0.34	1.25	0.37	-6.78	0.00	-1.07

Fuente: Elaboración propia.

Condición de carga 03: Salida del siniestro.

Ítem	Cant.	Peso Unit. (ton)	Peso total (ton)	Vol. Unit. (m3)	Vol. Total (m3)	CG Long (m)	CG Trans (m)	CG. Vert (m)
Peso en rosca	1.00	74.27	74.27			-0.20	0.00	0.91
Personas	20.00	0.08	1.50			0.00	0.00	2.05
Tanque almacenamiento combustible central	50%	5.76	2.88	6.86	3.43	0.86	0.00	-1.30
Tanque almacenamiento combustible EB	50%	3.23	1.61	3.84	1.92	0.49	-2.31	0.30
Tanque almacenamiento combustible BB	60%	4.94	2.96	4.94	2.96	5.13	0.00	-1.34
Tanque de combustible diario BB	50%	4.04	2.02	4.81	2.41	0.73	-1.95	-0.52
Tanque de combustible diario EB	50%	4.04	2.02	4.81	2.41	0.73	1.95	-0.52
Tanque de agua dulce	50%	3.23	1.61	3.84	1.92	0.49	2.31	0.30
Tanque de agua Sentina	55%	2.82	1.55	3.44	1.89	-3.11	0.00	-1.16
Tanque de agua Negra	40%	1.14	0.46	1.25	0.50	-6.81	0.00	-1.05

Fuente: Elaboración propia.

Condición de carga 04: Llegada a puerto.

Ítem	Cant.	Peso Unit. (ton)	Peso total (ton)	Vol. Unit. (m3)	Vol. Total (m3)	CG Long (m)	CG Trans (m)	CG. Vert (m)
Peso en rosca	1.00	74.27	74.27			-0.20	0.00	0.91
Personas	20.00	0.08	1.50			0.00	0.00	2.05
Tanque almacenamiento combustible central	10%	5.76	0.58	6.86	0.69	1.10	0.00	-1.55
Tanque	10%	3.23	0.32	3.84	0.38	0.60	-2.28	0.14

almacenamiento combustible EB								
Tanque almacenamiento combustible BB	30%	4.94	1.48	4.94	1.48	5.15	0.00	-1.51
Tanque de combustible diario BB	10%	4.04	0.40	4.81	0.48	0.84	-1.75	-0.73
Tanque de combustible diario EB	10%	4.04	0.40	4.81	0.48	0.84	1.75	-0.73
Tanque de agua dulce	10%	3.23	0.32	3.84	0.38	0.60	2.28	0.14
Tanque de agua Sentina	90%	2.82	2.54	3.44	3.10	-3.15	0.00	-1.06
Tanque de agua Negra	50%	1.14	0.57	1.25	0.62	-6.84	0.00	-1.03

Fuente: Elaboración propia.

- **CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD**

Para la obtención de estas curvas una vez que tenemos el buque definido en HYDROMAX, procedemos a definir este tipo de cálculo que se va a realizar:

a) Para esto lo hacemos de la siguiente manera: “Analysis” → “Set

Analysis Type” → “KN Values”.

b) Hay que definir el ángulo de escora al que se va a someter el modelo:

“Analysis” → “Heel”.

Ángulos de escora para calcular el KN.

Heel Setup

Heel Angles

From -15 deg to 30 deg in steps of 5 deg

then to 50 deg in steps of 10 deg

then to 100 deg in steps of 10 deg

Heel Direction

Starboard

Port

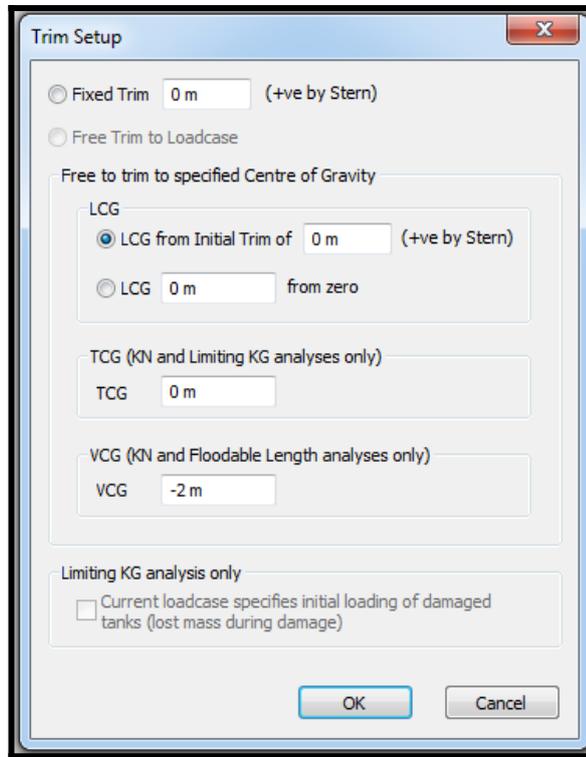
Both

OK Cancel

Fuente: Hydromax.

- c) Luego de definir el calado es necesario, definir el asiento: “Analysis” → “Trim”.

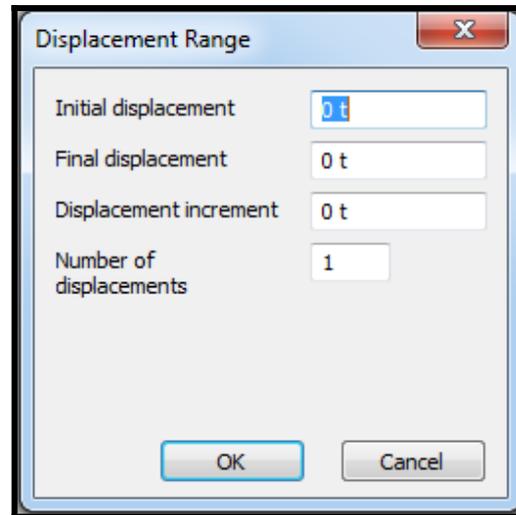
Definición de asientos para cálculo de KN.



Fuente: Hydromax.

- d) Finalmente, hay que definir el rango de desplazamientos en que se van a medir el valor de KN, este será para el modelo inicialmente desde el desplazamiento ligero hasta el valor de desplazamiento de diseño.

Definición de desplazamientos para cálculos de las curvas KN.



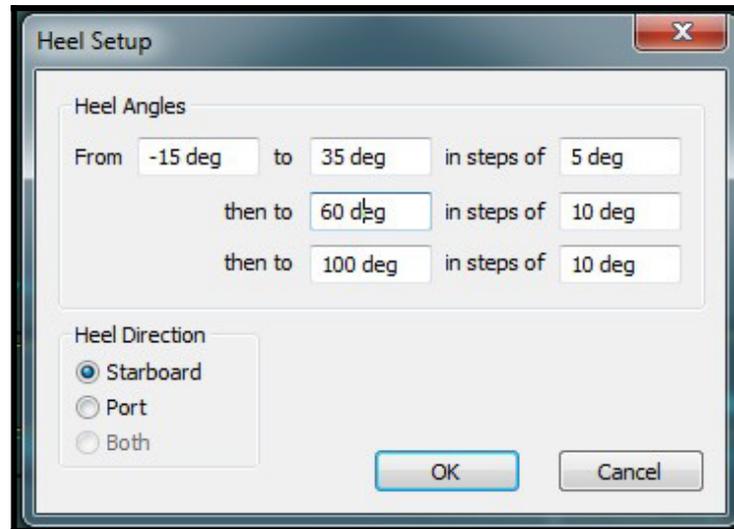
Fuente: Hydromax.

- **CURVAS DE ESTABILIDAD INTACTA**

Para la obtención de las curvas de los brazos adrizantes, una vez definidas las condiciones de carga en Hydromax, debemos de colocar el parámetro que se quiere que calcule el programa.

- a) Para esto vamos a: “Analysis” → “Set Analysis Type” → “Large Angle Stability”.
- b) Luego es necesario definir los ángulos de escora en los que queremos analizar el modelo “Analysis” → “Heel”.

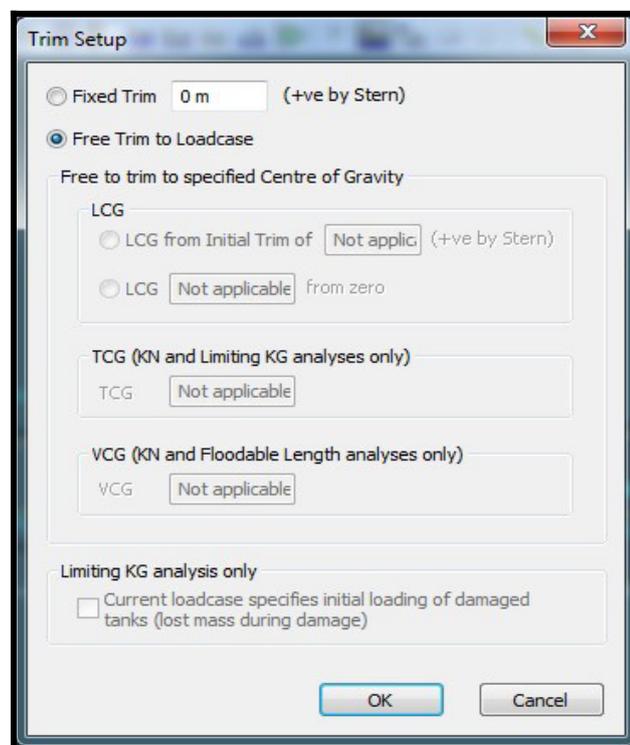
Definición de los ángulos de escora para el cálculo del brazo adrizante GZ



Fuente: Hydromax.

- c) Aparte hay que definir el asiento al que va a estar sometido el buque para esa condición de carga: “Analysis” → “Trim”, en este caso dejamos la opción.

Definición de asiento.



Fuente: Hydromax.

d) Una vez que hemos definido ya estos parámetros, hacemos correr el programa, “Analysis” → “Start Stability Analysis”; realizamos esta acción para las condiciones de carga que tengamos.

A continuación, se muestran los resultados para las condiciones de carga:

Resultados del cálculo del brazo adrizante.

Angulo de escora (°)	Condición 1	Condición 2	Condición 3	Condición 4
	GZ (m)	GZ (m)	GZ (m)	GZ (m)
-15	-0.42	-0.32	-0.309	-0.278
-10	-0.316	-0.253	-0.248	-0.234
-5	-0.174	-0.147	-0.148	-0.148
0	0	0	0	0
5	0.174	0.147	0.148	0.148
10	0.316	0.253	0.248	0.234
15	0.42	0.32	0.309	0.278
20	0.5	0.364	0.346	0.299
25	0.561	0.393	0.37	0.309
30	0.58	0.387	0.363	0.299
35	0.561	0.344	0.319	0.254
45	0.447	0.183	0.154	0.082
55	0.273	-0.034	-0.069	-0.153
60	0.173	-0.154	-0.191	-0.282
70	-0.041	-0.401	-0.445	-0.552
80	-0.263	-0.647	-0.699	-0.826
90	-0.484	-0.885	-0.946	-1.096
100	-0.699	-1.106	-1.175	-1.342

Fuente: Elaboración propia.

Como se mencionó anteriormente, todos estos datos tienen por fin determinar si el diseño cumple o no con los criterios de estabilidad establecidos por la OMI que son los siguientes:

- a) Área bajo la curva de GZ de 0 a 30.
- b) Área bajo la curva de GZ de 0 a 40.

- c) Área bajo la curva de GZ de 30 a 40.
- d) GZ máximo a 30° o más.
- e) Ángulo máximo de GZ.
- f) GMt inicial

Para definir los criterios que deseamos tabular, seguimos la siguiente ruta: “Analysis” → “Criteria” → “IMO” → “A.749 (18) Codeo n Intact Stability” → y seleccionamos los criterios → “3.1.2.1 (de 0 a 30), 3.1.2.1 (de 0 a 40), 3.1.2.1 (de 30 a 40), 3.1.2.2, 3.1.2.3 y 3.1.2.4”

Seleccionamos la condición de carga y ponemos calcular, a continuación se presentan los resultados obtenidos para cada condición de carga:

Resultados criterios de estabilidad intacta para condición 01.

Criterio	Valor requerido		Valor actual	Condición	Margen (%)
3.1.2.1: Área 0° a 30° Mayor o igual que (>=)	3.1513	m.grd	11.3773	Cumple	261.03
3.1.2.1: Área 0° a 40° Mayor o igual que (>=)	5.1566	m.grd	16.9354	Cumple	228.42
3.1.2.1: Área 30° a 40° Mayor o igual que (>=)	1.7189	m.grd	5.5581	Cumple	223.35
3.1.2.2: Max GZ a 30° o mayor Mayor o igual que (>=)	0.2	m	0.58	Cumple	190.00
3.1.2.3: Angulo máximo de GZ Mayor o igual que (>=)	25	grd	30.8	Cumple	23.10
3.1.2.4: GMt Inicial Mayor o igual que (>=)	0.15	m	2.077	Cumple	1284.67

Fuente: Elaboración propia.

Resultados criterios de estabilidad intacta para condición 02.

Criterio	Valor requerido		Valor actual	Condición	Margen (%)
3.1.2.1: Área 0° a 30°	3.1513	m.grd	8.4201	Cumple	167.19
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.1: Área 0° a 40°	5.1566	m.grd	11.8146	Cumple	129.12
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.1: Área 30° a 40°	1.7189	m.grd	3.3945	Cumple	97.48
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.2: Max GZ a 30° o mayor	0.2	m	0.387	Cumple	93.5
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.3: Angulo máximo de GZ	25	grd	26.4	Cumple	5.68
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.4: GMt Inicial	0.15	m	1.786	Cumple	1090.67
Mayor o igual que (\geq)					

Fuente: Elaboración propia.

Resultados criterios de estabilidad intacta para condición 03.

Criterio	Valor requerido		Valor actual	Condición	Margen (%)
3.1.2.1: Área 0° a 30°	3,1513	m.grd	8.0834	Cumple	156.51
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.1: Área 0° a 40°	5,1566	m.grd	11.2287	Cumple	117.75
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.1: Área 30° a 40°	1,7189	m.grd	3.1453	Cumple	82.99
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.2: Max GZ a 30° o mayor	0,2	m	0.363	Cumple	81.5
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.3: Angulo máximo de GZ	25	grd	26.4	Cumple	5.68
Mayor o igual que (\geq)					
3.1.2.4: GMt Inicial	0,15	m	1.806	Cumple	1104
Mayor o igual que (\geq)					

Fuente: Elaboración propia.

Resultados criterios de estabilidad intacta para condición 04.

Criterio	Valor	Valor	Condición	Margen
----------	-------	-------	-----------	--------

	requerido		actual		(%)
3.1.2.1: Área 0° a 30° Mayor o igual que (>=)	3,1513	m.grd	7.1585	Cumple	127.16
3.1.2.1: Área 0° a 40° Mayor o igual que (>=)	5,1566	m.grd	9.6481	Cumple	87.10
3.1.2.1: Área 30° a 40° Mayor o igual que (>=)	1,7189	m.grd	2.4896	Cumple	44.84
3.1.2.2: Max GZ a 30° o mayor Mayor o igual que (>=)	0,2	m	0.299	Cumple	49.50
3.1.2.3: Angulo máximo de GZ Mayor o igual que (>=)	25	grd	25.00	Cumple	0.00
3.1.2.4: GMt Inicial Mayor o igual que (>=)	0,15	m	1.877	Cumple	1151.33

Fuente: Elaboración propia.

- **CURVAS DE ESTABILIDAD EN AVERIA**

A continuación, se detallaran los pasos para obtener las curvas de brazo adrizantes cuando el buque cuenta con un compartimento inundado.

a) Para esto primero, le damos clic el botón “Damage Case Window”, en este vamos a definir las condiciones de avería y si se da el caso los tanques que estos involucrarían, tal como se muestra en la imagen:

Definición de los compartimentos en condición de avería.

	Room	Intact	Averia Se	Averia Sa	Avería Se	Averia Ha	Averia Pe
1	Tq.alm.comb.central	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2	Tq.Dia Bb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Tq.Agua	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4	Tq.alm.comb.central bb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Tq.alm.comb.central eb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6	Tq.Dia Eb	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7	Tq. A. Sentina	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8	Tq. A. Negras	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9	Servo	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10	Sala de maquinas	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11	Seccion media	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12	Habitabilidad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13	Peak	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Fuente: Hydromax.

Una vez definido esto, podemos realizar el cálculo del brazo adrizante para cada condición de avería junto con cada condición de carga. Al realizar esto tenemos los siguientes resultados:

Resultados de GZ para avería en el servo.

Grados	GZ (metros)			
	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
0	0	0	0	0
5	0.142	0.115	0.114	0.114
10	0.282	0.22	0.215	0.201
15	0.39	0.291	0.28	0.25
20	0.472	0.338	0.321	0.276
25	0.513	0.35	0.329	0.276
30	0.512	0.324	0.3	0.243
35	0.48	0.267	0.241	0.18
45	0.354	0.093	0.063	-0.007
55	0.182	-0.123	-0.159	-0.241
60	0.086	-0.238	-0.276	-0.365
70	-0.113	-0.469	-0.513	-0.616
80	-0.313	-0.696	-0.749	-0.879
90	-0.517	-0.919	-0.982	-1.134
100	-0.714	-1.124	-1.194	-1.363

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de GZ para avería en sala de máquinas.

Grados	GZ (metros)			
	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
0	0	0.2	0.185	0.151
5	0.104	0.074	0.07	0.062
10	0.2	0.147	0.141	0.127
15	0.275	0.199	0.189	0.169
20	0.317	0.217	0.205	0.177
25	0.324	0.2	0.185	0.151
30	0.304	0.155	0.137	0.097
35	0.266	0.091	0.069	0.022
45	0.156	-0.07	-0.102	-0.168
55	0.021	-0.251	-0.294	-0.382
60	-0.05	-0.343	-0.391	-0.491
70	-0.194	-0.523	-0.581	-0.703

80	-0.333	-0.688	-0.756	-0.9
90	-0.461	-0.834	-0.912	-1.08
100	-0.575	-0.957	-1.044	-1.234

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de GZ para avería en sección media.

Grados	GZ (metros)			
	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
0	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
5	0	0	0	0
10	0.132	0.119	0.117	0.118
15	0.241	0.215	0.211	0.214
20	0.32	0.28	0.274	0.278
25	0.363	0.312	0.305	0.311
30	0.364	0.301	0.293	0.299
35	0.331	0.256	0.245	0.252
45	0.273	0.186	0.172	0.18
55	0.11	0.001	-0.018	-0.01
60	-0.086	-0.214	-0.237	-0.23
70	-0.19	-0.325	-0.351	-0.343
80	-0.4	-0.548	-0.577	-0.57
90	-0.605	-0.76	-0.792	-0.785
100	-0.793	-0.951	-0.985	-0.978

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de GZ para avería en habitabilidad.

Grados	GZ (metros)			
	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
0	0	0	0	0
5	0.162	0.14	0.14	0.14
10	0.314	0.266	0.265	0.26
15	0.441	0.371	0.368	0.352
20	0.513	0.429	0.428	0.414
25	0.533	0.432	0.433	0.423
30	0.512	0.394	0.395	0.386
35	0.464	0.326	0.327	0.315
45	0.313	0.133	0.131	0.109
55	0.12	-0.1	-0.109	-0.147
60	0.015	-0.223	-0.236	-0.284
70	-0.2	-0.471	-0.493	-0.561

80	-0.413	-0.711	-0.74	-0.83
90	-0.616	-0.932	-0.969	-1.079
100	-0.801	-1.126	-1.171	-1.299

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de GZ para avería en el peak de proa.

Grados	GZ (metros)			
	Cond. 01	Cond. 02	Cond. 03	Cond. 04
0	0	0	0	0
5	0.174	0.147	0.148	0.148
10	0.316	0.253	0.248	0.234
15	0.42	0.32	0.309	0.278
20	0.501	0.364	0.346	0.3
25	0.562	0.393	0.37	0.309
30	0.58	0.388	0.364	0.299
35	0.561	0.345	0.32	0.254
45	0.447	0.183	0.154	0.082
55	0.271	-0.035	-0.069	-0.153
60	0.17	-0.155	-0.192	-0.282
70	-0.047	-0.405	-0.448	-0.553
80	-0.272	-0.655	-0.705	-0.83
90	-0.496	-0.895	-0.954	-1.101
100	-0.711	-1.117	-1.185	-1.349

Fuente: Elaboración propia.

Similar como se hizo en la parte de estabilidad intacta, también se evalúan unos criterios cuyos resultados se muestran a continuación:

Resultados de criterios para avería en el servo.

		Cond.01	Cond.02	Cond.03	Cond.04
		Valor	Valor	Valor	Valor
8.2.3.1: Rango de estabilidad positiva residual, en grados. Mayor o igual que(\geq)	15	64.30	49.5	48	44.7
8.2.3.2 Área bajo la curva del GZ residual (m*grados) Mayor o igual que(\geq)	0.8594	6.25	4.6961	4.5337	4.1125

8.2.4.a GZ máximo (etapas intermedias) Mayor que	0.05	0.516	0.352	0.331	0.28
--	------	-------	-------	-------	------

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de criterios para avería en la sala de máquinas.

		Cond.01	Cond.02	Cond.03	Cond.04
		Valor	Valor	Valor	Valor
8.2.3.1: Rango de estabilidad positiva residual, en grados. Mayor o igual que(\geq)	15	56.5	40.8	39.2	36.2
8.2.3.2 Área bajo la curva del GZ residual (m*grados) Mayor o igual que(\geq)	0.8594	4.3658	3.1052	2.9442	2.6073
8.2.4.a GZ máximo (etapas intermedias) Mayor que	0.05	0.325	0.217	0.205	0.178

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de criterios para avería en la sección media.

		Cond.01	Cond.02	Cond.03	Cond.04
		Valor	Valor	Valor	Valor
8.2.3.1: Rango de estabilidad positiva residual, en grados. Mayor o igual que(\geq)	15	50.7	45	44.6	44.5
8.2.3.2 Área bajo la curva del GZ residual (m*grados) Mayor o igual que(\geq)	0.8594	5.1527	4.5230	4.5005	4.4998
8.2.4.a GZ máximo (etapas intermedias) Mayor que	0.05	0.369	0.313	0.312	0.313

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de criterios para avería en la habitabilidad.

		Cond.01	Cond.02	Cond.03	Cond.04
		Valor	Valor	Valor	Valor

8.2.3.1: Rango de estabilidad positiva residual, en grados. Mayor o igual que(\geq)	15	25.5	31.5	35.2	44.5
8.2.3.2 Área bajo la curva del GZ residual (m*grados) Mayor o igual que(\geq)	0.8594	6.9602	5.8713	5.8439	5.6718
8.2.4.a GZ máximo (etapas intermedias) Mayor que	0.05	0.533	0.437	0.437	0.426

Fuente: Elaboración propia.

Resultados de criterios para avería en el peak de proa.

		Cond.01	Cond.02	Cond.03	Cond.04
		Valor	Valor	Valor	Valor
8.2.3.1: Rango de estabilidad positiva residual, en grados. Mayor o igual que(\geq)	15	67.9	53.5	52.1	48.7
8.2.3.2 Área bajo la curva del GZ residual (m*grados) Mayor o igual que(\geq)	0.8594	6.8771	5.3015	5.1487	4.7125
8.2.4.a GZ máximo (etapas intermedias) Mayor que	0.05	0.581	0.395	0.371	0.309

Fuente: Elaboración propia.

- **ESLORA INUNDABLE**

Para la obtención de la eslora inundable del buque que se está diseñando, se usa el programa Hydromax. Para esto, una vez modelado el buque en Rhinoceros e importado a Maxsurf para determinar los siguientes parámetros que forman para del eje de referencia:

Eje de referencia del modelo para Hydromax.

Origen:	Sección media
---------	---------------

Perpendicular de popa:	-12.025 mts (en el extremo de popa de la embarcación)
Perpendicular de proa:	12.025 mts
Línea base:	-2 mts, en el eje vertical
Línea de calado:	0 mts.

Fuente: Elaboración propia.

Entonces, una vez recordado el eje de referencia para el modelo, es necesario definir la ubicación de los mamparos. Al inicio del proyecto se colocaron 03 mamparos:

- 1) Servo – sala de máquinas.
- 2) Sala de máquinas – habitabilidad.
- 3) Habitabilidad - peak de proa.

Pero debido a que en una primera corrida para encontrar el valor de la eslora inundable el mismo no pasó la prueba, hubo la necesidad de colocar un mamparo adicional.

Entre el mamparo #2 y #3, se colocó otro mamparo, siendo las coordenadas a lo largo de la eslora, con respecto al origen indicado en la tabla anterior, las siguientes:

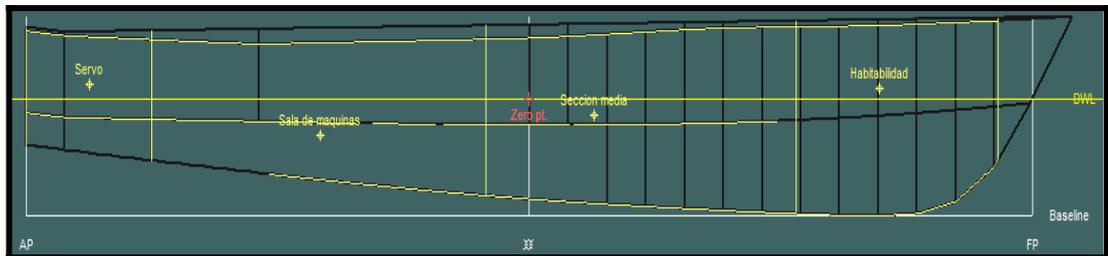
Posición longitudinal de los mamparos con respecto al origen.

Compartimento	Posición a popa	Posición a proa
Servo	-12,025 mts	-9,025 mts
Sala de máquinas	-9,025 mts	-1,025 mts
Sección media	-1,025 mts	6,375 mts
Habitabilidad	6,375 mts	11,215 mts

Fuente: Elaboración propia.

Por definición, estos mamparos van de banda a banda y hasta la cubierta principal. Con lo que finalmente la distribución de los mamparos queda distribuida de la siguiente manera:

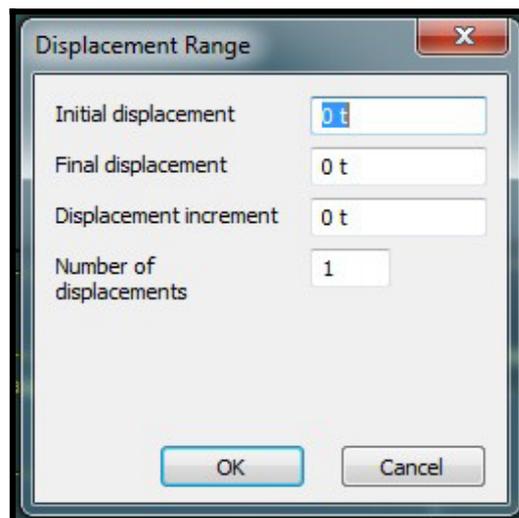
Disposición de los mamparos a lo largo del buque.



Fuente: Hydromax.

Una vez definidos los mamparos, es necesario ajustar algunas variables aun, tales como el desplazamiento, para esto vamos a la pestaña “Analysis – Displacement”. Con lo que tenemos la siguiente ventana:

Cuadro de diálogo para ingreso del desplazamiento como variable.

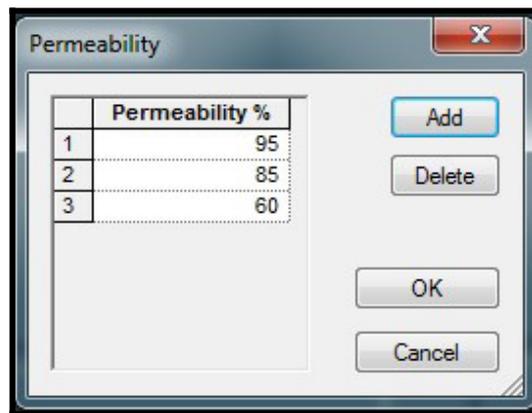


Fuente: Hydromax.

En esta pestaña se pueden colocar los valores iniciales y finales y la cantidad que deseamos tabular entre estos extremos, para el desplazamiento, pero en este caso, solo se considerará un desplazamiento, que es el desplazamiento total de la embarcación de 117 tons.

El SOLAS indica, que hay que tabular 03 condiciones para el cálculo de la eslora inundable, esto es, todos los compartimentos al 60%, 85% y 95% de permeabilidad, para esto similar para el desplazamiento seguimos la siguiente ruta: “Analysis – Permeability”. Con lo que tenemos el siguiente cuadro:

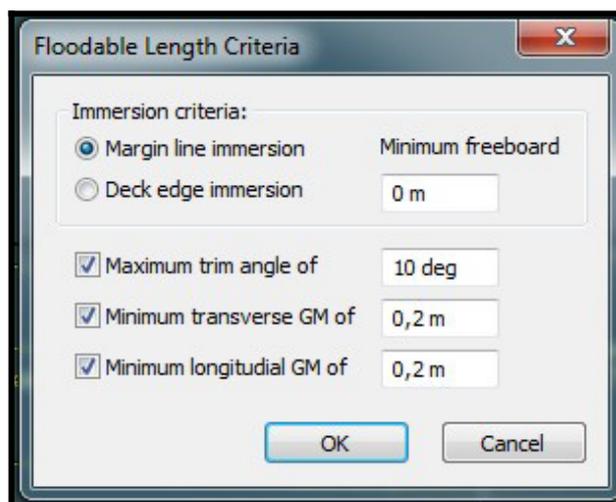
Ingreso de los parámetros de permeabilidad.



Fuente: Hydromax.

Entonces, nos queda por ingresar los criterios que debe de satisfacer el diseño, para esto se abre la siguiente pestaña: “Analysis – Criteria”:

Criterios de eslora inundable.



Fuente: Hydromax.

Hay que tener especial consideración al momento de ingresar los criterios, es recomendable dejar los mismos tal como se muestra en la ilustración anterior.

Finalmente, comprobamos que el cálculo que vayamos a correr con el programa sea el de la eslora inundable, esto lo hacemos con la siguiente ruta: “Analysis – Set Analysis Type – Floodable Length”.

Con lo que, solo nos queda ejecutar el programa: “Analysis – Start Floodable Length Analysis”.

ANEXO “E”

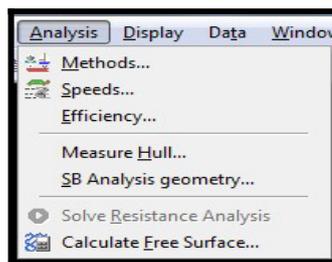
RESISTENCIA Y PROPULSION

Para poder obtener los resultados de la resistencia y propulsión del buque en propósito, una vez obtenidas las líneas de formas en Maxsurf, se lo exporta al programa Hullspeed.

Una vez importado el modelo en Hullspeed, los valores tales como el marco de referencia y las unidades en que medimos las variables se conservan de lo realizado en Maxsurf.

Sin embargo, es necesario definir otras variables tales como, el tipo de predicción para la resistencia y propulsión del buque, la velocidad a la que navegara y la eficiencia del sistema propulsivo.

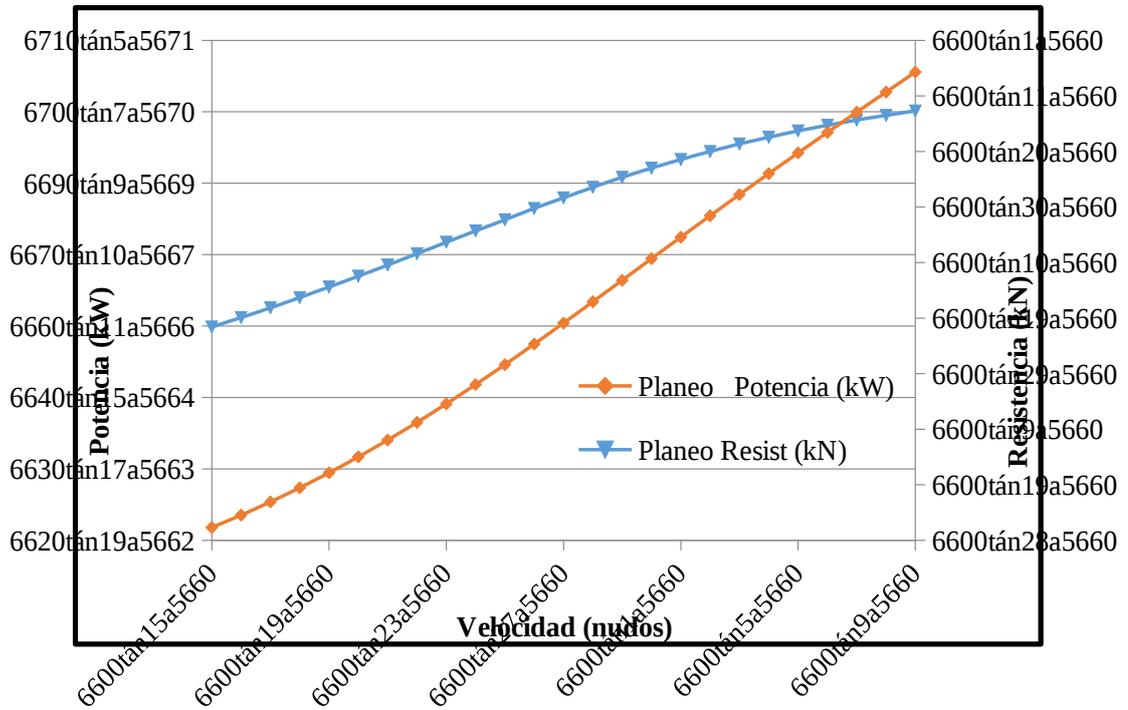
Variables por definir antes de correr el programa.



Fuente: Hullspeed.

Por métodos se colocó el de Savitsky para planeo a una eficiencia en la propulsión del 80%. Con lo que se obtuvieron valores cuya grafica se muestra a continuación:

Curva de potencia y resistencia.



Fuente: Elaboración propia.

Antes de los 16 no se obtuvieron valores de potencia ni velocidad lo que indica que para usar el método de Savitsky no hay que considerar este extremo.

CARACTERISTICAS DEL MOTOR DIESEL

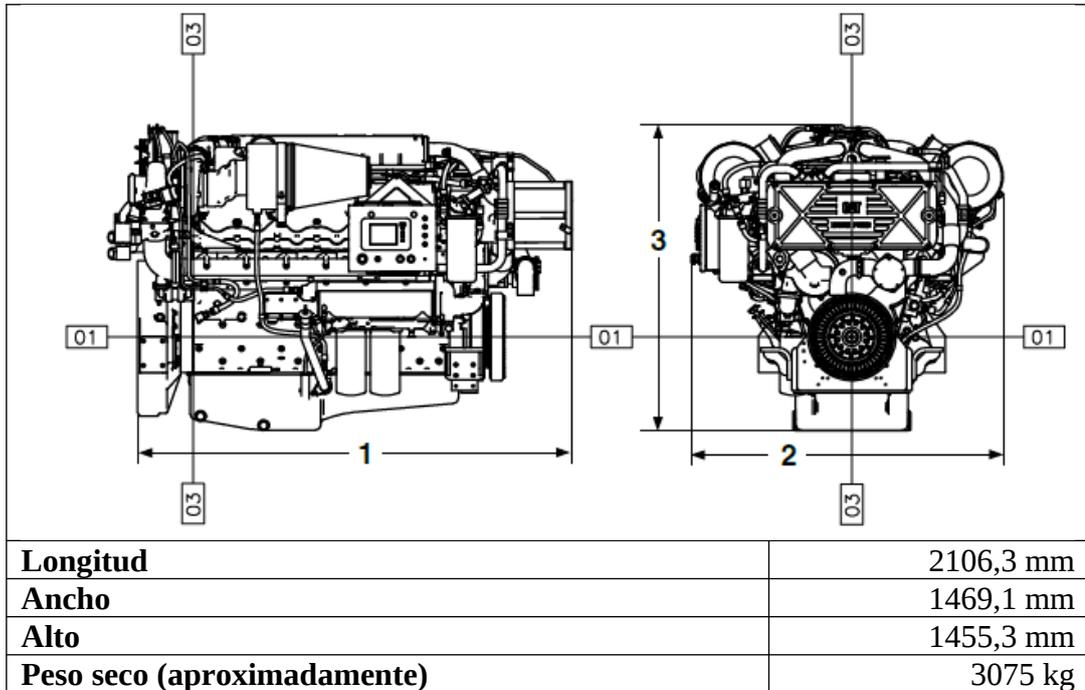
El motor que satisface las necesidades del proyecto cuenta con las siguientes características:

Características motores principales.

Tipo	12V
Desplazamiento:	32,16 litros
RPM:	2300
Sistema de enfriamiento	Intercambiador de calor
Capacidad de refrigerante	79 litros
Capacidad de aceite de lubricación	85,2 litros
Aspiración:	Turbo cargado

Fuente: Elaboración propia.

Dimensiones del motor principal.



Fuente: Elaboración propia.

Como datos adicionales del fabricante del motor se obtuvo lo siguiente:

Datos adicionales del motor.

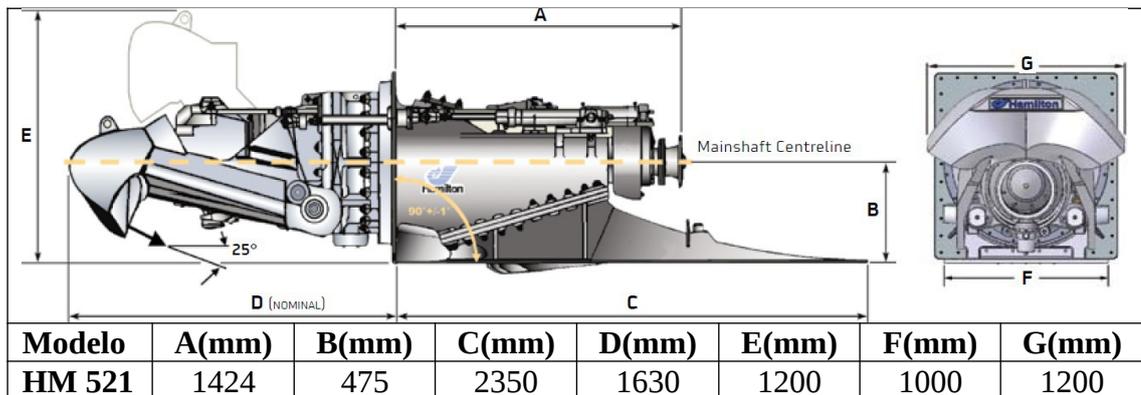
RP M	Potencia (kW)	g/ (kW*hr)	g/hr	lts/hr
2300	1417	227,2	32194 2	379
1900	1388	215,4	29897 5	352
1500	1097	202,4	22203 3	261
1100	430	230,6	99158	117
700	204	232,6	47450	56

Fuente: Elaboración propia.

CARACTERISTICAS DEL PROPULSOR

Las dimensiones del propulsor que satisface las necesidades del proyecto son las siguientes:

Dimensiones del propulsor.



Fuente: Elaboración propia.

CARACTERISTICAS DEL REDUCTOR

Para encontrar el reductor que se ajuste a las necesidades del proyecto, es necesario conocer ciertos parámetros, como por ejemplo, la razón de reducción, la velocidad de entrada al reductor, la relación potencia de entrada/RPM.

- Razón de reducción:

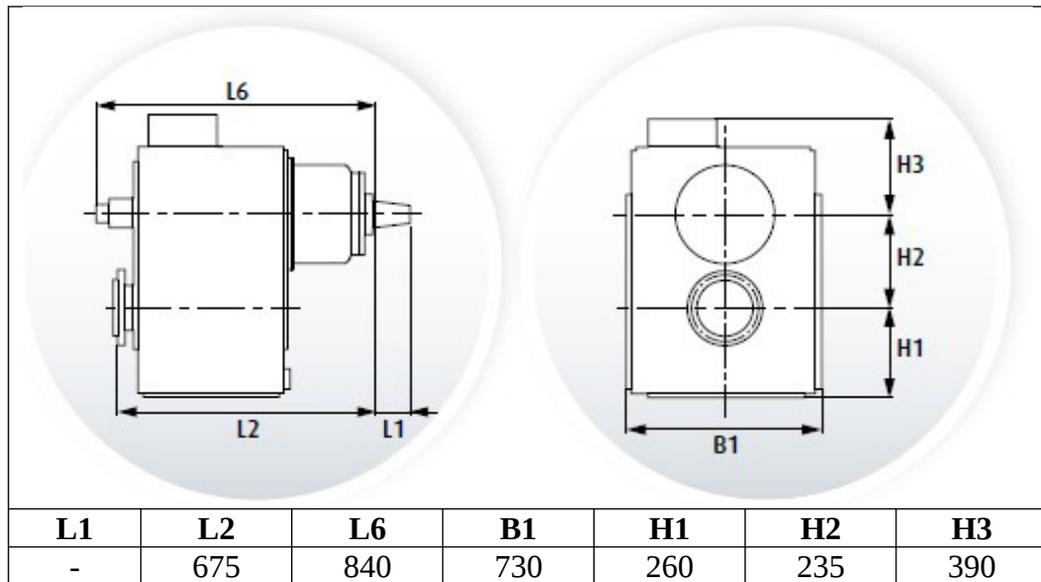
$$\text{Razón de reducción: } \frac{RPM \text{ salida del motor}}{RPM \text{ entrada máxima del propulsor}} = \frac{2300}{1710} = 1.35$$

- Relación potencia/RPM: estos son datos que tomamos del motor:

$$\frac{\text{Potencia}}{RPM} : \frac{1417 \text{ kW}}{2300} = 0.62$$

Con lo que obtuvimos como resultado el reductor marca Reintjes, modelo WVS 430/1 con las siguientes dimensiones, en milímetros:

Dimensiones del reductor.



Fuente: Elaboración propia.

Cabe recalcar que según las especificaciones de este reductor, no se puede suministrar más de 1380kW, es decir, que para el motor que está destinado para el diseño no puede superar las 1511 RPM.

CARACTERISTICAS DEL EJE

El diámetro del eje que une el reductor junto con el sistema propulsor recomendado por la sociedad clasificadora viene dado por la siguiente formula:

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

Dónde:

$c_1 = 540$, para todos los buques entre 20 y 45.7m.

$c_2 = 160$

H = potencia en el eje, es decir, 1417 kW.

R = revoluciones por minuto a las que trabajara el propulsor, 1655 RPM.

K = factor de diseño del eje, 1.075

U = resistencia a la tracción mínima del material, 600 N/mm²; para acero inoxidable.

Reemplazando los valores en la formula anterior:

$$D = 100 * (1.075) * \sqrt[3]{\frac{(1417 \text{ kW})}{(1655 \text{ RPM})} * \left(\frac{(540)}{\left(600 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}\right) + 160} \right)} = 90 \text{ mm}$$

La distancia mínima entre descansos del eje viene dada por la siguiente ecuación:

$$L_{descansos} = K * \sqrt{D}$$

Dónde:

K = 450

D = diámetro del eje que encontramos anteriormente, 90mm.

$$L_{descansos} = 450 * \sqrt{90} = 4.29 \text{ mts}$$

ANEXO “F”

DISTRIBUCION GENERAL

Según la sociedad clasificadora existen parámetros para compartimentar el buque.

PUNTO DE REFERENCIA

El punto de referencia, sirve para de guía para colocar el peak de proa. Este punto se encuentra ubicado a proa de la perpendicular de proa, y se debe de tomar la mínima de las siguientes distancias:

- La mitad de la distancia, entre la perpendicular de proa y la proa en sí de la embarcación, $p/2$.
- $0.015L_f$
- 3mts

Donde L_f , es el 96% de la longitud de la línea de agua de diseño, es decir, 23.18 metros. Entonces, tabulando los valores anteriores tenemos:

- La mitad de la distancia entre la perpendicular de proa y el extremo de proa del buque, la eslora entre perpendiculares es de 24.14 metros y si el buque mide 25, entonces la diferencia es 0.86 metros, y como se necesita la mitad de esta distancia el resultado es 0.43 metros.
- $0.015 L_f$, es decir, 0.35 metros
- 3 metros.

Entonces como debemos considerar solo la menor distancia de las tabuladas anteriormente, tomamos la del punto dos, es decir $X = 0.35$ metros.

PEAK DE PROA

Para el peak de proa, este se colocará a la menor de las siguientes distancias:

- $0.05L_f = 0.05 * 23.17 = 1.16$ metros
- 10 metros.

Por lo tanto la distancia a colocar el peak de proa es 1.16 a popa del punto de referencia "X", es decir, 0.81 metros a popa desde la perpendicular de proa.

PEAK DE POPA

Según la clase, se debe de ubicar un mamparo que separe el servo de la sala de máquinas en todas aquellas embarcaciones que se propulsen mediante hélices, pero este no es el caso de este diseño. Sin embargo la necesidad de colocar este mamparo, nace de que como el Waterjet funciona como una gran bomba, y en el caso de existir algún daño y se produzca un acceso de agua, este debería ser confinado y no pasar a otro compartimento.

Para buques menores a los 100 metros de eslora, la distancia mínima para el peak de popa medido desde la perpendicular de popa es:

$$Peak\ popa_{min} = 0.05 * L_{pp} = 0.05 * (24.14) = 1.21 [metros]$$

-

LONGITUD DE LA SALA DE MAQUINAS

Existen distintas formas de calcular la longitud de la sala de máquinas, variando desde el tipo de buque y en función de la potencia. Para el cálculo de la longitud de la sala de máquinas, usaremos la potencia y viene dada por las siguientes formulas:

Fórmulas para el cálculo de la longitud de la sala de máquinas.

Motores de 2T:	$L_{CM} = (D1 * P) + D2$	$3.2 < D1 < 4.4$ $8.0 < D2 < 10$
Motores de 4T:	$L_{CM} = D5 * P^{D6}$	$8.0 < D5 < 8.6$ $0.4 < D6 < 0.48$

Fuente: Elaboración propia.

La potencia (P) que usan estas fórmulas viene dada en Watts (w).

Dado que el motor es de 4 tiempos usamos la segunda fórmula, con los valores extremos superiores e inferiores para D5 y D6 tenemos el siguiente resultado:

$$L_{CM} = D5 * P^{D6} = 8.0 * (2834000)^{0.40} = 3.05 \text{ metros}$$

$$L_{CM} = D5 * P^{D6} = 8.6 * (2834000)^{0.48} = 8.00 \text{ metros}$$

Por lo tanto la longitud de la sala de máquinas debe de ser mayor 3.12 mts y menor o igual a 11.67 metros.

TANQUES DE ALMACENAMIENTO COMBUSTIBLE

El combustible para la planta propulsora y generadora eléctrica para los grupos auxiliares se almacenara en dos tanques simétricos respecto a la línea de crujía del buque. Asumimos el motor a su máxima capacidad, según algunos de los datos tomados por el fabricante y puestos en la Tabla 4, 1417kW a 2300RPM, lo que lleva a que revisando en la tabla de los datos adicionales del motor del Anexo “C” a un consumo específico de 227.2 g/(kW*hora).

Como definimos en el capítulo 2 el buque a diseñar es un FFV1 y estos indican una autonomía de 1 día de navegación. Suponiendo que navegamos las 24 horas de la autonomía al tope de la velocidad, tenemos que la cantidad necesaria de combustible para un solo motor es la siguiente:

$$Combustible = 227.2 \left(\frac{g}{kW * hora} \right) * 24 (horas) * 1417 kW = 7726618 [gramos] = 7.73 tons$$

Esta cantidad es tomando en cuenta un solo motor por lo que es necesario multiplicarla por dos y se le debe agregar un 10% por, la estructura de los tanques, suciedad en el combustible y margen de seguridad para el funcionamiento y un 15% adicional por el sistema del generador eléctrico.

Por lo tanto la capacidad total de combustible en llevar dividida en dos tanques es:

$$\text{Combustible} = 2 * 7.73 * 1.25 = 19.32 \text{ ton} = \frac{19.32 [\text{Ton}]}{0.85 \left[\frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \right]} = 22.73 [\text{m}^3]$$

TANQUES DE SERVICIO DIARIO

Siguiendo el reglamento de SOLAS, se deben de colocar 02 tanques de consumo diario con una capacidad de combustible suficiente para alimentar durante 8 horas a los motores principales y al grupo electrógeno.

Para esto usaremos la misma fórmula que para el cálculo total de combustible:

$$\text{Combustible} = 227.2 \left(\frac{\text{g}}{\text{kW} * \text{hora}} \right) * 8 (\text{horas}) * 1417 \text{ kW} = 2.58 [\text{ton}] = 3.03 [\text{m}^3]$$

Esto es para un solo motor, entonces para los dos motores y usando el mismo factor de seguridad y para el grupo eléctrico se tiene que la capacidad de cada uno de los dos tanques de servicio diario es de 3.79 m³.

CAPACIDAD AGUA DULCE

La sociedad clasificadora indica que el buque debe de disponer con un mínimo de 4 trajes de bombero, esto quiere decir que existen al menos cuatro personas que realizan la maniobra de socorro, a esto falta añadirle; 01 motorista, 01 capitán, 01 eléctrico, 01 conave, 01 médico y 01 enfermero.

Lo que da un total de 10 tripulantes para la maniobra de rescate y si a este le agregamos al menos 10 personas que puedan resultar heridas o rescatadas tenemos un total de 20 personas.

Por lo tanto si tenemos que una persona consume aproximadamente 200 litros/día, para el total de tripulación estimada sería:

$$\text{Agua dulce} = 20 (\text{personas}) * 200 \left(\frac{\text{litros}}{\text{persona} * \text{dia}} \right) = 4000 \text{ litros} = 4 \text{ m}^3$$

CAPACIDAD DE TANQUE DE ACEITE SUCIO/SENTINAS

La OMI, indica la siguiente tabla para encontrar la capacidad del tanque de aceite sucio/sentinas:

Parámetros para calcular capacidad del tanque de sentina.

Potencia instalada (kW)	Capacidad (m ³)
Hasta 1000	1.5
Mayor a 1000 y hasta 20000	$1.5 + \frac{P - 1000}{1500}$
Mayor a 20000	$14.2 + \frac{0.2 * (P - 20000)}{1500}$

Fuente: Elaboración propia.

Dado tenemos dos motores con una potencia de 1417kW cada uno, la potencia total instalada en la embarcación es de 2834kW, es decir, entramos en el rango entre 1000 y 20000.

Reemplazando en la fórmula:

$$\text{Capacidad tanque de sentina} : 1.5 + \frac{P - 1000}{1500} = 1.5 + \frac{2834 - 1000}{1500}$$

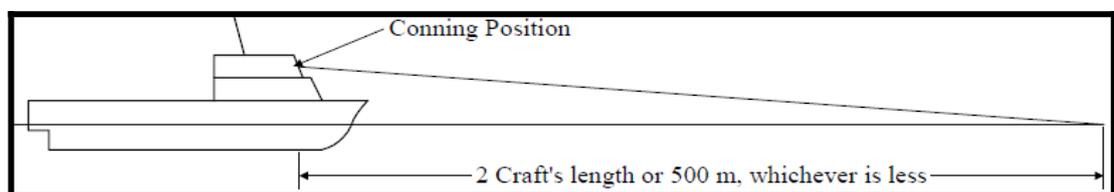
Con lo que tenemos que la capacidad para el tanque de sentinas es de 1.78 m³.

- **HABITABILIDAD**

- Inicialmente, se verá la posición óptima de la caseta de gobierno. La Sociedad Clasificadora, tiene ciertos parámetros para determinar la mejor posición de está dependiendo del ángulo de visión que tienen que tener las personas que operan la embarcación.

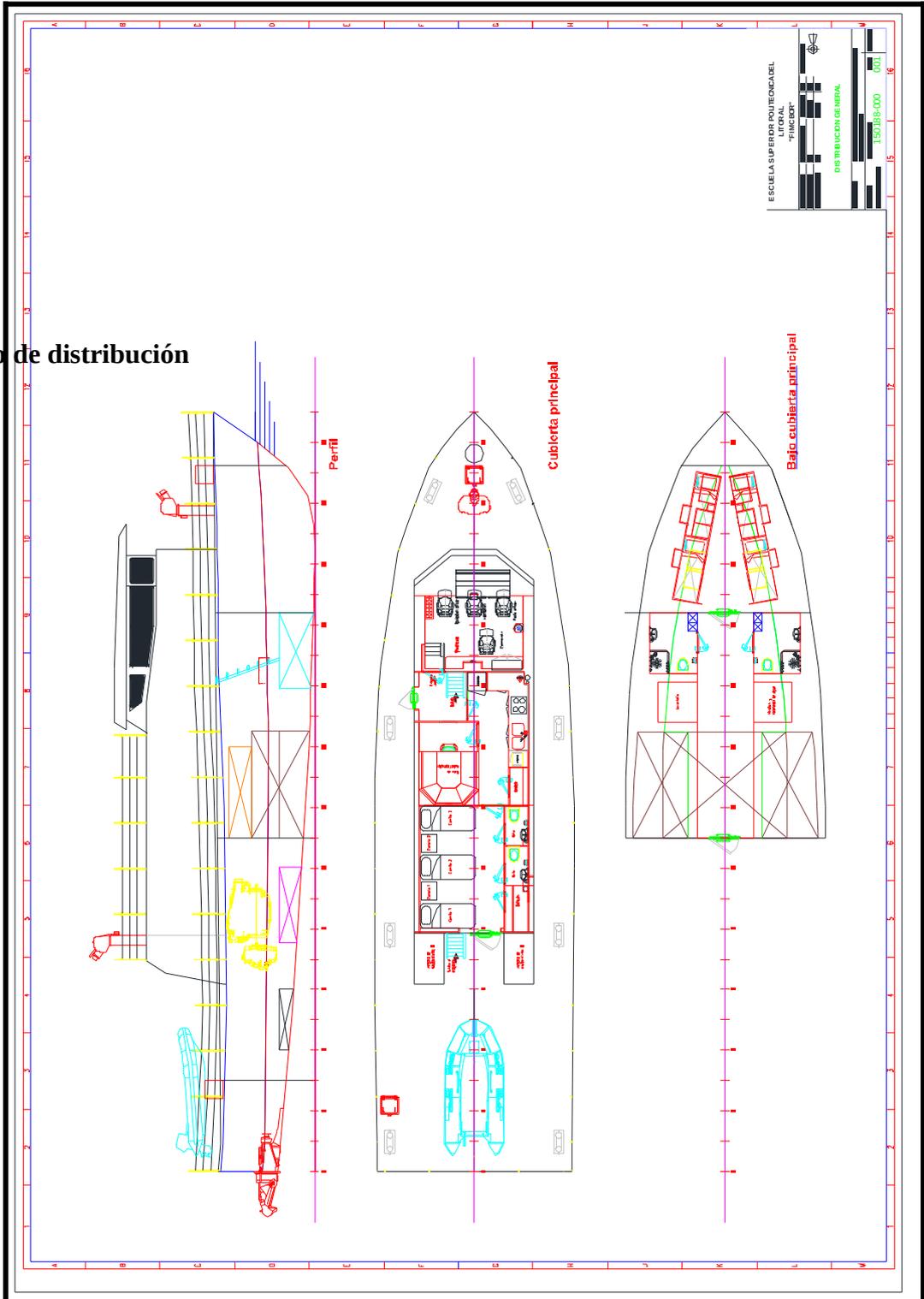
A continuación, se indica la distancia mínima que debe de tener de visión avante de la embarcación, está distancia debe de ser dos veces la eslora de la embarcación o 500mts, la que resulte menor:

Rango de visión avante propuesto por la ABS.



Fuente: American Bureau of Shipping.

Plano de distribución



Fuente: E

ANEXO “G”

ESTRUCTURAS

A continuación, se detallan las partes de donde se obtuvieron los valores para el escantillonado del buque que fueron tomadas de la regla de la ABS: Rules for Building and Classing, High-Speed Craft 2014, Part 3, Hull construction and equipment.

PARTE 3, CAPITULO 2, SECCIÓN 1

RESISTENCIA LONGITUDINAL

Modulo seccional:

El modulo seccional en sección media, no puede ser menor que el calculado con las siguientes formulas:

$$SM = C_1 C_2 L^2 B (C_B + 0.7) K_3 CQ [cm^2 - m]$$

Donde:

$$C_1 = 0.44 L + 3.75 \rightarrow L < 90 m \rightarrow C_1 = 4.77 [m]$$

$$C_2 = 0.01$$

$$K_3 = 0.70 + 0.30 \left(\frac{V/\sqrt{L}}{2.36} \right) \rightarrow 1 < K_3 < 1.3 \rightarrow K_3 = 1.3$$

$$C = 0.90 \text{ (valor para buques de aluminio)}$$

$$\sigma_u = 275 [N/mm^2] \rightarrow \sigma_y = 125 [N/mm^2]$$

$$Q_0 = 635 / (\sigma_y + \sigma_u) = 635 / (125 + 275) = 1.5875$$

$$q_5 = 115 / \sigma_y = 115 / 125 = 0.92$$

$$Q = (0.9 + q_5) > Q_0 \rightarrow Q = 1.82$$

$$SM = 416.78 [cm^2 - m]$$

Momento de inercia:

El momento de inercia se obtiene con la siguiente ecuación:

$$I = \frac{\frac{L}{QC} * SM}{K} [cm^2 - m^2]$$

Donde:

$$C = 0.9$$

$$Q = 1.82$$

$$SM = 416.78 [cm^2 - m]$$

$$K = 13.33$$

Reemplazando:

$$I = 440.69 [cm^2 - m^2]$$

PARTE 3, CAPITULO 2, SECCIÓN 2

PRESIÓN DE DISEÑO:

Las variables a usar aparte de las constantes del buque son las siguientes:

Donde:

$$N_1 = 0.1$$

$$N_2 = 0.0078$$

$$N_3 = 9.8$$

$$n_{cg} = 2.15$$

$$F_D = 0.4$$

$$F_v = 0.635$$

$$H = 4.05$$

PRESIÓN DE DISEÑO DE FONDO

Presión del fondo por slamming:

$$p_{bcg} = \frac{N_1 \Delta}{L_w B_w} [1 + n_{cg}] F_D [kN/m^2]$$

$$p_{bcg} = 98.7 [kN/m^2]$$

Presión del fondo por slamming para buques menores de 61mts:

$$p_{bcx} = \frac{N_1 \Delta}{L_w B_w} [1 + n_{cg}] F_D F_v [kN/m^2]$$

$$p_{bcx} = 61.69 [kN/m^2]$$

Presión hidrostática

$$p_d = N_3 (0.64 H + d) [kN/m^2]$$

$$p_d = 45 [kN/m^2]$$

PRESIÓN DE DISEÑO DE COSTADO Y ESPEJO:

Las variables que se usan son:

$$N_1 = 0.1$$

$$N_3 = 9.8$$

$$n_{xx} = 3.01$$

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

$$\beta_{cg} = 23.4^\circ$$

$$H_s = 4.62$$

$$y=2$$

$$C_F=0.29$$

$$\alpha=32.18^\circ$$

$$\beta=32.18^\circ$$

$$F_a=3.25$$

Presión por slamming:

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

$$p_{sxx} = 44.49 [kN/m^2]$$

Presión hidrostática

$$p_s = N_3 (H_s - y) [kN/m^2]$$

$$p_s = 25.68 [kN/m^2]$$

Presión del extremo de proa

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

$$p_{sf} = 7.5 [kN/m^2]$$

PRESIONES DE DISEÑO EN LAS CUBIERTAS

- Para cubiertas expuestas: 12.22 kN/m².
- Para cubiertas en superestructuras: 8.41 kN/m².
- Para cubiertas en espacios habitables: 5 kN/m².

PRESIONES DE DISEÑO EN LA SUPERESTRUCTURA

- Para planchaje frontal, 37.9 kN/m².
- Para refuerzos del planchaje frontal, 24.1 kN/m².

- Para planchaje a popa y laterales, 13.8 kN/m².
- Para refuerzos del planchaje a popa y laterales 10.3 kN/m².
- Planchaje y refuerzos superiores, a proa de sección media, 8.6 kN/m².
- Planchaje y refuerzos superiores, a popa de sección media, 6.9 kN/m².

PRESIONES DE DISEÑO DE LOS MAMPAROS ESTRUCTURALES

Mamparos estructurales de tanques

El resultado de esta presión, es la mayor de las siguientes:

$$p_t = N_3 h [kN/m^2]$$

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

Valores tabulados para los mamparos de tanques.

	Tanque de diesel central	Tanque de diesel diario	Tanque de agua dulce	Tanque de aguas negras
Peso específico ρg	1.01	1.01	1.01	1.01
h	0	0	0	0
	0.792	0.22	1.42	1.16
	0.46	0.46	0.46	0.46
Pt (kN/m ²)	7.76	4.51	13.93	11.37

Fuente: Elaboración propia.

Mamparos estructurales

Se calcula con la siguiente formula:

$$p_t = N_3 h [kN/m^2]$$

- Presión del mamparo del servo, 21.66 kN/m².
- Presión del mamparo de sala de máquinas, 28.42 kN/m².
- Presión del mamparo de habitabilidad, 27 kN/m².
- Presión del mamparo del peak de proa, 23.72 kN/m².

PARTE 3, CAPITULO 2, SECCIÓN 3

PLANCHAJE

Espesor

En esta sección, tomamos las presiones de cada uno de los ítems mostrados en el capítulo anterior, para poder determinar el espesor, con las formulas dadas por la sociedad clasificadora.

Todos los espesores, se calcularan con la siguiente formula:

$$t = s \sqrt{\frac{pk}{1000 \sigma_a}} [mm]$$

De donde se tienen los siguientes valores:

Valores tabulados para los espesores de plancha.

Sección	Presión (kN/m ²)		σ_a (N/mm ²)		Espesor	
Fondo	Pbxx	61.69	σ_a	112.5	t(mm)	5.8
	Pd	45	σ_a	68.75	t(mm)	6.33
Costado	Psxx	44.49	σ_a	112.	t(mm)	4.92
	Ps	25.68	σ_a	68.75	t(mm)	4.78
Cubierta	1)	12.22	σ_a	75	t(mm)	3.1
	2)	8.41	σ_a	75	t(mm)	2.62
	3)	5	σ_a	75	t(mm)	2.02
Superestructura	1)	37.9	σ_a	75	t(mm)	5.56
	2)	24.1	σ_a	75	t(mm)	4.44
	3)	13.8	σ_a	75	t(mm)	3.36
	4)	10.3	σ_a	75	t(mm)	2.9
	5)	8.6	σ_a	75	t(mm)	2.65
	6)	6.9	σ_a	75	t(mm)	2.37
Mamparos de los tanques	Comb. central	7.76	σ_a	75	t(mm)	2.52
	Comb. Diario	4.51	σ_a	75	t(mm)	1.92
	Agua dulce	13.93	σ_a	75	t(mm)	3.37
	Aguas negras	11.37	σ_a	75	t(mm)	3.05
	Agua sentina	9	σ_a	75	t(mm)	2.71
Mamparos	Servo	21.66	σ_a	118.75	t(mm)	3.34

estructurales	Sala de máquinas	28.42	σ_a	118.75	t(mm)	3.83
	Habitabilidad	27	σ_a	118.75	t(mm)	3.73
	Peak de proa	23.72	σ_a	118.75	t(mm)	3.50

Fuente: Elaboración propia.

De estos valores, se toma el mayor para cada sección y se lo multiplica por un 15% que se toma como factor de seguridad.

PARTE 3, CAPITULO 2, SECCIÓN 4

INTERNAS

Resistencia y rigidez

Los módulos seccionales de los refuerzos de las planchas de cada sección se obtuvieron de la siguiente formula:

$$SM = \frac{83.3 \text{ ps l}^2}{\sigma_a} [\text{cm}^3]$$

Valores tabulados para los elementos estructurales.

Elemento	Presión (kN/m ²)		σ_a (N/mm ²)		Modulo seccional (cm ³)	
Longitudinales del fondo	Slamming	61.69	σ_a	81.25	2.72	cm ³
	Hidrostática	45	σ_a	62.5	2.57	cm ³
Longitudinales del costado	Slamming	44.49	σ_a	75	2.12	cm ³
	Hidrostática	25.68	σ_a	62.5	1.47	cm ³
Longitudinales de la cubierta	Slamming	12.22	σ_a	41.25	1.06	cm ³
	Hidrostática	8.41	σ_a	50	0.6	cm ³
Transversales del fondo	Slamming	61.69	σ_a	100	51.4	cm ³
	Hidrostática	45	σ_a	75	50	cm ³
Transversales del costado	Slamming	44.49	σ_a	100	37.05	cm ³
	Hidrostática	25.68	σ_a	75	28.52	cm ³
Transversales de cubierta	Slamming	12.22	σ_a	93.75	10.86	cm ³
	Hidrostática	8.41	σ_a	93.75	7.47	cm ³
Mamparos estancos		28.42	σ_a	106.25	0.95	cm ³

Mamparos tanques	13.93	σ_a	75	0.66	cm^3
Superestructura	37.90	σ_a	87.5	1.55	cm^3

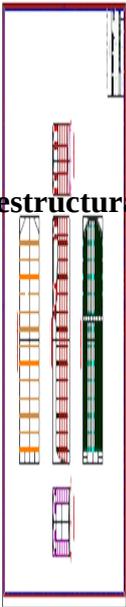
Fuente: Elaboración propia.

Plano estructural del casco



Fuente: EL

Plano estructural de la superestructura



Fuente: Elaboración propia.

ANEXO “H”

FONDEO

A continuación se detallan los cálculos usados para la obtención del peso del ancla para el diseño, estos datos se pueden encontrar en la Parte 3, Capítulo 05, Sección 1.3 de la guía de diseño de la ABS para buques de alta velocidad.

Antes de la obtención del peso del ancla, es necesario determinar, número de equipamiento de la embarcación que se lo obtiene a partir de la siguiente fórmula:

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

Donde:

$$k = 1$$

$$m = 2$$

$$n = 0.1$$

$$\Delta = \text{desplazamiento en toneladas.}$$

$$B = \text{manga, metros}$$

$$h = \text{altura desde la cubierta principal de las distintas cubiertas del buque, sobre la cubierta principal.}$$

$$a = \text{francobordo, en metros.}$$

$$A = \text{área del perfil sobre la línea de agua de flotación, en m}^2\text{.}$$

$$b = \text{manga de la superestructura, en metros.}$$

Entonces reemplazando tenemos:

$$EN = 1 * 117^{\frac{2}{3}} + 2 ((6.7 * 1.47) + (4 * 2.57)) + (0.1 * 99.92) = 74.172$$

BIBLIOGRAFÍA

- [1] González Álvarez-Campana, José María., Formas de cascos de embarcaciones rápidas, Ministerio de Defensa: Canal de Experiencias Hidrodinámicas, Madrid, 1991.
- [2] American Bureau of Shipping, Rules for building and classing Offshore support vessels Part 5, ABS, Houston, 2014.
- [3] American Bureau of Shipping, Rules for building and classing High-Speed Craft, ABS, Houston, 2014.
- [4] Gutiérrez Wilson, Kléber Jacinto., Diseño preliminar de un remolcador prototipo para la Armada Nacional, ESPOL, Guayaquil, 2003.
- [5] Referencia: http://es.wikipedia.org/wiki/Atributos_de_la_carena_derecha
- [6] Murillo B., Luis M., El cálculo de las curvas hidrostáticas para los navíos nacionales, San José de Costa Rica, 1991.
- [7] Armenteros Rodríguez, Iván., Cálculo de botadura gabarra de 4000 TPM, Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2011.
- [8] Belmonte Rodríguez, Pablo., Programa de las curvas hidrostáticas para un buque en su condición de adrizado, realizado con MATLAB., Universidad Politécnica de Cartagena, Cartagena, 2013.
- [9] Román Pavón, José Antonio., Anteproyecto de petrolero de crudo de 110000 TMP; Universidad de Cádiz, Cádiz, 2008.
- [10] National Fire Protection Association., Norma para la instalación de bombas estacionarias de protección contra incendio; 2007.

[11] Fire Pump Installation and Testing, NYC Buildings; New York City, United States of America 2010.