



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
FACULTAD DE INGENIERÍA MARÍTIMA Y CIENCIAS BIOLÓGICAS,
OCEÁNICAS Y DE RECURSOS NATURALES

“DISEÑO DE UNA EMBARCACIÓN ATUNERA DE 900 TM DE CARGA”

INFORME DE MATERIA INTEGRADORA

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO NAVAL

JORGE JAMIL MOREIRA QUIROZ

JAIME GUILLERMO ANDRADE CAJAS

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2015

Agradecimiento

A Dios por haberme mostrado su rostro.

A mis padres, Carlos y Soraya, por toda la paciencia y el amor que me han
dado todos estos años.

A mis hermanos, Jhonn, Ana, Lucio y Carlos, por estar siempre conmigo.

A mi tutor, el Ing Franklin J. Dominguez por hacer esto posible, brindarme
sus conocimientos y su amistad.

A mi familia espiritual, mi agrupación "San Benito", y mis amigos, por el
regalo de la amistad y hacerme la carga más ligera.

Jaime Guillermo Andrade Cajas.

AGRADECIMIENTO

A mi Madre, por su amor, paciencia y dedicación, por ser la gestora de esta meta alcanzada.

A mi Padre, por su amor hasta el último día de su vida, por ser mi inspiración y mi guía hasta el final.

A mis hermanos, José, Jandry y Luisana, por su apoyo incondicional.

Al Ing. Miguel Fierro, Ing Patrick Townsend, Alessandro Bullo E. por todo su apoyo y amistad brindada en el transcurso de esta etapa de mi vida.

A mi tutor, Ing Franklin J. Dominguez, por su esmero y dedicación para sacar adelante este Proyecto.

A mi amada María Fernanda Zurita, por ser un pilar fundamental en las bases de este logro.

Jorge Jamil Moreira Quiroz

Dedicatoria

A Dios,

A mis padres,

A mis hermanos,

A mi futura esposa e Hijos, desde ya,
están en mis oraciones.

Jaime Guillermo Andrade Cajas.

Dedicatoria

A mi Madre,

A mi Padre,

A mi Esposa, Maria Fernanda Z.

A ti hija amada, Ciarita Gisselle,

motor de mi vida.

Jorge Jamil Moreira Quiroz.

TRIBUNAL DE GRADO

Ing. Nav. Franklin J. Domínguez

Director de Tesis

Ing. Nav. Hugo Jama

Miembro del Tribunal

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por las ideas y doctrinas expuestas en este proyecto, corresponden exclusivamente a su autor(s), y el patrimonio intelectual de la Proyecto de Grado corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la
ESPOL)

Jorge Jamil Moreira Quiroz

Jaime Guillermo Andrade Cajas

RESUMEN

El Ecuador es un país, el cual su flota naval, en su mayoría se dedica a la pesca, la gran mayoría de las embarcaciones industriales, son diseñadas y construidas en astilleros de distintas partes del mundo, menos en Ecuador.

Con este proyecto se pretende dar una propuesta, basada en reglamentos de construcción Naval, y estudios estadísticos para que ese nicho de mercado tome impulso y comencemos a liderar entre los más grandes y mejores astilleros del mundo, aprovechando la excelente ubicación Geográfica que poseemos.

En el Capítulo I, se planificaron varias etapas para llegar al diseño definitivo, según los requerimientos del armador, se necesita una embarcación que cargue 900 toneladas de atún. Se realizó una recopilación de planos y memorias técnicas de embarcaciones atuneras de diferentes empresas Ecuatorianas, para lograr armar una amplia base de datos y así obtener resultados con regresiones. Se obtuvo una embarcación de 61 m de eslora, 11,34 m de manga y puntal 5,6 m.

Con el uso de reglas de Sociedades clasificadoras (ABS y Lloyd's Register), los resultados obtenidos mediante métodos regresionales, fueron confirmados o recalculados, y así hasta llegar a un diseño preliminar.

En el Capítulo II, Una vez hechas las modificaciones respectivas, para que la embarcación cumpla con todo lo requerido por los organismos internacionales, se distribuyen los pesos, Luego se calculan los elementos estructurales de acuerdo a lo normado por las Sociedades Clasificadoras.

Se calcularon los escantillones de la embarcación usando las normas de Construcción, tomando en cuenta de que este cálculo es preliminar y será rectificado mediante el uso de Softwares.

Se realizó el cálculo de resistencia de la embarcación a diferentes velocidades y se lo validó mediante el uso de Softwares. Se diseñó de manera preliminar elementos del sistema propulsor.

Para finalizar este capítulo, se seleccionan los elementos de los sistemas auxiliares y equipo de amarre y fondeo, utilizando normas de construcción de Sociedades Clasificadoras y la Organización Marítima Internacional.

En el Capítulo III, se ha realizado el diseño definitivo de la embarcación. Se definieron funciones objetivo para realizar la optimización del proyecto, todas estas funciones tienen la finalidad de reducir el costo constructivo y mejorar el consumo de combustible de la nave.

Se realizó el cálculo de aislamiento de la embarcación, para que los espacios de habitabilidad tengan los niveles de ruido permisible según el convenio

SOLAS. Además se diseñaron los espacios de habitabilidad utilizando las recomendaciones de las sociedades de clasificación.

Mediante el Uso del Software SAP2000, se optimizo el escantillonado de la embarcación, verificando que los esfuerzos generados en la estructura, no superen los permisibles, de igual forma que la frecuencia natural del conjunto analizado no sea inferior a la “Blade Frequency”.

Se realizó un cálculo más avanzado de la resistencia de la embarcación junto con el diseño completo y optimizado del sistema propulsor, se utilizó el software Ansys Fluent para realizar una comprobación de los cálculos realizados anteriormente.

En el capítulo IV, para concluir, se calcularon los costos de producción por grupo tecnológico de la embarcación considerando análisis de optimización, se revisó la factibilidad del proyecto. Una vez culminado el análisis técnico se realizó un estudio de toma de decisiones, el cual tiene como análisis el costo constructivo y el costo de adquisición de materiales.

En este capítulo también se analizó la forma en que se construirá la embarcación y cuan confiable es este tipo de construcción.

Contenido

RESUMEN	VIII
Índice de Figuras	XVII
Índice de Tablas.....	XXII
Índice de Anexos	XXXII
Abreviaturas y Siglas	XXXIV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO I	5
1 DISEÑO CONCEPTUAL DE UN BUQUE ATUNERO DE 900 TONELADAS DE CARGA	5
1.1 Alcance del Proyecto	6
1.2 Requerimientos del armador.....	8
1.3 Selección de Dimensiones Principales	11
1.4 Determinación de la velocidad conceptual.....	16
1.5 Determinación de la potencia y la capacidad de combustible conceptual.	18
1.6 Espacios de Habitabilidad.....	20
1.7 Estimación regresional de costos por grupo tecnológico	21
1.8 Análisis de resultados obtenidos	23

CAPITULO II.....	25
2 DISEÑO PRELIMINAR DE UNA EMBARCACIÓN ATUNERA DE 900 TONELADAS DE CARGA.....	25
2.1 Líneas de formas	26
2.1.1 Parámetros básicos de las formas	28
2.2 Desagregación de Pesos y distribución General	49
2.2.1 Desagregación de pesos.....	49
2.2.2 Distribución General.....	52
2.3 Cálculos Hidrostáticos y estabilidad	56
2.3.1 Cálculos hidrostáticos	56
2.3.2 Estabilidad.....	61
2.4 Análisis Estructural	65
2.4.1 Calculo Estructural	65
2.5 Cálculo de resistencia y propulsión	102
2.5.1 Resistencia de la embarcación	102
2.5.2 Propulsión de la embarcación	107
2.6 Sistemas auxiliares.....	109
2.6.1 Equipos de amarre y Fondeo	109
2.6.2 Sistema de combustible	118

2.6.3	Sistema de Escape	135
2.6.4	Sistema Contra Incendio	145
2.6.5	Sistema de Achique	154
2.6.6	Sistema de Agua Dulce	162
2.6.7	Sistema de frio	172
2.6.8	Sistema de Ventilación	185
2.7	Selección del grupo Electrónico	194
2.8	Análisis de Resultados	198
Capítulo III		201
3	Diseño definitivo: Optimización del Diseño	201
3.1	Diagrama de Flujo del desarrollo de la Optimización de Formas... ..	202
3.1.1	Selección de Variables a Optimizar	203
3.1.2	Selección de la función Objetivo	203
3.1.3	Selección de restricciones	205
3.1.4	Aplicación de métodos de optimización	207
3.1.5	Consumo de Combustible	216
3.2	Optimización de la estructura del Buque	217
3.2.1	Determinación de la función objetivo	217
3.2.2	Variables de diseño	219

3.2.3	Restricciones.....	220
3.2.4	Análisis estructural de la embarcación don Timoshenko utilizando el Metodo de elementos finitos.....	245
3.3	Espacios de Habitabilidad y Confort.....	271
3.3.1	Proceso de Aislamiento.....	271
3.3.2	Calculo de pesos y centroide	288
3.3.3	Ergonomía.....	290
3.4	Sistema de propulsión Optimizado	293
3.4.1	Tip Speed.....	297
3.4.2	Cavitación	298
3.4.3	Comprobación con NAVCAD	299
3.4.4	Comprobación de la resistencia mediante CFD	302
3.4.5	Huelgos de la Hélice	318
3.4.6	Cálculo del Peso de La hélice	319
3.4.7	Diseño del Eje	323
3.5	Cálculo de arqueo.....	339
3.5.1	Arqueo en Bruto.....	339
3.5.2	Arqueo Neto (TRN)	340
3.6	Dotación Mínima de Seguridad.....	342

3.7	Maniobrabilidad y Gobierno	344
3.7.2	Optimización	348
3.7.3	Rating de la embarcación.....	355
3.7.4	Dimensiones del Timón.....	358
3.8	Análisis de comportamiento del buque en el mar.	358
3.9	Análisis de resultados obtenidos	362
	364
	Capítulo IV	364
4	Producción y análisis económico	364
4.1	Estimación de costos	365
4.1.1	Costos por Estructura.....	365
4.1.2	Costo por otros grupos o sistemas.....	375
4.2	Factibilidad de proyecto	379
4.2.1	Amortización del proyecto	379
4.3	Planificación de Proyecto.....	383
4.4	Factores que influyen en la toma de decisiones	387
4.4.1	Árbol de decisiones	387
4.4.2	Confiabilidad del Proyecto.....	389
4.4.3	Principios Básicos de la evaluación de riesgos.....	390

4.5	Análisis de resultados obtenidos	395
	CONCLUSIONES	396
	RECOMENDACIONES.....	399
	ANEXOS.....	401
	Bibliografía	560

Índice de Figuras

Figura No. 1.- Espiral de Diseño	7
Figura No. 2 Curva de regresión para Obtener la Eslora referencial	13
Figura No. 3.- Curva Eslora vs L/B	15
Figura No. 4.- Curva Eslora vs L/D	15
Figura No. 5.- Curva Velocidad vs Eslora	17
Figura No. 6.- Potencia vs Eslora	18
Figura No. 7.- Eslora vs Capacidad de combustible	19
Figura No. 8.- Prototipo de buque atunero.....	26
Figura No. 9.- Modelo del buque proyecto.....	27
Figura No. 10.- Angulo de salida del Buque	29
Figura No. 11.- Angulo de entrada del buque	30
Figura No. 12.- Dimensionamiento del bulbo.....	31
Figura No. 13.- Dimensiones del Motor	33
Figura No. 14.- Embarcación atunera con bulbo de popa.....	34
Figura No. 15.- Plano de Formas del Buque DON TIMOSHENKO	39
Figura No. 16.- Modelo 3D del "DON TIMOSHENKO"	40
Figura No. 17.- Altura de la proa.....	46
Figura No. 18.- Esquema de Reserva de Flotabilidad	47
Figura No. 19.- Reserva de flotabilidad, buque proyecto	48
Figura No. 20.- Distribución de Tanques y Cubas de pescado	53
Figura No. 21.- Distribución General.....	55

Figura No. 22.- Curva de Brazo Adrizante	61
Figura No. 23.-Rayado estructural en vista de perfil	69
Figura No. 24.- Rayado estructural en vista de planta cubierta superior	70
Figura No. 25.- Rayado estructural en vista de planta de cubierta principal .	71
Figura No. 26.- Rayado estructural en vista de planta de doble fondo	72
Figura No. 27.- Vista isometrica del cuadernaje,Web Frame y maparos de la embarcacion	73
Figura No. 28.- Datos de la embarcación en ssc.	74
Figura No. 29.- Condiciones de carga ssc	75
Figura No. 30.- Variables para calculo de escuadras	89
Figura No. 31.- Escuadras en Cubierta Principal.....	90
Figura No. 32.- Escuadras Cubierta Superior	91
Figura No. 33.- Puntales	94
Figura No. 34.- Cargas sobre cubiertas	101
Figura No. 35.- Curva Resistencia vs Velocidad.....	106
Figura No. 36.- Espacios posibles para la hélice	107
Figura No. 37.- Motor y Hélice	108
Figura No. 38.- Modo para calcular el área transversal	110
Figura No. 39.- Alturas y otras dimensiones	111
Figura No. 40.- Anclas	112
Figura No. 41.- Dimensiones del Pañol de Cadena	114
Figura No. 42.- Diseño del sistema de combustible.....	120

Figura No. 43.- Sistema de combustible.....	121
Figura No. 44.- Ramal de combustible.....	134
Figura No. 45.- Sistema de escape del motor.....	136
Figura No. 46.- Dimensiones del Silenciador.....	142
Figura No. 47.- Ruido del silenciador.....	144
Figura No. 48.- Diagrama Funcional, Perfil.....	147
Figura No. 49.-Diagrama Funcional, cubierta superior	148
Figura No. 50.- Diagrama Funcional, Planta Doble Fondo	149
Figura No. 51.-Bomba pedrollo F 80/200AR 22KW 15HP	148
Figura No. 52.- Suma de Ramales.....	149
Figura No. 53.- Suma de Cabezales en serie	151
Figura No. 54.-Curvas de la bomba del Catálogo Pedrollo.....	153
Figura No. 55.- Diagrama Direccional.....	155
Figura No. 56.- Diagrama de Circuitos de Achique.....	156
Figura No. 57.-Bomba centrifuga F 80/160D de 15 HP	158
Figura No. 58.-Equilibrio de Cabezales	159
Figura No. 59.-Curvas de la bomba del Catálogo Pedrollo.....	161
Figura No. 60.- Circuitos de Agua dulce	163
Figura No. 61.- Equilibrio del Sistema de ramales de Agua Dulce.....	167
Figura No. 62.-Bomba NF 128B, Trifasica, de 0.85 HP.	169
Figura No. 63.- Diagrama p-h del amoniaco	180
Figura No. 64.- Calor perdido por potencia.....	188

Figura No. 65.- Calor expulsado tubería de escape.....	190
Figura No. 66.- Diagrama de Flujo del proceso de Optimización.....	202
Figura No. 67.- Desplazamiento vs Eslora.....	205
Figura No. 68.-Division en Bloques de la Embarcacion Don Timoshenko ..	224
Figura No. 69.- Curvas para calcular el Modulo Seccional	231
Figura No. 70.- Rayado estructural para importar a SAP.....	246
Figura No. 71.- Distribución de presiones en la estructura del Buque	247
Figura No. 72.- Geometría de los frames a utilizarse en el diseño	251
Figura No. 73.- Modificación por conjunto plancha asociada.....	256
Figura No. 74.- Condiciones de Frontera para los Nodos.....	258
Figura No. 75.- Resultados de Sap200.....	259
Figura No. 76.- Esfuerzo σ_y sobre planchas de costado	260
Figura No. 77.- Esfuerzo σ_y sobre planchas de la embarcacion	261
Figura No. 78.-Esfuerzo sobre vigas de cuadernas Maestra	262
Figura No. 79.-Deformacion en Nodos Cuaderna Maestra.....	263
Figura No. 80.- Método gráfico para la suma de decibeles.....	281
Figura No. 81.- Modelado de espacio de sala de máquinas	284
Figura No. 82.- Caseta del buque pesquero	288
Figura No. 83.- Curva optimizada de motor y hélice	301
Figura No. 84.- Curva de eficiencia y coeficientes K_t y K_q	302
Figura No. 85.- Modelo volumétrico en Rhinoceros	305
Figura No. 86.- Modelo en ANSYS GEOM	305

Figura No. 87.- Mallado del modelo	307
Figura No. 88.- Fluent Launcher	309
Figura No. 89.- Elementos a completar en el fluent	310
Figura No. 90.- Comparación de resultados CFD	313
Figura No. 91.-Curva de convergencia	314
Figura No. 92.- Variación de la velocidad de las partículas	316
Figura No. 93.- Cambio de la velocidad en a la entrada y la salida del modelo.	317
Figura No. 94.- Huelgos de la hélice	318
Figura No. 95.- Disposiciones para el eje propulsor	326
Figura No. 96.- Tabla para los valores de la ecuación de 3 momentos	328
Figura No. 97.- Deformación del eje propulsor	331
Figura No. 98.- Deformación del Eje.....	335
Figura No. 99.- Reacciones por SAP2000	336
Figura No. 100.- Analisis de plano diametral	346
Figura No. 101.- Datos a comprobar en maniobrabilidad	348
Figura No. 102.- División de Bloques para Cálculos estructurales	368
Figura No. 103.- Diagrama de Grant.....	386
Figura No. 104.- Causas de Accidentes	392

Índice de Tablas

Tabla I.-Puertos de desembarque.....	2
Tabla II.- Requerimientos del armador.....	8
Tabla III.- Base de datos.....	11
Tabla IV.- Eslora referencial.....	14
Tabla V .- Dimensiones Iniciales.....	16
Tabla VI.- Dimensiones y Características principales	19
Tabla VII.- Espacios de acomodación.....	20
Tabla VIII.- Regresión por grupos tecnológicos para el precio del buque.....	22
Tabla IX.- Coeficientes del buque.....	27
Tabla X.- Datos referenciales del Bulbo de Proa	31
Tabla XI.- Valores necesarios para el cálculo	35
Tabla XII.- Resultados de los cálculos adimensionales	37
Tabla XIII.- Coeficientes de formas de DON TIMO	38
Tabla XIV.- Datos de entrada para el cálculo de francobordo	42
Tabla XV.- Resultados Regla 28 FB.	43
Tabla XVI.-Resultados regla 31 FB.....	43
Tabla XVII.- Resultados regla 37 FB.....	44
Tabla XVIII.- Tabla para curva de arrufo normal	44
Tabla XIX.- Cálculo de Regla 38.....	45
Tabla XX.- Regla 39 FB	46
Tabla XXI.- Reserva de flotabilidad.....	48

Tabla XXII.- Datos de entrada para estimación de pesos.....	49
Tabla XXIII.- Peso en rosca del buque	50
Tabla XXIV.- Peso ligero del buque	51
Tabla XXV.- Peso total en condición de salida y llegada a Puerto.....	51
Tabla XXVI.- Distribución de peso del barco	57
Tabla XXVII.- Coeficientes hidrostáticos para las condiciones de carga	59
Tabla XXVIII.- Ángulos de Escora.....	61
Tabla XXIX.- Criterios de Estabilidad.....	62
Tabla XXX.- Datos de entrada que vamos a usar para los cálculos comparativos.....	78
Tabla XXXI.- Tabla de coeficientes para modulo seccional	79
Tabla XXXII.-Modulo Seccional SM Mínimo	80
Tabla XXXIII.- Momento de Inercia en SM Mínimo	80
Tabla XXXIV.- Espesor en Plancha de Fondo	81
Tabla XXXV.-Espesor en fondo de Proa.....	82
Tabla XXXVI.- Espesor en Doble Fondo.....	82
Tabla XXXVII .-Espesor en inner botton	83
Tabla XXXVIII.- Espesor en Costado.....	84
Tabla XXXIX.- Espesor en Cubierta de Francobordo	84
Tabla XL .- Espesor en Cubierta Principal	85
Tabla XLI .-Comparación de Momentos ABS vs SSC	86
Tabla XLII.- Comparación de Geometría de refuerzos	87

Tabla XLIII.- Datos de entrada para Cálculo de Mamparos	88
Tabla XLIV.- Calculo de escuadras Cubierta Principal	91
Tabla XLV.- Calculo de escuadras Cbta Superior.....	92
Tabla XLVI .- Calculo de escuadras en popa.....	92
Tabla XLVII .- Datos de entrada Cálculo de puntales	94
Tabla XLVIII.- Datos de entrada Cálculo de puntales	95
Tabla XLIX .- Datos de entrada Cálculo de puntales	95
Tabla L.- Geometría del puntal	96
Tabla LI.- Datos de Entrada.....	96
Tabla LII .-Carga Sobre puntal de Cubierta Superior.....	97
Tabla LIII .-Geometría del puntal	98
Tabla LIV .- Calculo de la Carga en el puntal	98
Tabla LV.-Carga Sobre puntal de Cubierta Principal	99
Tabla LVI.- Geometría del puntal.....	99
Tabla LVII.-Calculo de la Carga en el puntal	100
Tabla LVIII.- Datos de entrada para el cálculo de resistencia	102
Tabla LIX.- Cálculos de Resistencia	105
Tabla LX.- Consumo de combustible en el tiempo.....	125
Tabla LXI.- Temperatura de mezcla de combustible.....	126
Tabla LXII.- Variación de altura de combustible en el tanque	127
Tabla LXIII.- Transferencia de calor del tanque al ambiente.....	129
Tabla LXIV.- Pérdida de potencia del motor	131

Tabla LXV.- Información requerida para el cálculo de la bomba de combustible	132
Tabla LXVI.- Flujo de combustible	133
Tabla LXVII.- Datos de entrada para cálculo de cabezal	146
Tabla LXVIII.- Cabezal de Empalme.....	147
Tabla LXIX.- Datos de Entrada para la cavitación del sistema contra incendio	152
Tabla LXX.-Datos de entrada para calculo Sistema de Achique	157
Tabla LXXI.- Cálculo de Cabezal en Achique	158
Tabla LXXII.- Datos de entrada para cálculo de Cavitación.....	160
Tabla LXXIII.-Consumo de Agua promedio	165
Tabla LXXIV.- Datos de entrada para el sistema de Agua Dulce	165
Tabla LXXV.- Calculo de cabezales antes del empalme	166
Tabla LXXVI.- Flujo final en Ramales 1 y 2	168
Tabla LXXVII.- Datos de entrada para cálculo de presión de succión	170
Tabla LXXVIII.- Pérdidas de calor en la bodega	175
Tabla LXXIX.- Valores para cálculos en sistema de frio	177
Tabla LXXX.- Explicación del diagrama P-h del amoniaco	181
Tabla LXXXI.- Cálculo del grupo electrógeno	195
Tabla LXXXII.-Cálculo del grupo electrógeno	196
Tabla LXXXIII.- Calculo del Generador.....	197
Tabla LXXXIV.- Modelos usados en la regresión.....	204

Tabla LXXXV .-Restricciones de Holtrop	206
Tabla LXXXVI Resultados y comparación de Optimización.....	207
Tabla LXXXVII.- Resistencia friccional.....	208
Tabla LXXXVIII.- Resistencia por apéndice	209
Tabla LXXXIX.- Resistencia por olas	209
Tabla XC.- Resistencia por bulbo	210
Tabla XCI.- Resistencia por espejo sumergido	210
Tabla XCII.- Resistencia por correlación.....	210
Tabla XCIII .-Resistencia total.....	211
Tabla XCIV.- Diferencia entre resistencias	211
Tabla XCV.- Modelos usados para la interpolación de KN	211
Tabla XCVI.- Tabla de puntos KN de los modelos.....	212
Tabla XCVII.- Calculo del GZ y áreas bajo la curva.....	213
Tabla XCVIII.- Comparación de restricciones	213
Tabla XCIX.- Calculo del GMt.....	215
Tabla C.- Calculo y comparación del Costo de la estructura de la embarcación	215
Tabla CI.- Calculo y comparación del consumo de combustible.....	216
Tabla CII.- Frecuencias Criticas para zonas cerca de la hélice	222
Tabla CIII.- Frecuencias para zonas alejadas de la Hélice	223
Tabla CIV.- Datos de entrada del compartimento	225
Tabla CV.- Variables de diseño	226

Tabla CVI.- Espaciamiento entre Refuerzos	226
Tabla CVII.- Longitudes no Soportada.....	227
Tabla CVIII.- Restricción razón de aspecto.....	227
Tabla CIX.- Frecuencias naturales mínimas en cada sector.....	228
Tabla CX.- Módulos seccionales de los elementos.....	229
Tabla CXI.- Resumen de propiedades de los refuerzos	230
Tabla CXII.-Calculo de espesores de Cubierta	231
Tabla CXIII.- Cálculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.	232
Tabla CXIV.- Tabla de Frecuencias Naturales.....	233
Tabla CXV.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos.....	233
Tabla CXVI .- Resumen de propiedades de los refuerzos	234
Tabla CXVII.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.....	234
Tabla CXVIII.- Tabla de Frecuencias Naturales.....	235
Tabla CXIX.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos.....	235
Tabla CXX.- Resumen de propiedades de los refuerzos	236
Tabla CXXI.-Tabla de Frecuencias Naturales.....	236
Tabla CXXII.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos.....	237
Tabla CXXIII.- Resumen de propiedades de los refuerzos	237
Tabla CXXIV.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.	238
Tabla CXXV.- Tabla de Frecuencias Naturales	238
Tabla CXXVI.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos	239
Tabla CXXVII.- Resumen de propiedades de los refuerzos.....	239

Tabla CXXVIII.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.	240
Tabla CXXIX.- Tabla de Frecuencias Naturales	240
Tabla CXXX.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos	241
Tabla CXXXI.- Resumen de propiedades de los refuerzos.....	241
Tabla CXXXII.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.	242
Tabla CXXXIII.- Tabla de Frecuencias Naturales	242
Tabla CXXXIV.-Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos	243
Tabla CXXXV.- Resumen de propiedades de los refuerzos	243
Tabla CXXXVI.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.....	244
Tabla CXXXVII.- Tabla de Frecuencias Naturales	244
Tabla CXXXVIII.- Tabla de Frecuencias Naturales	245
Tabla CXXXIX.- Selecion de Elementos Estructurales	251
Tabla CXL.- Tabla de Espesores para los elementos Shell, según ABS	257
Tabla CXLI.- Material para sala de maquina.....	275
Tabla CXLII.- Materiales para cocina y corredor.....	275
Tabla CXLIII.- Materiales para espacios de control	276
Tabla CXLIV.- Decibeles por aparatos.....	280
Tabla CXLV.- Factor K por espacios.....	283
Tabla CXLVI.- Ruidos por espacios habitables según IMO	285
Tabla CXLVII.- Área de cada habitación	286
Tabla CXLVIII.- Peso de las planchas de caseta	289
Tabla CXLIX.- Centroide de la caseta.....	290

Tabla CL.- Peso total caseta con aislante.....	290
Tabla CLI.- Área establecida para dormitorios de tripulación	291
Tabla CLII.- Otros detalles de acomodación.....	292
Tabla CLIII.- Comparación de resultados del sistema propulsor.....	297
Tabla CLIV.- Tip Speed de la hélice	298
Tabla CLV.- Características de la malla.....	308
Tabla CLVI.- Características de la malla.....	308
Tabla CLVII.- Etapas del Fluent.....	311
Tabla CLVIII.- Condiciones de Frontera.....	312
Tabla CLIX.- Huelgos de la hélice optimizados.....	319
Tabla CLX.- Valores Ar y Br.....	321
Tabla CLXI.- Diámetros para el eje propulsor.....	323
Tabla CLXII.- Diámetro de la camisa del eje.....	324
Tabla CLXIII.- Característica del Eje	327
Tabla CLXIV.- Claros utilizados para la ecuación de 3 momentos	327
Tabla CLXV.- Momentos y deflexiones en el primer tramo.....	329
Tabla CLXVI.-Momentos y Deflexiones del segundo tramo.....	329
Tabla CLXVII- Momentos y deflexiones del tercer tramo.....	330
Tabla CLXVIII.- Valores de las reacciones	331
Tabla CLXIX.- Frecuencias por SAP2000.....	337
Tabla CLXX.- Restricciones de frecuencias en estructurales.	339
Tabla CLXXI.- Cálculo de TRB	340

Tabla CLXXII .- Calculo de TRN	341
Tabla CLXXIII.- Dotación mínima-Personal de Cubierta.....	342
Tabla CLXXIV.- Dotación Mínima – Personal de Maquinas.....	343
Tabla CLXXV.- Análisis de Plano diametral	345
Tabla CLXXVI.- Criterios de Maniobrabilidad.....	347
Tabla CLXXVII.- Datos de entrada para el análisis de maniobrabilidad.....	349
Tabla CLXXVIII.- Resultados obtenidos.....	349
Tabla CLXXIX.- Criterios para comprobar el rating del diámetro táctico.....	350
Tabla CLXXX.- Primer ángulo de rebasamiento	351
Tabla CLXXXI.- Segunda Prueba del primer ángulo de rebasamiento	352
Tabla CLXXXII.- Rating del primer ángulo de rebasamiento	352
Tabla CLXXXIII.- Datos de entrada para el cálculo de facilidad de parada	353
Tabla CLXXXIV.- Valor a comparar con los criterios	353
Tabla CLXXXV.- Verificación del rating	354
Tabla CLXXXVI.- Criterios para evaluar la capacidad de giro inicial.....	354
Tabla CLXXXVII.- Rating de la embarcación	356
Tabla CLXXXVIII.- Dimensiones del timón	358
Tabla CLXXXIX .-Ingreso de Datos en “Motions Avanced”	360
Tabla CXC.- Ingreso de datos para el Espectro de la Ola	360
Tabla CXCI.- Tabla de H-H según espesor de Planchaje.....	365
Tabla CXCII.- Corrección H-H por curvatura	366
Tabla CXCIII.- Corrección de H-H por ubicación interna	366

Tabla CXCIV.- Corrección H-H por ubicación externa	366
Tabla CXCV.- Calculo de H-H de un bloque del Buque atunero.....	369
Tabla CXCVI.- Calculo de H-H al mes	370
Tabla CXCVII Calculo del costo por personal administrativo	371
Tabla CXCVIII.-Calculo del costo Neto de H-H.....	372
Tabla CXCIX.- Calculo del costo total de la estructura del buque atunero .	373
Tabla CC.- Costo de construcción por tonelada	374
Tabla CCI.- Datos para el cálculo	377
Tabla CCII.- Costo de maquinaria.....	377
Tabla CCIII.- Costos Extras	378
Tabla CCIV.- Datos de Entrada para amortización del Proyecto	379
Tabla CCV.- Tabla de Amortizacion del Proyecto.....	380
Tabla CCVI.- Tabla de Resultados de valores a Pagar	381
Tabla CCVII.- Tabla de Inversion Total.....	381
Tabla CCVIII.- Tbala de Flujos.....	382
Tabla CCIX.- Tabla de Resultados Van y TIR	383
Tabla CCX.- Hora-Hombre por compartimento.....	384
Tabla CCXI.- Selección del tipo de construcción que se escogerá para el casco	389
Tabla CCXII.- Calculo de la confiabilidad del proyecto	389
Tabla CCXIII.- Tabla de Probabilidad de Accidentes	391

Índice de Anexos

Anexo A.- Bulbo de Proa	402
Anexo B.- Desagregación de pesos	406
Anexo C.-Dotación mínima	409
Anexo D.- Distribución de pesos	411
Anexo E.- Uso de Navcad	420
Anexo F.- Tablas y gráficos para el sistema de escape	425
Anexo G.- Tipos de división según Solas y Tablas para el cálculo de aislamiento.	427
Anexo H.- Ruido del motor	430
Anexo I.- Suma de niveles de Decibeles	432
Anexo J.- Coeficiente de absorción de ruido de los materiales	435
Anexo K.- Cálculos de ruido por habitación	436
Anexo L.-Peso y centroide de la caseta	450
Anexo M.- Procedimiento de optimización del sistema propulsor	451
Anexo N.- Condición de carga 100% Carga-10% Consumibles	462
Anexo O.- Curvas de Momento y Fuerza Cortante	466
Anexo P.- Ventanas de ingreso de Datos y Resultados de Navcad	467
Anexo Q.- Tabla de selección de Reductor de la pagina BoatDiesel.com	471
Anexo R.- Elementos Calculados en SSC	470

Anexo S.- Costo de los diferentes Sistemas A Bordo	474
Anexo T.- Biblioteca de perfiles.....	479
Anexo U.- Resultados de la Optimización de Bloques	482
Anexo V.- Ramales de Sistemas a Bordo	542
Anexo W.- Proceso de Ansys Para el análisis CFD	550

Abreviaturas y Siglas

SIMBOL O	DESCRIPCION	UNIDAD
B	MANGA	M
B/A	BUQUE ATUNERO	
BML	DISTANCIA BM LONGITUDINAL	M
BMT	DISTANCIA BM TRANSVERSAL	M
Cb	COEFICIENTE BLOCK	
Cp	COEFIEICNTE PRISMATICO LONGITUDINAL	
CP'	COEFICIENTE DE CARGA	
Cw	COEFICIENTE DEL PLANO DE FLOTACION	
Cx	COEFICIENTE DE SECCION MEDIA	
d	DIAMETRO DE LA HELICE	M
D	PUNTAL	M
DM	DIAMETRO DE GIRO DE LA MECHA DEL TIMON	M
Fn	NUMERO DE FROUDE	
Fv	FROUDE VOLUMETRICO	
GZ	BRAZO ADRIZANTE	M
HP	HORSE POWER	HP
KML	DISTANCIA KM LONGITUDINAL	M
KMT	DISTANCIA KM TRANSVERSAL	M
Kn	NUDOS	Kn
L	ESLORA	M
L/B	RELACION ESLORA MANGA	
L/D	RELACION ESLORA PUNTAL	
L/D	RELACION ESLORA PUNTAL	
LCB	POSICION LONG. DEL CENTRO DE BOYANTEZ	M
LCF	POSICION LONG. DEL CENTRO DE FLOTACION	M
LPP	ESLORA ENTRE PERPENDICULARES	M
LT/H	LITROS POR HORA	LT/H
RPM	REVOLUCIONES POR MINUTO DEL MOTOR	RPM
SHP	POTENCIA AL EJE	HP
SRPM	REVOLUCIONES POR MINUTO DEL EJE	RPM
TM	TONELADA METRICA	TON
TPc	TONELADA DE INMERSION POR CADA CENTIMETRO	TON/CM
TRB	TONELADAS DE REGISTRO BRUTO	TM
TRN	TONALADAS DE REGISTRO NETO	TM
Va	VELOCIDAD DE AVANCE DEL BUQUE	Kn
∇	VOLUMEN	M3
Δ	DESPLAZAMIENTO	TON

INTRODUCCIÓN

Desde sus orígenes el país Ecuatoriano se ha caracterizado por ser un país pesquero, La construcción de las embarcaciones de balsa para las ocupaciones de la isla de la plata, que data desde 2500 A.C, sería la primera manifestación del carácter marítimo de este pueblo. Desde entonces y hasta la actualidad, la mayor parte de las poblaciones de la región costa centran parte de su subsistencia y alimentación en los productos de origen marino.

El paso del tiempo permitió a los pueblos tener mayor conocimiento de las rutas marinas y habilidades para la construcción de embarcaciones de madera, estos conocimiento permitirían a los pueblos no solo transportarse hasta las islas galápagos si no comenzarla comercialización de la concha SPONDYLUS, hecho que marca los inicios de la comercialización de los productos marinos del Ecuador.

Con la llegada de la conquista española, la actividad pesquera se redujo drásticamente y pasó solo a satisfacer las necesidades locales, es a mediados del siglo XX que ocurren hechos trascendentales para la actividad pesquera ecuatoriana, entre ellos se encuentra el nacimiento del subsector pesquero industrial, asociado con el procesamiento del atún y el camarón, con plantas en Manta y en Posorja respectivamente.

En la actualidad el clúster atunero ha alcanzado un nivel de solidez obteniendo capturas que sobrepasan las 200000 TM/año con más de un centenar de embarcaciones que se dedican a la actividad atunera, esto representa una alta Fuente de empleo para una gran cantidad de habitantes, pues toda actividad relacionada con embarcaciones atrae a diferentes nichos de mercado. La evolución de la pesca ecuatoriana se realiza a paso lento, yendo de barcos de madera a barcos de fibra y luego a barcos de acero, si bien en el país estos tres tipos de embarcaciones aún existen, el trabajo se centrará en las embarcaciones de acero, debido a su gran capacidad y a que en la ciudad de manta, considerada la capital pesquera del mundo, estas son las embarcaciones más competitivas del mercado. La figura No 1. Muestra en orden las ciudades más pesqueras del ecuador.

Tabla I.-Puertos de desembarque

Desembarques		
Puerto	TM/año	%
Manta	250442	62
Guayaquil	84827	21
Posorja	40393	10
Monteverde	8078	2
Chanduy	4039	1
Esmeraldas	4039	1

Salango	4039	1
Pto. López	1615	0.4
Machallina	1615	0.4
Pto. Bolivar	4039	1
Galápagos	813	0.2
Total	403939	100

Fuente: FAO [1]

Ya que Manta es la ciudad con mayor aportación pesquera que se ha pensado una embarcación atunera capaz de competir en dicho mercado, para ello se estudiaron las naves de la flota ecuatoriana y se estudiaron los problemas que presentan las mismas con el único objetivo de alcanzar una mejora para estos problemas.

Las embarcaciones de la flota nacional entre sus problemas presentan el mal empleo de sus espacios, sobredimensionamiento y en muchas ocasiones problemas de estabilidad, el proyecto pretende presentar una embarcación que ya no presente estos problemas y sea diseñada bajo las normas de las Sociedades Clasificadoras vigentes.

Objetivo General

Diseñar una embarcación atunera de 900 toneladas de carga que cumpla con los requerimientos del armador, Reglas de Clasificación y presente una mejora a las embarcaciones de la flota nacional.

Objetivos Específicos

- Establecer características preliminares utilizando regresiones de embarcaciones de similares características.
- Diseñar las formas, dimensiones y características de la embarcación para que estas cumplan el requerimiento del armador.
- Integrar los grupos tecnológicos a un solo proyecto, minimizando los costos totales del proyecto.
- Detallar los planos constructivos y planos generales de la embarcación.
- Estimar el costo de construcción y analizar la confiabilidad del proyecto.

Beneficios

Se espera un diseño óptimo de una embarcación pesquera, que brinde una mejora a la problemática existente en muchas de las embarcaciones de la flota nacional. Además de la mejora que presentará la innovación del bulbo de popa en la embarcación, apéndice que no poseen las naves ecuatorianas.

CAPITULO I

1 DISEÑO CONCEPTUAL DE UN BUQUE ATUNERO DE 900 TONELADAS DE CARGA

En este capítulo se seleccionarán las dimensiones y características principales del buque utilizando regresión lineal, para ello se realizó una búsqueda exhaustiva de una base de datos que nos permita tener un número aceptable de buques que nos ayuden a obtener mejores resultados de las regresiones, el proceso realizado en este capítulo es meramente empírico llegando a utilizando en algunos cálculos la regla de tres simples, esto se acepta en esta etapa conceptual, pues todos los cálculos y los resultados obtenidos tienen como finalidad marcar puntos referenciales para el diseño de la embarcación.

1.1 Alcance del Proyecto

En el país, los diseños de las embarcaciones pesqueras siguen la misma tendencia de diseño desde hace algunos años, el proyecto pretende presentar a las empresas una idea innovadora de un buque de pesca que tenga un menor costo de construcción, una mayor eficiencia y capacidad productiva.

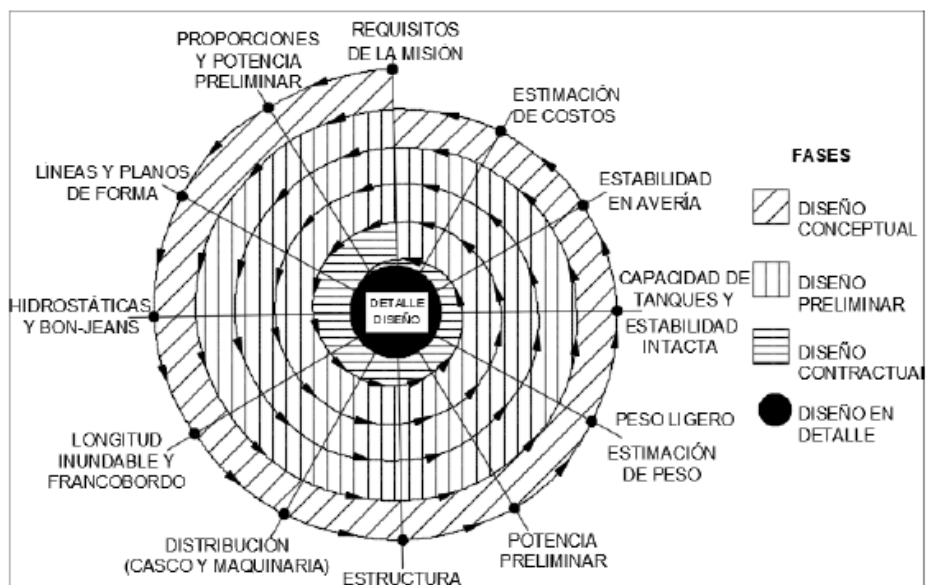
El buque estará destinado a cargar 900 toneladas de atún a full carga, para este fin el buque debe tener un uso apropiado de los espacios de acomodación. El proyecto pretende demostrar los beneficios de implementar un bulbo de popa en las embarcaciones para beneficios hidrodinámicos y propulsivos

Metodología: El proyecto se desarrolla en base a la espiral de diseño [2], en este proyecto se desarrollaron las primeras tres etapas de la espiral de diseño que son: Diseño conceptual, Preliminar, definitivo, y, contractual. El objetivo de la espiral de diseño es volver a revisar lo que ya se trabajó, aumentar detalles, corregir errores, es decir, optimizar el diseño.

El diseño conceptual se encarga de establecer los requisitos básicos del diseño, estos sirven para definir el camino del diseño y la utilidad del buque, aquí se tratan temas como: Dimensiones principales, formas y planteamiento de la distribución general. El diseño preliminar, la fase dos, entra en análisis más avanzados como: estabilidad, cálculo de estructuras, propulsión y gobierno, sistemas auxiliares, entre otros. Seguidos a estos cálculos, se

procede a realizar la optimización del diseño haciendo uso de las sociedades de clasificación y otros entres que facilitan la optimización. Una vez hecho esto se procede al diseño contractual que especifica la información necesaria para la construcción.

Figura No. 1.- Espiral de Diseño



Fuente: Referencia [2]

1.2 Requerimientos del armador

A continuación se presentan los requerimientos del armador, que nos ayudarán a direccionar el diseño.

Tabla II.- Requerimientos del armador

Requerimientos del armador				
1	Dimensiones principales	Min	Max	Valor propuesto
	L=Eslora(m)=	52,57	67,52	61
	B=Manga(m)=	10,7	13,52	11,34
	Ds=Puntal CubSup (m)=	7,95	9,15	8,3
2	Kn=Velocidad (nudos)	12	14	12,1
3	Perfil operacional	35%tiempo- 10knots	35%tiempo- 11knots	35%tiempo- 11.23knots
4	Autonomía(días)	60	60	75
5	Generación Eléctrica Esperada(KW)	Generador diésel CAT 3406: 275 VAC/Motor	3 Generadores diésel CAT 3406:400	Generador diésel CAT 3406:400 VAC [6]

		Caterpillar D-379 565 HP	VAC/ Motor Caterpillar D-379 565 HP	
6	Criterios de estabilidad Intacta	Área bajo la curva de brazos adrizante (curva GZ) no será inferior a 0,055 m.rad hasta un Angulo de escora 30 ° ni inferior a 0,09 m.rad hasta un ángulo de escora de 40°, o hasta un Angulo de inundación Θ_f si es inferior a 40°. Ø El brazo Adrizante GZ será como mínimo de 0,2 a un ángulo de escora igual o superior a 30 °.[3]		
7	Profundidad de Operación (m)	11	infinita, mar abierto	infinita, mar abierto
8	Presupuesto referencial	No Clasificado: \$5'000.000	Clasificado: \$12000000[5]	\$ 10'000.000,00
9	Capacidad de Combustible(m3)	397,5	1022 [4]	653
10	Capacidad de Tanque de Aguas Negras y Grises(m3)	2,2	4,2 [4]	4,2

1	Capacidad de	desalinizador	desalinizador	desalinizador
1	Producción de	30 Lt/h	60 Lt/h [5]	60 Lt/h
	Agua a			
	Bordo(m3)			
1	Carga TM	700	900	900
2				
1	Capacidad de	Red	Red	Red
3	Manipulación de	Atunera/96x3	Atunera/96x3	Atunera/96x3
	Cargas	1/2" x122MD/	1/2" x122MD/	1/2" x122MD/
	(Lb/Bulto)	1015	1166 [6]	1166
1	Capacidad de	Maquinillas-	Maquinillas-	Maquinillas-
4	equipos de	winches de	winches de	winches de
	desembarque	plumas y de	plumas y de	plumas y de
		cubierta/10	cubierta/14	cubierta/14 ton
		ton Tiro	ton Tiro [4]	Tiro
1	Condiciones	estado de	estado de	irrestricto
5	Meteorológicas	mar 2	mar 5	

Fuente: Elaboración Propia

1.3 Selección de Dimensiones Principales

La selección de las dimensiones principales de la embarcación comienza con un estudio regresional de las embarcaciones del país u otros países en igualdad de condiciones, es decir que naveguen en la región del pacífico, para esto se buscó información [12] sobre las naves de la flota atunera ecuatoriana, obteniendo datos como: Eslora, manga, puntal, desplazamiento, velocidad, Capacidad de Carga, entre otros.

A continuación se muestra la base de datos obtenida, con la cual se estimarán las dimensiones principales que servirán de referencia para iniciar los cálculos.

Tabla III.- Base de datos

Dimensiones principales							
B/A	Eslora	Manga	Puntal cub. Prin.	Desp. (ton) est.	P (HP)	V (Kn)	Coef. de Trans.
ELIZABETH V.	72,1	12,95	8,3	642,22	4345	14,23	2,10
MARIELLA	69,66	12,9	5,79	607,42	4100	14,00	2,07
LIZI	67,29	12,07	4,95	579,46	3861	13,77	2,07
CAP. BERNY B.	65,1	11,6	5,7	558,72	3641	13,55	2,08
MEDJUGOR JE	60,28	11,1	5,45	530,37	3156	13,09	2,20

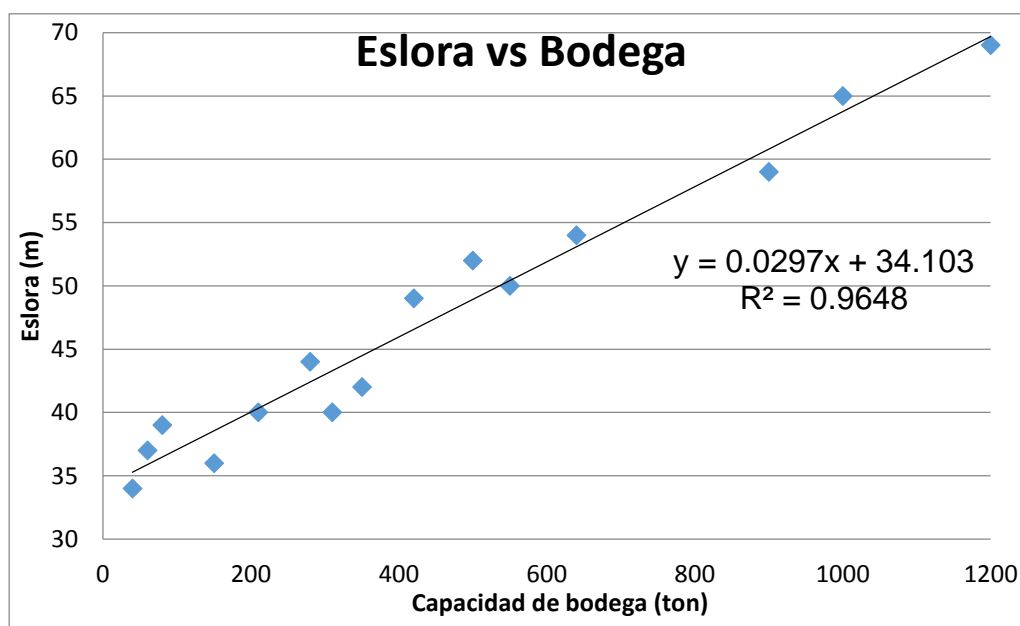
MALULA	55,17	11,01	5,4	526,28	2642	12,59	2,51
MONTENEM E	54,6	11,1	5,55	527,47	2584	12,54	2,56
LUCIA T	52,52	10,7	5,68	534,67	2375	12,33	2,78
ALIZE	51,5	10,7	5,05	539,81	2272	12,24	2,91
DON CELSO	47,9	10,25	5,25	566,48	1910	11,89	3,53
PORTOVIEJ O	47,9	10,25	5,25	566,48	1910	11,89	3,53
PATUDO	44,5	9	4,5	603,84	1568	11,56	4,45
B/P RAFA-A	41,73	8,7	4,4	643,03	1289	11,29	5,63
ANTONIO-H	39,53	9,75	4,28	679,74	1067	11,07	7,05
IORELLA L	39,46	10,16	4,6	680,99	1060	11,07	7,11
SOUTHER QUEEN	38,3	7,8	4,05	702,42	944	10,96	8,15
MATER BI	37	7,5	4,1	728,08	813	10,83	9,70
GURE GOGOA BERRIA	37	7,5	4,1	728,08	813	10,83	9,70
MIRIAM	35,94	7,87	3,9	750,28	706	10,73	11,40
DON ALVARO	34,37	8	4	785,27	548	10,57	15,15
LJUBICA M.	32,93	8,55	4,26	819,58	403	10,43	21,21

Fuente: Referencia [12]

Para el análisis estadístico del proyecto se hizo uso del programa Excel, realizando curvas de regresión estadística, en los resultados no se utilizó ninguna curva que no tenga una correlación menor a 0.9.

Una vez establecida la base de datos que se utilizará en nuestro proyecto comenzamos el análisis estadístico para el mismo, puesto que pretendemos diseñar una embarcación que tenga 900 ton de capacidad de bodega realizaremos el análisis estadístico para determinar el rango de eslora en el que debería estar nuestra embarcación para cumplir con esta disposición.

Figura No. 2 Curva de regresión para Obtener la Eslora referencial



Fuente: Elaboración Propia

Con la curva obtenida se determina una eslora referencial para el cubicaje que se requiere llevar en la embarcación, esta información nos ayudará a realizar estimaciones adimensionales para los demás datos y así obtener una mejor aproximación de las dimensiones necesarias.

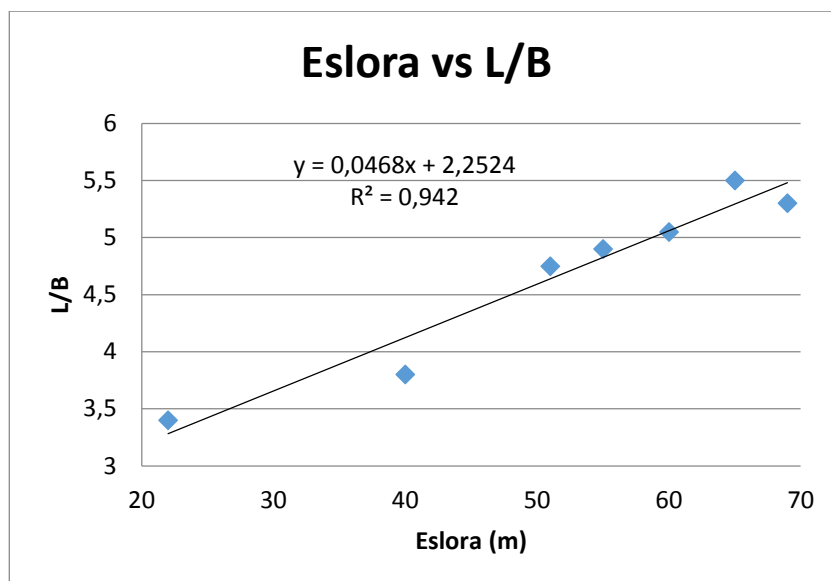
Tabla IV.- Eslora referencial

Cubicaje(ton)	900
Eslora(m)	61

Fuente: Elaboración Propia

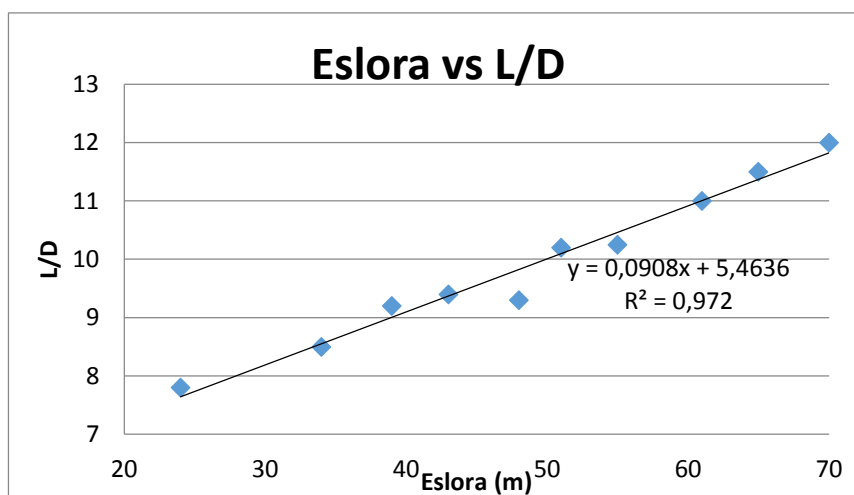
La figura superior nos da la eslora necesaria para una capacidad de bodega de 1200 metros cúbicos. A continuación se muestran las curvas obtenidas del análisis en mención.

Figura No. 3.- Curva Eslora vs L/B



Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 4.- Curva Eslora vs L/D



Fuente: Elaboración Propia

Con las curvas anteriores se pudo hallar la relación adimensional entre eslora y manga, eslora y puntal, con esto se puede obtener los valores referenciales de la manga y el puntal, con estos valores iniciaremos el cálculo y el proceso de diseño de la embarcación. A continuación se muestra una tabla con los resultados obtenidos para las dimensiones principales.

Tabla V .- Dimensiones Iniciales

Eslora (m)	61
L/B	5,29
L/D	10,73
Puntal (m)	5,6
Manga (m)	11,34

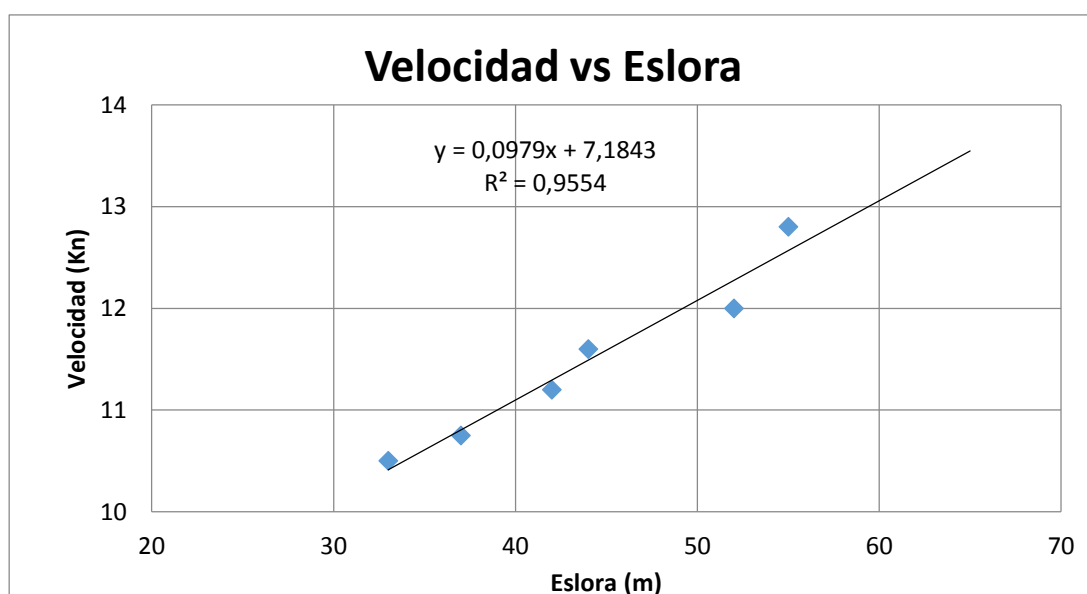
Fuente: Elaboración Propia

1.4 Determinación de la velocidad conceptual

Haciendo uso de la misma base de datos que se utilizó para obtener las dimensiones principales de la embarcación, se determinará una velocidad necesaria para esta embarcación, la velocidad obtenida será referencial, el objetivo de la nueva embarcación es, si es posible, alcanzar una mayor velocidad a la misma potencia que las embarcaciones nacionales.

De la figura No. 6, se obtiene que la velocidad requerida para esta embarcación fuera aproximadamente **13 nudos**, valor que es un poco mayor a la velocidad promedio de las embarcaciones pesqueras de la flota nacional, misma que es 12 nudos; por lo que se tomará la velocidad promedio de las embarcaciones como velocidad referencial.

Figura No. 5.- Curva Velocidad vs Eslora

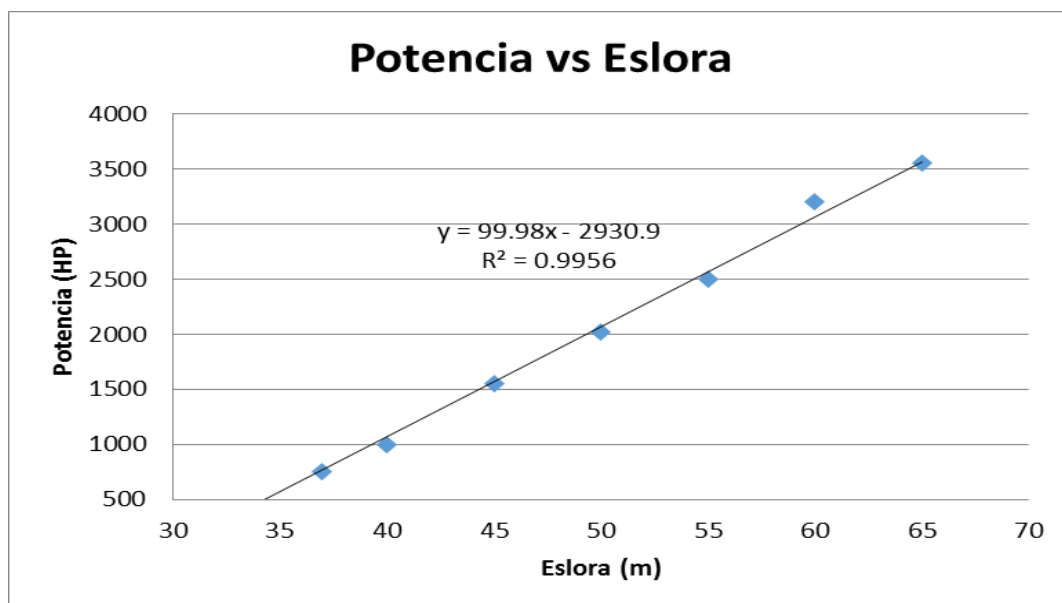


Fuente: Elaboración Propia

1.5 Determinación de la potencia y la capacidad de combustible conceptual.

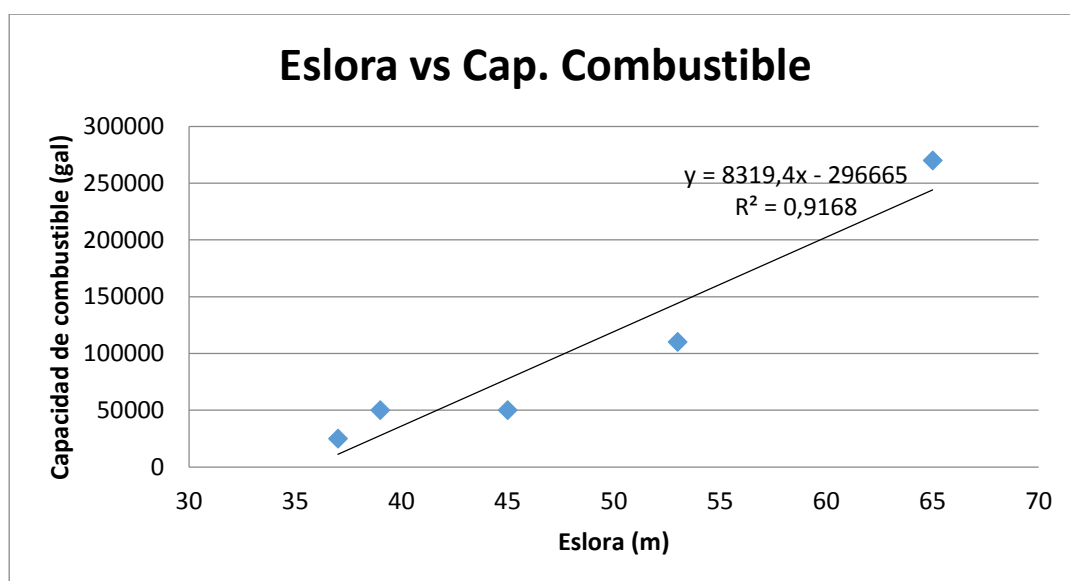
Para este análisis, se seguirá el mismo proceso establecido para la velocidad, con la diferencia de que en estos valores obtenidos, no se busca aumentarlos, el trabajo pretende disminuir la potencia necesaria y la capacidad de combustible requerida. Las siguientes curvas muestran la regresión para ambos análisis.

Figura No. 6.- Potencia vs Eslora



Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 7.- Eslora vs Capacidad de combustible



Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestra una tabla resumen de los datos obtenidos en el análisis regresional para la obtención de las dimensiones y las características principales.

Tabla VI.- Dimensiones y Características principales

ESLORA(M)	61
MANGA(M)	11,34
PUNTAL CUB. PRINC. (M)	5,6
CALADO(M)	5,5
VELOCIDAD(NUDOS)	12
CAP. COMBUSTIBLE(GAL)	231361
CAP. BODEGA(m3)	990

POTENCIA (HP)	3200
---------------	------

Fuente: Elaboración propia.

1.6 Espacios de Habitabilidad

Para realizar una buena distribución de los espacios de la embarcación es importante definir los espacios de habitabilidad, en este caso se tomaron los planos del buque modelo como referencia y se hizo una relación de espacios mediante una regla de tres simple. Lo mismo se hizo para la cantidad de tripulantes a bordo, este procedimiento empírico sirve para comenzar los cálculos iniciales.

En el proceso de optimización se tomarán estos espacios y se comprobará mediante recomendaciones IACS. A continuación se presenta una tabla con la cantidad de tripulantes y espacios de acomodación obtenido por regla de tres simple.

Tabla VII.- Espacios de acomodación

Tripulantes	25
Cocina	15 m ²
Espacio de Comedor	30 m ²
Separación entre mesas de comedor	1.3 m
Sala de Descanso	13 m ²
Cuarto para 2 tripulantes	6 m ²
Distancia máxima al baño	7 m

baño	2.5 m ²
Distancia del centro del Inodoro al mamparo	0.38 m

Fuente: Referencia [8]

Los espacios arriba mencionados nos ayudarán para la realización del plano de distribución inicial del buque diseñado, el cual está basado en un buque modelo, el objetivo del trabajo es optimizar estos espacios y proponer al final una distribución adecuada.

1.7 Estimación regresional de costos por grupo tecnológico

Se realizó una investigación de Costos de los diferentes sistemas a bordo en diferentes embarcaciones atuneras, de esta manera, mediante un análisis de regresión, se calcularon los costos para los diferentes sistemas en función de la eslora del Barco.

Los Valores obtenidos para cada sistema de las diferentes embarcaciones atuneras los podemos encontrar en el anexo T.

Tabla VIII.- Regresión por grupos tecnológicos para el precio del buque

Sistema	Regresión	Costo (61m)
Habitacional	$y = -35260L + 3E+06$	884400
Equipo de Cubierta y Pesca	$y = -35465L + 3E+06$	872100
Equipos de Fondeo y Amarre	$y = -200,74L + 432552$	420507,6
Sistema Propulsor y Línea de Ejes	$y = -35260L + 3E+06$	884400
Sistema de Gobierno	$y = 5609,6L + 68323$	404899
Sistema de Generación Eléctrica	$y = 418,8L + 1E+06$	1025128
Sistema de Tratamiento y Manejo de Combustibles	$y = 418,8L + 1E+06$	1025128
Sistema de Bombas de Circulación de Agua	$y = -439,04L + 514532$	488189,6
Sistema de Aire de Arranque y Control Neumático:	$y = 5552,1L - 155068$	178058
Sistema de Almacenamiento	$y = -9269,6L + 2E+06$	1443824
Sistema de Ventilación	$y = 2420,8L - 64559$	80689
Maquinaria de Taller y Herramientas.	$y = 4381,9L - 170215$	92699
Sistema de Equipo Electrónico de Navegación, Comunicación y Radars	$y = 44576L - 2E+06$	674560

Equipo de Seguridad y Salvamento	= 14682L - 658846	222074
Precio total		8.696.656,2

Fuente: Elaboración propia

El análisis de costos es adecuado y muy acertado, aunque se conoce que los costos de producción de una embarcación atunera bordean los 10 millones de dólares, se toman estos resultados como adecuados para el análisis.

1.8 Análisis de resultados obtenidos

Gracias a la base de datos adquirida se obtuvieron las dimensiones principales, para el buque atunero de 900 toneladas, con las que se iniciará el proceso de diseño preliminar, además de algunas de las características principales de la embarcación. Las dimensiones resultantes se toman por correctas ya que se encuentran en el rango de las embarcaciones conocidas, además presentan una relación eslora/manga, eslora/puntal, manga/puntal adecuada para este tipo de embarcaciones. Cabe decir que el puntal descrito en estas embarcaciones es a una cubierta inferior a la cubierta de trabajo, debido a esto existe un valor cercano entre el puntal y el calado.

La velocidad que se tomó referencial para el proyecto fue de 12 nudos, está es la velocidad promedio conocida a nivel nacional para las embarcaciones atuneras, se espera en el proceso de optimización demostrar que las formas proporcionadas ayudan a la embarcación a alcanzar una velocidad mayor a 12 nudos a la misma potencia con la que se estimaría inicialmente llegará a los 12 nudos de velocidad.

La potencia y la capacidad de combustible obtenidas se toman como apropiadas para la embarcación, sin embargo el proyecto aspira a reducir estas cantidades en la etapa de optimización como efecto del beneficio de las formas de la nave. Se sabe que las embarcaciones nacionales, en muchos casos trabajan con un sobredimensionamiento en muchos grupos tecnológicos, lo cual aumenta los costos de producción del buque, por tanto esperamos reducir los costos de producción al obtener estos beneficios.

Los espacios de acomodación que se obtuvieron se toman como apropiados, si bien se obtuvo mediante una regla de tres simples, en la etapa de optimización se hará un análisis más detallado de la acomodación de la nave para tener los espacios según las recomendaciones IACS.

El costo referencial obtenido va más allá de ser solo una referencia, se realizó una investigación de muchos barcos como se puede ver las curvas regresional en el anexo, se toma este valor como acertado y muy próximo al valor que se espera como costo óptimo de la embarcación.

CAPITULO II

2 DISEÑO PRELIMINAR DE UNA EMBARCACIÓN ATUNERA DE 900 TONELADAS DE CARGA

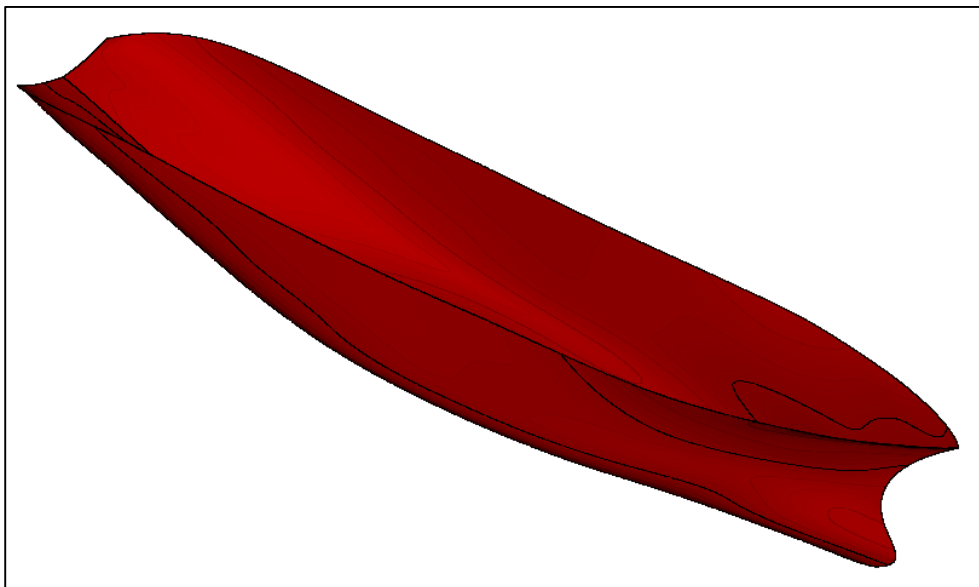
En este capítulo se diseñarán las formas de la embarcación haciendo uso de un buque prototipo que tiene características similares a lo esperado en el diseño, posteriormente se añadirán los apéndices de proa y popa para obtener las formas finales. Luego se realizarán los cálculos de estabilidad intacta sin avería requeridos por la OMI[3], se hará los cálculos para el diseño del sistema propulsor y el análisis estructural del buque haciendo uso de las sociedades de clasificación, más específicamente ABS[8], Germanischer Lloyd[9] y Lloyd's Register [10], se han diseñado los circuitos auxiliares requeridos para el adecuado funcionamiento del buque y finalmente se hará un balance eléctrico.

2.1 Líneas de formas

La selección de las formas del buque es un proceso determinante en el diseño del buque, las formas adecuadas deberán brindar al buque un buen desarrollo hidrodinámico y cumplir los requisitos de ángulos de entrada y de salida para que no existan efectos de turbulencia.

Las formas son seleccionadas a partir de un buque modelo prototipo, figura No. 9, el prototipo presenta un bulbo de proa, no presenta bulbo de popa, por lo que se le deben realizar cambios en sección de popa para poder obtener el apéndice deseado.

Figura No. 8.- Prototipo de buque atunero



FUENTE: Referencia [12]

La tabla muestra los coeficientes de formas más importantes del buque prototipo.

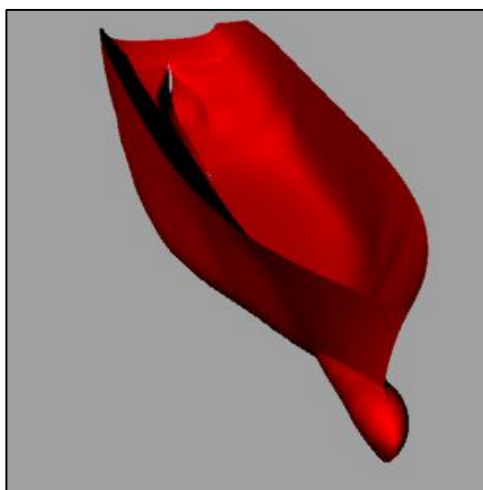
Tabla IX.- Coeficientes del buque

Coeficiente Bloque (Cb)	0.563
Coeficiente Prismático(Cp)	0.613
Coeficiente de sección media (Cm)	0.924
Coeficiente de plano de flotación(Cw)	0.761

FUENTE: MAXSURF MODELER

El modelo fue modificado y llevado a las formas requeridas por el armador, considerando también que se añadirá un bulbo de popa para mejorar el rendimiento hidrodinámico, como se puede ver en la figura No. 9.

Figura No. 9.- Modelo del buque proyecto



FUENTE: Referencia [12]

2.1.1 Parámetros básicos de las formas

En el diseño de la embarcación es importante tener en cuenta aspectos como los ángulos de entrada y salida y si se diseñará o no bulbos de popa y proa para la embarcación puestos esto es necesario para tener idea de la respuesta hidrodinámica de la nave en el mar.

2.1.1.1 Ángulos de Entrada y salida

Al buque prototipo se le hicieron una serie de modificaciones, tales como:

- Cambio de las Dimensiones Principales
- Modificación del Bulbo de Proa
- Adición del bulbo de popa

Por lo que se debe comprobar su respuesta hidrodinámica, los ángulos de entrada y salida permiten hacer un análisis de la función hidrodinámica de buque.

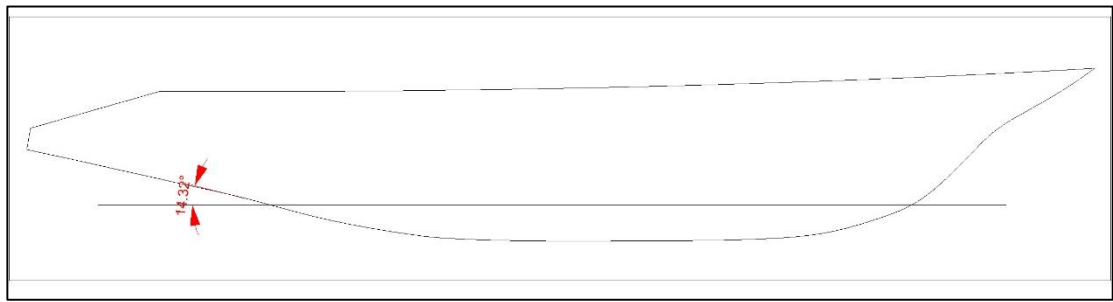
Salida.

El ángulo a la salida del buque se lo analiza a $\frac{1}{4}$ de la manga de buque, vista de perfil, al calado de la manzana de la hélice, los rangos de los ángulos de salida varían según el tipo de embarcación, los ángulos son:

- Planeo, $0 < \theta < 2$
- Semi-planeo, $2 < \theta < 7$
- Desplazamiento, $7 < \theta < 18$

El buque atunero se toma en el grupo de buques de desplazamiento.

Figura No. 10.- Angulo de salida del Buque



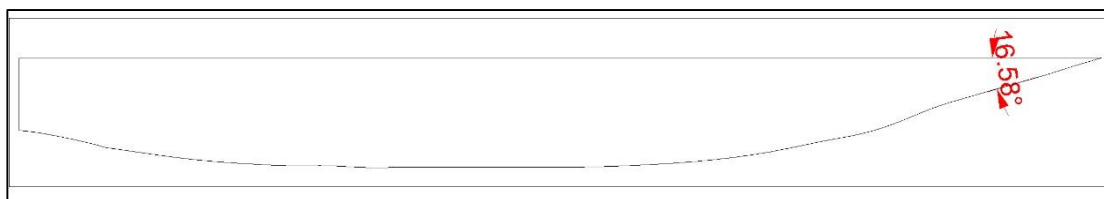
Fuente: Elaboración Propia

El ángulo que existe en la embarcación es de 14.32, se toma por apropiado pues está dentro del rango requerido para este tipo de embarcaciones.

Entrada.

El ángulo de entrada varía de acuerdo al calado, en este caso a la línea de calado de diseño, a 5.5 m, tenemos un ángulo de 16.58.

Figura No. 11.- Angulo de entrada del buque



Fuente: Elaboración Propia

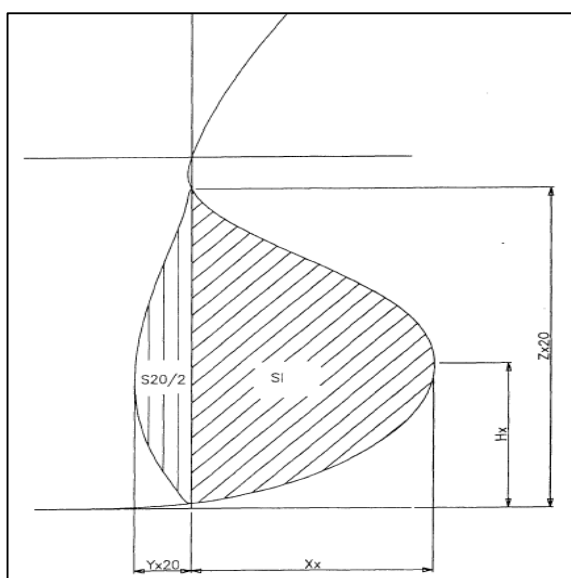
2.1.1.2 Bulbo de proa

La siguiente ecuación tomada de [2], nos permite saber si nuestra embarcación necesita o no un bulbo de proa, a pesar de que se sabe que este tipo de embarcaciones llevan este apéndice, es necesario realizar el debido cálculo, pues el bulbo de proa no siempre representa un beneficio para la embarcación.

$$Cb * \frac{B}{L} < 0.135 \quad (1)$$

Si la relación es menor que 0.135 indica que si es recomendable añadirle a la embarcación un bulbo de proa. De la relación se obtiene un valor de 0.118 lo que implica que si es aconsejable añadir un bulbo de proa, las dimensiones se trabajan de la misma manera que la figura No. 13, las dimensiones del bulbo se indican en la tabla IX.

Figura No. 12.- Dimensionamiento del bulbo



Fuente: Referencia [2]

Tabla X.- Datos referenciales del Bulbo de Proa

Altura al punto de máxima protuberancia (H_x)	2.3 m
Longitud al punto de máxima protuberancia (X_x)	1.91 m
Manga del bulbo (Y_x)	1.46 m
Área lateral del bulbo (S_1)	7.05 m ²
Área Transversal del bulbo (S_{20})	4.5 m ²

Fuente: Elaboración propia

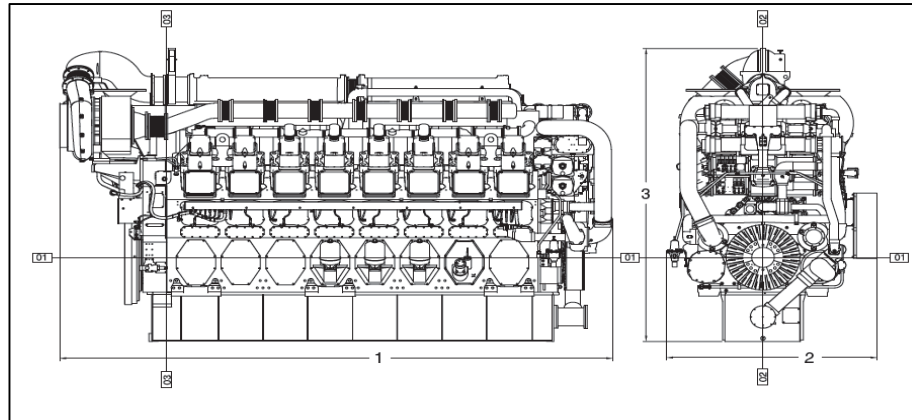
Los cálculos realizados para encontrar las dimensiones del bulbo se pueden ver en el ANEXO A.

2.1.1.3 Bulbo de Popa

Para el bulbo de popa no se encontró bibliografía que nos ayude en un cálculo de diseño, por lo que su diseño se realizó de manera empírica, para esto se tuvo que visitar astilleros que tengan embarcaciones con bulbos de popa y así poder usar estos como modelo para nuestro diseño. El motor que se considera en la embarcación es de suma importancia para este diseño, pues parte de la idea de este modelo es que el motor entre en el bulbo de popa y así tener más espacio en sala de máquinas.

El motor se lo seleccionó mediante los resultados de la regresión lineal en base a su potencia, se encontró un motor de 3084 HP [11], potencia relativamente cercana a la estimada en el cálculo preliminar de 3000 Hp, fueron las dimensiones de este motor las que se tuvieron en consideración.

Figura No. 13.- Dimensiones del Motor



Fuente: Referencia [11]

Según la referencia [11], vemos las dimensiones principales del motor seleccionado:

Longitud: 4.958 m

Alto: 2.648 m

Ancho: 1.804 m

De estas dimensiones la más importante para el diseño es el ancho del motor pues el motor debe ser capaz de entrar en el bulbo del popa con facilidad, se tomará la mitad del ancho del motor para nuestro diseño a semimanga, que es 0.902 m, a este valor se le considera el ancho necesario para que una persona camine con normalidad, 0.70 m, y 0.2 m que se añaden por las cuadernas, tenemos una semimanga máxima del bulbo de popa de 1.804 m lo que implica

que la manga del bulbo de popa será 3.608 m, el doble del ancho del motor.

La figura No. 14 muestra el buque referencia con bulbo de popa.

Figura No. 14.- Embarcación atunera con bulbo de popa



Fuente: Astillero Varpacific

2.1.1.4 Cálculos adimensionales

La tabla que presentaremos a continuación resume los valores necesarios, para el cálculo de coeficientes adimensionales:

Tabla XI.- Valores necesarios para el cálculo

V(nudos)	12
V(m/s)	6.22
Volumen (m ³)	1597.97
L(m)	61
potencia (HP)	3084
SHP (0.95BHP)	3134.05
Va	9.41
RPM	900
SRPM	274

Fuente: Elaboración Propia

Para determinar las srpm, utilizaremos la siguiente ecuación:

$$D = \frac{632.7 * shp^{0.2}}{\left(\frac{srpm}{ratio}\right)^{0.6}} \quad (2)$$

De la cual obtenemos la expresión

$$Srpm = \left(\frac{632.7 * shp^{0.2} * ratio}{D}\right)^{1/0.6} \quad (3)$$

Siendo D= 2.7m; ratio=3.55

Evaluando los valores de la Tabla 6 obtenemos 274 rpm para el Srpm, una vez obtenidos los valores necesarios para el cálculo se seleccionan las ecuaciones requeridas, para el diseño de la embarcación:

Número de Froude [2]

$$F = \frac{V}{\sqrt{g * L}} \quad (4)$$

Froude Volumétrico [2]

$$Fv = \frac{\nabla}{\sqrt{g * L}} \quad (5)$$

Variable Básica del diseño de la Hélice [2]

$$B_p = srpm * \frac{\sqrt{SHP}}{Va^{2,5}} \quad (6)$$

Coefficiente de Carga [2]

$$Cp = \frac{\text{Área de Proyección}}{\text{Volumen de la carena}^{2/3}} \quad (7)$$

Siendo 273.36 m² el Área de proyección de la china sobre un plano paralelo a la línea de flotación. Obtenida con ayuda del programa rhinoceros.

Una vez seleccionadas las ecuaciones se procede al cálculo, para nuestro caso los resultados fueron los siguientes:

Tabla XII.- Resultados de los cálculos adimensionales

Froude volumétrico	0,5
Froude	0,264
Bp	28,6
Cp	2,0

Fuente: Elaboración Propia

Comentario de los resultados:

- **Froude volumétrico:** El valor de 0,5 del Froude volumétrico indica que nuestro buque es un buque de desplazamiento, siguiendo lo indicado por Caterpillar.
- **Relación L/B** es 5.3, al estar en el rango de 5.5 y 7.0 indica que es aconsejable que nuestro buque tenga bulbo.
- **Variable básica de diseño (Bp):** al ser este valor menor a 30, indica que no es necesario el uso de toberas según lo indicado por Caterpillar.

-Coeficiente de Carga (CP): Como nuestra embarcación es de desplazamiento, es correcto que el C_p sea menor a 5, ya que entre 6 y 7 se encuentra el C_p para planeadores y entre 5 y 6 semi planeadores.

2.1.1.5 Coeficientes de formas de proyecto

Una vez realizados estos cálculos se dan los coeficientes de formas sacados de la embarcación que se obtienen con el software “Max surf modeler”, los coeficientes de formas del buque pesquero “DON TIMO”, buque proyecto, se dan en la tabla XII.

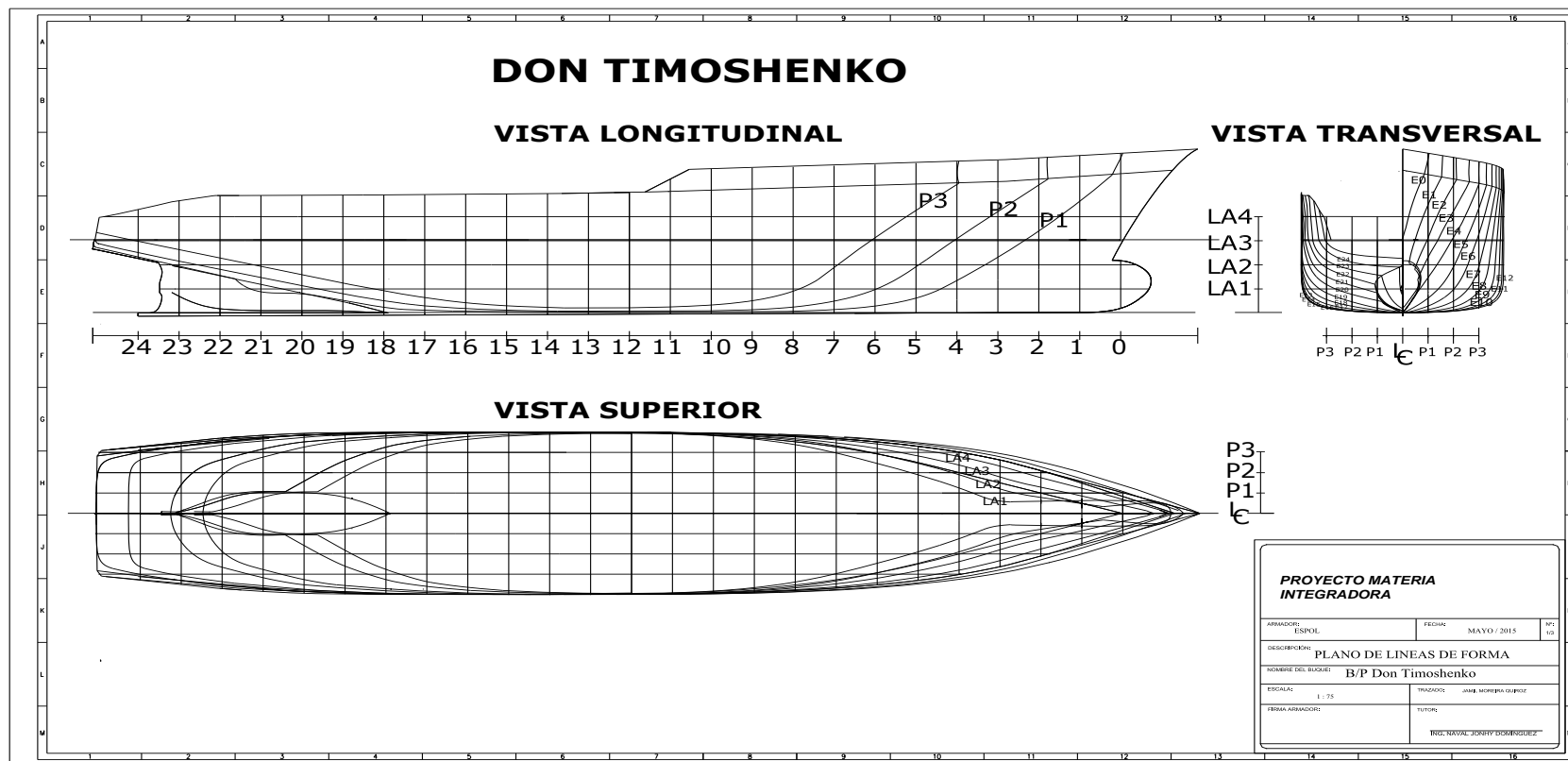
Tabla XIII.- Coeficientes de formas de DON TIMO

Coeficiente Block (C_b)	0.571
Coeficiente Prismático(C_p)	0.607
Coeficiente de sección media (C_m)	0.945
Coeficiente de plano de flotación(C_w)	0.7612

FUENTE: MAXSURF MODELER

Se puede ver que los coeficientes de formas del buque proyecto son muy similares a los del buque prototipo, tabla VIII, en la figura No. 15 se ilustra el plano de formas del buque proyecto, el “Don Timoshenko”

Figura No. 15.- Plano de Formas del Buque DON TIMOSHENKO



Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.6 Modelado 3D de la embarcación

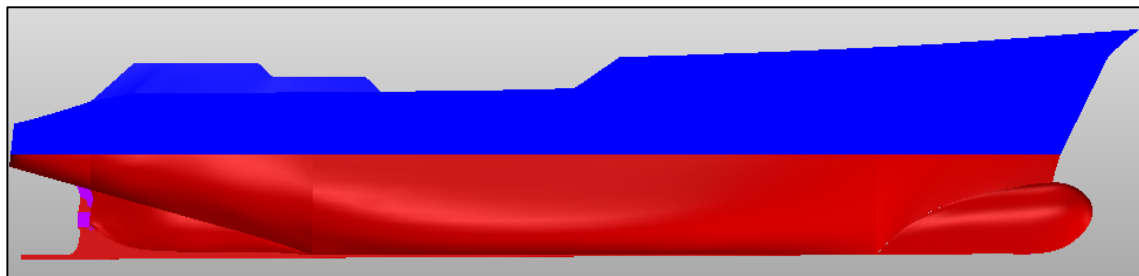
Como se dijo anteriormente, el diseño del modelo en tres dimensiones del buque atunero del proyecto se lo realiza con el programa RHINOCEROS, el programa nos permite modelar superficies complejas con el modelo curvas SNURBS.

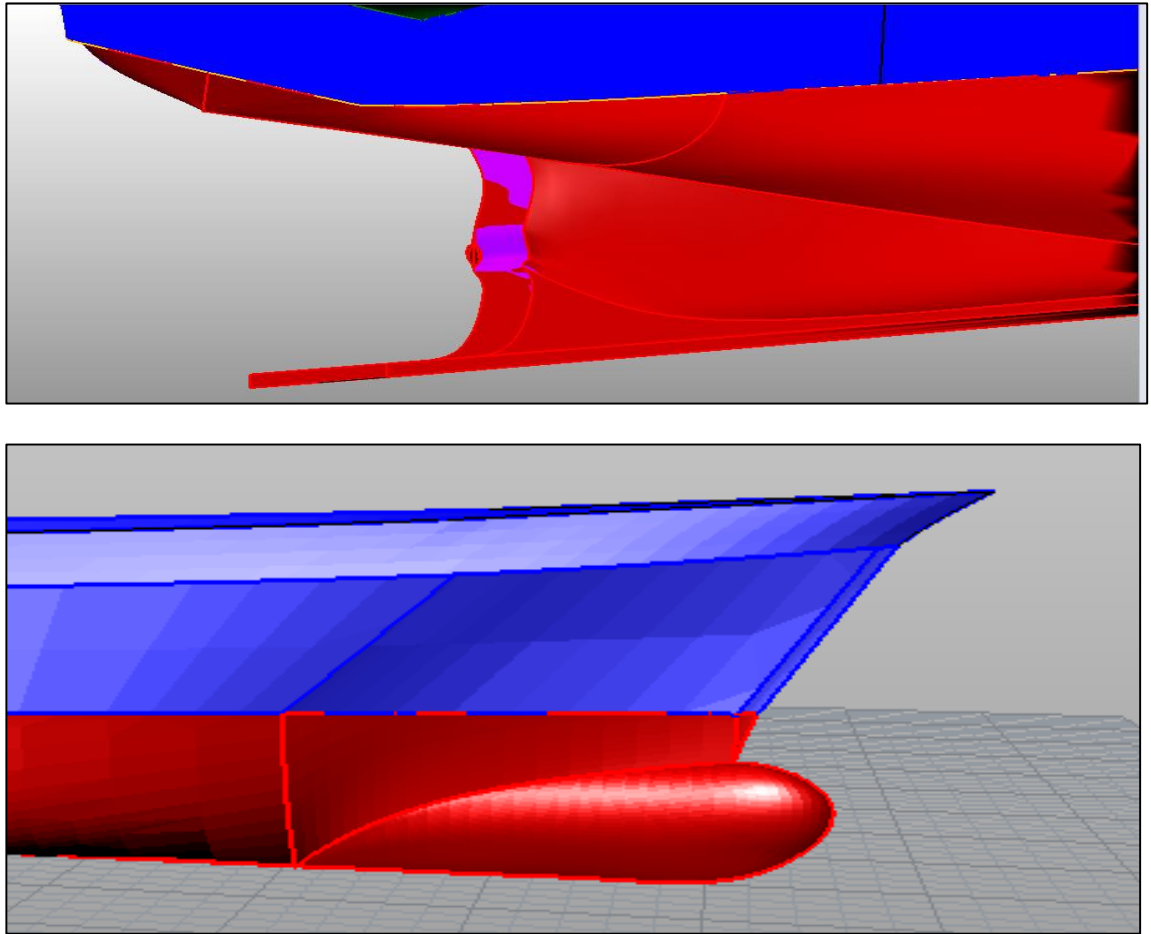
Diseño del Casco de la embarcación

Diseñada la embarcación, la figura No. 17 muestra el diseño para este proyecto, un acercamiento al bulbo de popa y proa con el objetivo de que se puede ver en detalle los diseños que se realizaron para este diseño.

En el siguiente capítulo se demostrara la necesidad de optimización de sus formas y dimensiones para llegar a un diseño más eficiente para una mejor respuesta hidrodinámica a todos los estados de mar a los que el buque se verá sometido.

Figura No. 16.- Modelo 3D del "DON TIMOSHENKO"





Fuente: Elaboración propia

2.1.1.7 Francobordo

El francobordo que se utilizó para nuestra embarcación es el que se calculó con Specific condition en maxsurf, pero como una referencia vamos a utilizar el convenio de líneas de Carga de IMO para saber cuan alejados estamos de esa regla.

El francobordo obtenido por el programa Maxsurf es:

Puntal – Calado=8.32m-5.5=2,82 m.

Francobordo según el Convenio de Líneas de Carga de IMO

Este convenio se clasifica en varias reglas, las cuales deben analizarse si aplican o no a la embarcación [2].

Los datos de entrada para el cálculo de francobordo son los siguientes:

Tabla XIV.- Datos de entrada para el cálculo de francobordo

L=	61	m
Lpp=	52,86	m
Lr=	17,79	m
B=	11	m
Dsup=	8,32	m
Dprincipal=	5,6	m
T=	5,50	m
Cb=	0,52	

Fuente: Elaboración Propia

Proceso de Calculo:

2.1.1.8 Regla 27.- Tipo de Buque

En su regla 27, el convenio clasifica a nuestra embarcación, como tipo B, ya que no es una embarcación destinada al transporte de carga líquida.

2.1.1.9 Regla 28.- Francobordo Tabular

En la regla 28, se determina el francobordo tabular según la eslora:

Tabla XV.- Resultados Regla 28 FB.

regla 28		
fb28=	478	mm

Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.10 Regla 29.- Corrección por puntal

$$fb31 = \left(D - \frac{L}{15}\right) R \text{ (mm)} \quad (8)$$

$$R = \frac{L}{0,48}$$

Tabla XVI.-Resultados regla 31 FB

regla 29		
fb29=	123,74	mm
EI=	0	

Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.11 Regla 37.- Reducción por superestructuras y troncos

La reducción de francobordo será obtenida de la siguiente tabla:

Tabla XVII.- Resultados regla 37 FB

Porcentajes de reducción para todos los tipos de Super estructura	0	0,1L	0,2L	0,3L	0,4L	0,5L	0,6L	0,7L	0,8L	0,9L	1L
	0	7	14	21	31	41	52	63	75,3	87,7	100

Regla 37		
fb37	-350	mm
EI/L	1	

Fuente: Elaboración Propia

2.1.1.12 Regla 38.- Reducción por arrufo

A continuación se presenta la curva de arrufo normal, tomado del manual de Líneas de Carga, según lo establecido por el convenio de líneas de carga

Tabla XVIII.- Tabla para curva de arrufo normal

SITUACION	ORDENADA	FACTOR
PERPENDICULAR DE POPA	$25(L/3+10)$	1
1/6 L DESDE LA P Pp	$11,1(L/3+10)$	3
1/3 DESDE LA Pp	$2,8(L/3 +10)$	3
CENTRO DEL BUQUE	0	1
CENTRO DEL BUQUE	0	1
1/3 DESDE LA PR	$5,6(L/3+10)$	3
1/6 L DESDE LA P PR	$22,2(L/3+10)$	3
PERPENDICULAR DE PROA	$50(L/3+10)$	1

Fuente: Convenio de Líneas de Carga IMO

Tabla XIX.- Cálculo de Regla 38

i	Arrufo	Arrufo Normal	Posicion	ARRUFO	ARRUFO NORMAL	POSICION	FACTOR	Fi	FiA(Arrufo Normal)	FiA-Fi/8
1	120	551,2	PP	120	551,2	PP	1	120	120	0
2	50	244,732	1/6PP	50	244,73	1/6PP	3	150	150	0
3	0	61,73	1/3PP	0	61,73	1/3PP	3	0	0	0
4	0	0	SM	0	0	SM	1	0	0	0
5	0	123,468	1/6PR	0	123,46	1/6PR	3	0	0	0
6	480	489,46	1/3PR	480	489,46	1/3PR	3	1440	1440	0
7	730	1102,4	PR	730	1102,4	PR	1	730	730	0
SUMA								2440	2440	0

Fuente: Elaboración Propia

diferencia= 0

Regla 38		
fb38	0	mm

Franco Bordo total

Francobordo= f28+f29+31+f37+f38

FrancoBordo	480,362	mm
-------------	---------	----

2.1.1.13 Regla 39.- Altura mínima de Proa

$$fb = (6075 \left(\frac{L}{100}\right) - 1875 \left(\frac{L}{100}\right)^2 + 200 \left(\frac{L}{100}\right)^3) \times (2.08 + 0.609Cb - 1.603Cwf - 0.0129 \left(\frac{L}{dl}\right)) \quad (9)$$

Siendo:

f_b = altura mínima de la proa Calculada en mm

d_1 = el calado en el 85% de D

A_{wf} = área de flotación a proa de $L/2$ para el calado d_1 , en m²

$C_{wf} = A_{wf} / (L/2) \times B$

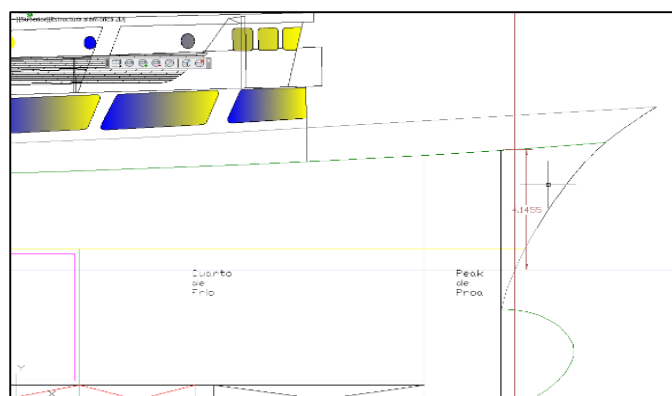
Tabla XX.- Regla 39 FB

Regla 39		
Altura en proa	847,73	mm
Cw	0,91	
d1	1,4	

Fuente: Elaboración Propia

Para nuestro caso, la altura de la proa para nuestra embarcación es 4.14m, por lo tanto cumple el requerimiento del Convenio.

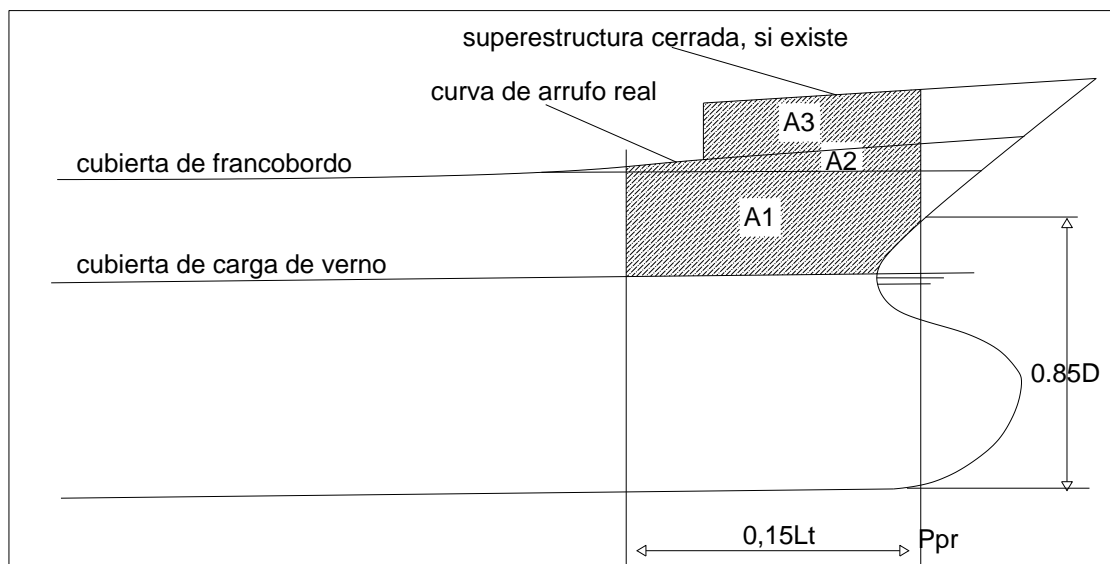
Figura No. 17.- Altura de la proa



Fuente: Elaboración Propia

Reserva de Flotabilidad

Figura No. 18.- Esquema de Reserva de Flotabilidad



Fuente: Convenio de Líneas de Carga OMI

$$flt = \left(0.15 * Fmin + 4 \left(\frac{L}{3} + 10 \right) \right) \left(\frac{L}{1000} \right) \quad (10)$$

Siendo $Fmin = (fb28 * fb30) + fb31$; Donde $fb30$ es la corrección por coeficiente bloque:

$$fb30 = \frac{cb + 0.68}{1.36} \quad (11)$$

Reemplazando valores en las ecuaciones obtenemos:

2.2 Desagregación de Pesos y distribución General

2.2.1 Desagregación de pesos

La distribución de los pesos es determinante en este tipo de embarcaciones pues la estabilidad es un elemento crucial en su actividad, debido a esto es necesario hacer una desagregación de los pesos existentes en la embarcación. Usando [2], con los siguientes datos de entrada se realiza el análisis de referencia:

2.2.1.1 Datos de entrada:

Tabla XXII.- Datos de entrada para estimación de pesos

L	61 m
Lpp	55 m
B	11.32 m
Ds	7.85 m
D	5.6 m
T	5.07 m
Cb	0.571
Bhp	3299 HP
Rpm	1000 rpm
Ghp	162 ghp
VmQ	335.85 m ³
Volumen Cubas	900 m ³
Puntal medio	7.55 m

Fuente: Elaboración propia

Con estos datos se obtienen los siguientes resultados, como se explica en el ANEXO B.

Tabla XXIII.- Peso en rosca del buque

Desglose de peso en rosca		
Pesos por estructura de acero		
WST=	393.52	ton
CS=	0.10	
SUP=	622.6	m3
Cso=	0.076	
u=	1.27	
Pesos del equipo y Habilitación		
WOA=	242.81	ton
Ke=	0.39	
Pesos de la Maquinaria más reductor		
WME=	27.70	ton
Peso del resto maquinaria propulsora		
WRP=	162.57	ton
Peso otros elementos cámara de maquinas		
WQR=	10.07	ton
Peso Línea de ejes		
WQE=	2.347	ton
Peso de aislante de bodegas		
Waislante=	2.5	ton
Peso de forro de bodegas		
Wforrob=	54	ton

Fuente: Referencia [4]

La suma de estos pesos nos proporciona el peso ligero del buque.

Tabla XXIV.- Peso ligero del buque

Peso Ligero		
Wls=	895.55	ton

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.2 Peso total

Para determinar el peso total de la embarcación se debe tener en cuenta que la embarcación siempre estará en dos condiciones de carga diferenciadas entre sí, que son:

-Salida de Puerto

-Llegada de puerto

De estas dos condiciones se tomó por condición de diseño de llegada de puerto pues se espera el mayor peso en llegada que en salida, a continuación se presentan los resultados esperados de ambas desagregaciones.

Tabla XXV.- Peso total en condición de salida y llegada a Puerto

Salida de puerto		
Peso muerto		
Wagua=	117	ton
Wcombustible=	668	ton
Waceite=	6.13	ton
Wpescado=	0	ton
Wsalmuera=	66.29	ton

Llegada a Puerto		
Peso Muerto		
Wagua=	30	ton
Wcombustible=	100	ton
Waceite=	6.35	ton
Wpescado=	900	ton
Wsalmuera=	4	ton

Wcarnada=	0.48	ton
Wred=	30	ton
Wpanga=	32	ton
Wsboat(X3)=	3.6	ton
Whelicoptero=	0.415	ton
Wtripulantes=	8.625	ton
Wdw	935.12	ton

Wcarnada=	0	ton
Wred=	30	ton
Wpanga=	32	ton
Wsboat(X3)=	3.6	ton
Whelicoptero=	0.415	ton
Wtripulantes=	8.62	ton
Wdw	1117.45	ton

Wtotal=	1830.67	ton
---------	---------	-----

Wtotal=	2013	ton
---------	------	-----

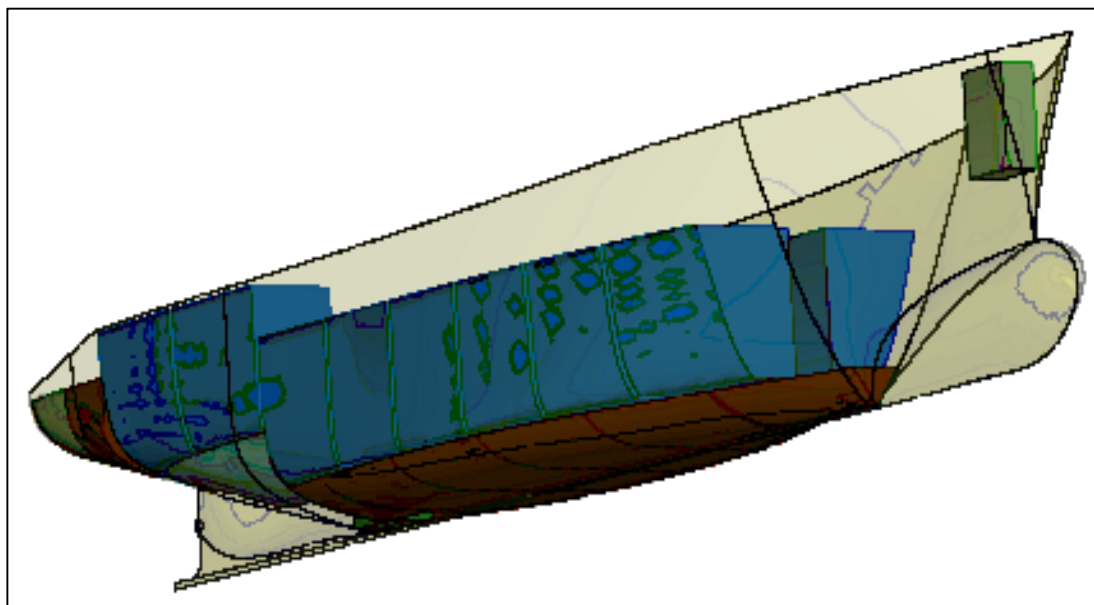
Fuente: Elaboración propia

Como se puede ver, el mayor peso se obtuvo en llegada a puerto, el peso estimado fue de 2013 toneladas, esta distribución de pesos se hará con mayor detalle en la optimización del diseño.

2.2.2 Distribución General

La distribución general del buque parte de los requerimientos del armador, en este caso lo más importante es la distribución del espacio para las 900 toneladas métricas de pescado que se espera lleve la embarcación, además de la cantidad de agua, aceite y combustible calculados en el subcapítulo anterior.

Figura No. 20.- Distribución de Tanques y Cubas de pescado



Fuente: elaboración propia

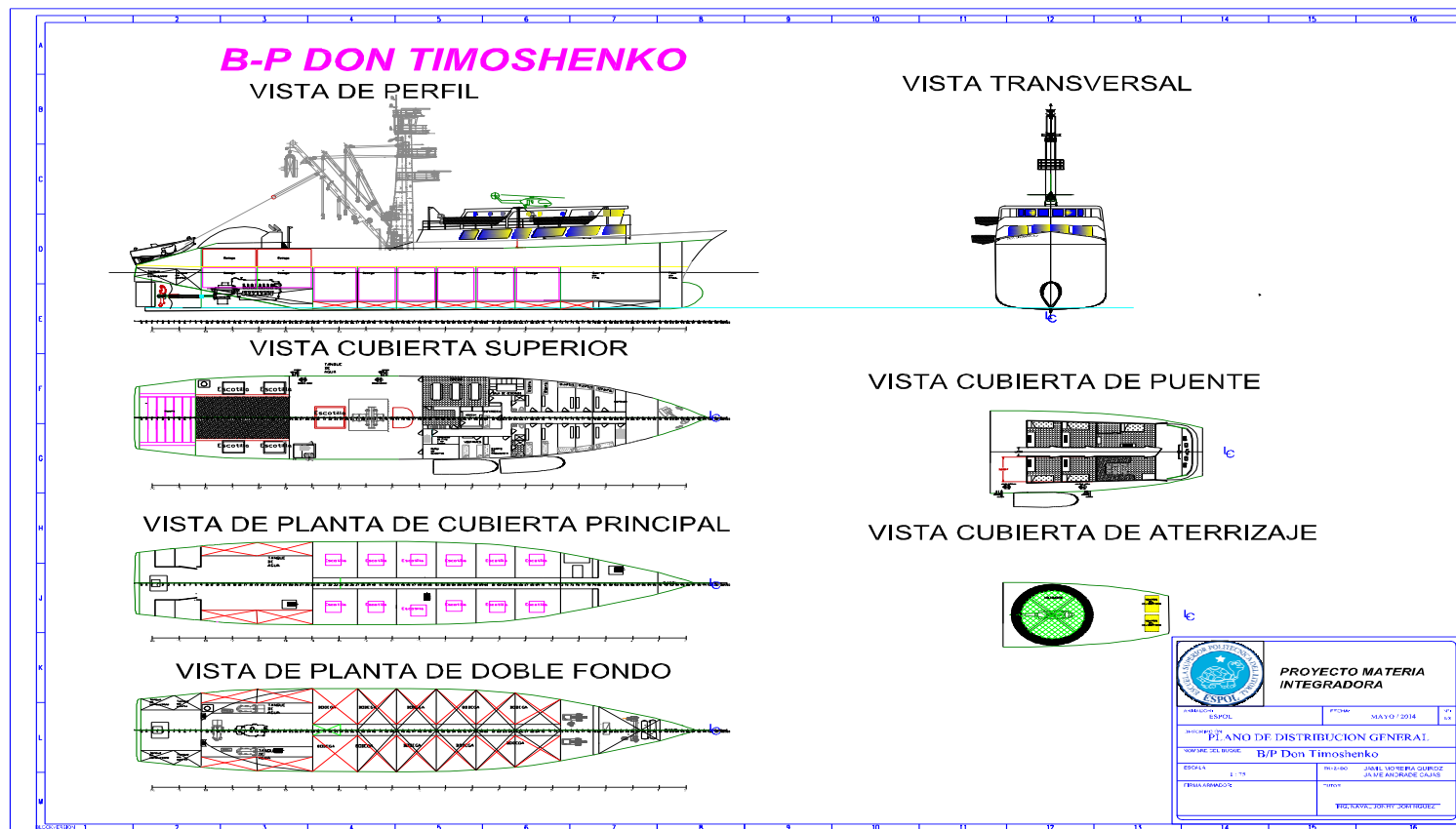
La ubicación y peso de estos espacios son tratados en el subcapítulo de estabilidad, la distribución aquí empleada es solo de tanques y cubas, para la distribución de espacios interiores de habitabilidad es necesario realizar el cálculo de dotación mínima, es decir la cantidad de tripulantes en el buque, esto se realiza haciendo uso de los documentos de la subsecretaría de transporte marítimo y fluvial [12], dados en el Anexo C, esto nos da un total de 23 tripulantes.

Con esto se procede a realizar una distribución de espacios interiores para la habitabilidad, teniendo en cuenta la ergonomía y confort de los tripulantes, pese a que este es un buque de trabajo y en el país este tipo de embarcaciones

no presta mucha atención a estos requerimientos en el proyecto, como se puede ver en el capítulo tres, tendremos en consideración todos estos conceptos.

La figura No. 21 muestra el plano de distribución general de la embarcación, donde esta combinado la distribución de tanques y la distribución de espacios de habitabilidad.

Figura No. 21.- Distribución General



Fuente: Elaboración Propia

2.3 Cálculos Hidrostáticos y estabilidad

La estabilidad en las embarcaciones atuneras es algo muy importante, el barco trabaja en condiciones de carga diferenciadas entre sí y se enfrenta a muchas situaciones que pondrían en riesgo su estabilidad; la maniobra de pesca es un ejemplo; por ello es importante hacer una distribución minuciosa de los pesos para aproximar su respuesta cada vez más a la real.

2.3.1 Cálculos hidrostáticos

Para empezar los cálculos hidrostáticos se definieron tres condiciones de carga muy diferenciadas entre sí, que son:

- Salida de Puerto
- Llegada a puerto
- 10% de consumibles

Definidas estas tres condiciones, se procede realizar una adecuada distribución de pesos para cada una de las condiciones de carga, la distribución de los pesos junto con sus centroide se puede ver en el ANEXO D, la siguiente tabla muestra aquellos pesos que son comunes para todas las condiciones de carga, con su respectivo centroide.

Tabla XXVI.- Distribución de peso del barco

Item	cantidad	ton./Uni.	Ton	Centroide		
				long.	Trans.	Vert.
Estructura	1	390.00	390.00	-3.53	0.00	4.50
Superestructura	1	110.00	110.00	10.70	0.00	11.02
Habitabilidad	1	9.55	9.55	9.00	0.00	10.70
Mástil	1	16.70	16.70	-7.00	0.00	15.00
Macaco	1	2.00	2.00	-15.00	0.00	17.00
Cabrestante	1	18.00	18.00	-7.50	0.00	6.00
Ancla	1	5.00	5.00	23.86	0.00	7.40
Cadena	1	20.00	20.00	22.86	0.00	3.10
Peso maquina	1	19.00	19.00	-19.14	0.00	2.00
Sala de frio	1	80.00	80.00	20.00	0.00	3.20
Elementos frio	1	20.00	20.00	-1.00	0.00	2.50
Servomotor y pala	1	6.00	6.00	-30.01	0.00	2.45
Sala maque	1	155.00	155.00	-19.55	0.00	1.50
Panga	1	32.00	32.00	-27.00	0.00	7.96
Peso del forro	1	62.70	62.70	-2.50	0.00	3.30
Peso del aislante	1	13.48	13.48	-2.50	0.00	3.30
Red	1	30.00	30.00	-19.53	0.00	9.40

Lanchas cub.	2	1.20	2.40	3.26	0.00	14.13
Lanchas sup.	1	1.20	1.20	6.90	0.00	14.13
Tripulación	1	5.00	5.00	9.00	0.00	11.70
Helicóptero	1	0.41	0.41	9.00	0.00	16.00
Hélice	1	2.40	2.40	-28.40	0.00	1.59
Eje	1	8.69	8.69	-25.79	0.00	1.59
Reductor	1	15.50	15.50	-21.67	0.00	2.00

Fuente: Elaboración propia

Metodología

Para los cálculos hidrostáticos, y cálculos de estabilidad, se utilizó el software, maxsurf stability, para ello se consideró las tres condiciones de carga anteriormente mencionadas, siendo 10% de consumibles la más crítica ya que en ella es donde se tiene el menor peso, la tabla XIX muestra los cálculos hidrostáticos para las tres condiciones de carga.

Tabla XXVII.- Coeficientes hidrostáticos para las condiciones de carga

	salida	Llegada	10%
Calado a sección media m	5.08	5.50	3.42
Desplazamiento t	1822.00	2014.00	1047.00
Angulo escora	0.00	0.00	0.00
Calado en FP m	4.88	5.77	3.05
Calado en AP m	5.28	5.32	3.78
calado en LCF m	5.12	5.50	3.48
Trim (+ve hacia popa) m	0.39	-0.45	0.72
WL Long. m	60.25	60.66	60.28
Manga máxima WL m	10.99	11.00	11.04
Superficie Mojada m ²	871.72	922.92	650.99
Area plano de flotación m ²	489.05	497.02	433.03
Coef. Prismat. (Cp)	0.58	0.58	0.52
Coef. Bloque (Cb)	0.52	0.54	0.42
Coef. Sección media (Cm)	0.92	0.92	0.88
Coef. Plano flotación (Cwp)	0.74	0.75	0.65
LCB desde cero pt. (+ve fwd) m	-4.48	-3.96	-3.84
LCF desde cero pt. (+ve fwd) m	-6.46	-6.16	-4.84
KB m	3.04	3.26	2.10

KG m	4.46	4.60	5.20
BMt m	2.25	2.08	3.34
BML m	52.35	49.39	67.97
GMt m	0.83	0.74	0.419
GML m	50.93	48.05	64.86
KMt m	5.29	5.34	5.44
KML m	55.39	52.65	70.06
Inmersion (TPc) tonelada/cm	5.01	5.09	4.44

Fuente: Maxsurf Stability

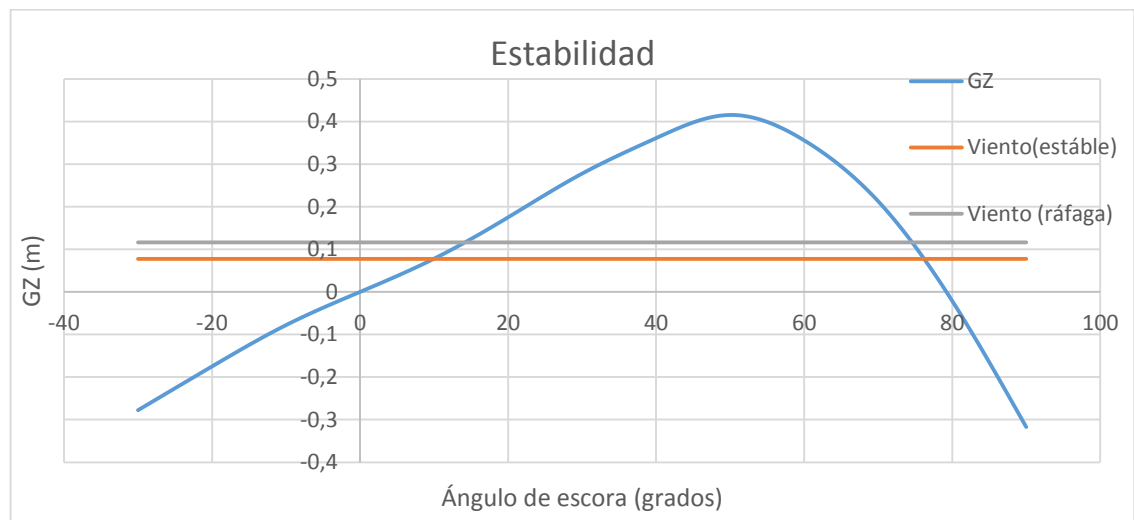
De la tabla podemos concluir que el buque tiene una buena respuesta, el valor de GMT, en las tres condiciones cumple el requisito de las sociedades para buques atunero, permanecer en el intervalo de 0.15 -0.9 m, dado que las tres condiciones de carga, siendo la más crítica la de 10% de consumibles, se encuentran en ese rango.

El trimado de la embarcación, solo en la condición de 10% de carga excede la regla de 1% de la eslora.

2.3.2 Estabilidad

Para el análisis de estabilidad, en la etapa preliminar se tomó la condición de 10% de consumibles, al ser la más crítica de las tres condiciones anteriormente mencionadas.

Figura No. 22.- Curva de Brazo Adrizante



Fuente: Maxsurf Stability

Tabla XXVIII.- Ángulos de Escora

Escora a grados de estribor	-30	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80
GZ m	-0,27	-0,17	-0,07	0,00	0,07	0,17	0,27	0,36	0,42	0,35	0,21	-0,02

Fuente: Maxsurf stability

Los criterios de estabilidad que se emplearán en el análisis son los criterios generales de estabilidad de la IMO y los criterios especiales, para embarcaciones Atuneras, además de los criterios de viento y balance.

Tabla XXIX.- Criterios de Estabilidad

códigos	Criterio	Valor	Uni.	Actual	Estado	margen %
267(85) Ch2 – criterio general	2.3: IMO roll back ángulo	19,9	grad			
Ch 9. Opcionales requerimientos de estabilidad para barcos sin documentación de la autorización de transporte Cargos parciales de grano	9.1.5 IMO GM requerido para buques que transportan granos MSC.23(59)	0,121	m			
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.1: Área 0 a 30	31,513	m.grad	72,015	Aprob.	128,52
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.1: Área 0 a 40	51,566	m.grad	135,931	Aprob.	163,61
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.1: Área 30 a 40	17,189	m.grad	63,917	Aprob.	271,85
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.2: Max GZ a 30 o superior	0,2	m	0,821	Aprob.	310,5
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.3: Angulo de GZ máximo	25	grad	53,6	Aprob.	114,54
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.4: GMt inicial	0,15	m	0,801	Aprob.	434
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.5: aprob. Aglomeración de pasajeros: Angulo de escoramiento	10	grad	-0,3	Aprob.	102,75

A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.1.2.6: giro: ángulo de equilibrio	10	grad	-0,3	Aprob.	102,75
A.749(18) Ch3 – criterio de diseño aplicables a todos los barcos	3.2.2: Viento y balanceos intensos				Aprob.	
	Angle of steady heel shall not be greater than (\leq)	16	grad	1,3	Aprob.	91,86
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be greater than (\leq)	80	%	4,64	Aprob.	94,2
	Area1 / Area2 shall not be less than (\geq)	100	%	401,2	Aprob.	301,2
4.2 embarcaciones de pesca	4.2.3.1: Gmt inicial para buques \geq 24m	0,35	m	0,801	Aprob.	128,86
267(85) Ch2 – criterios generales	2.2.1: Área 0 a 30	31,513	m.grad	72,015	Aprob.	128,52
267(85) Ch2 – criterios generales	2.2.1: Área 0 a 40	51,566	m.grad	135,931	Aprob.	163,61
267(85) Ch2 – criterios generales	2.2.1: Área 30 a 40	17,189	m.grad	63,917	Aprob.	271,85
267(85) Ch2 – criterios generales	2.2.2: Max GZ at 30 or greater	0,2	m	0,821	Aprob.	310,5
267(85) Ch2 – criterios generales	2.2.3: Angulo de GZ máximo	25	grad	53,6	Aprob.	114,54
267(85) Ch2 – criterios generales	2.3: vientos y balanceos severos				Aprob.	
	Angulo de escora estable no puede ser mayor a (\leq)	16	grad	1,3	Aprob.	91,86

	Angulo de escora estable / Angulo de inmersión de extremos de cubiertas no debe ser mayor a(<=)	80	%	4,64	Aprob.	94,2
	Area1 / Area2 no debe ser menor a (>=)	100	%	639,12	Aprob.	539,12
2.1 embarcaciones de pesca	2.1.3.1: GMt inicial para embarcaciones >= 24m en eslora	0,35	m	0,801	Aprob.	128,86
Ch 7. Requerimientos de estabilidad	7.1.1.a Angulo de equilibrio	12	grad	0,2	Aprob.	98,74
Ch 7. Requerimientos de estabilidad	7.1.1.b Angulo de razón de equilibrio	100	%	0,54	Aprob.	99,46
Ch 7. Requerimientos de estabilidad	7.1.2 GZ área entre los limites tipo 1	42,972	m.grad	133,789	Aprob.	211,34
Ch 7. Requerimientos de estabilidad	7.1.3.a Valores de GMt a	0,3	m	0,801	Aprob.	167
Ch 9. Opcionales requerimientos de estabilidad para barcos sin documentación de la autorización de transporte Cargos parciales de grano	9.1.5 Valores de GMt a	0,121	m	0,801	Aprob.	563,82

Fuente: Maxsurf Stability

De la tabla XXIX podemos ver que la embarcación aprueba los criterios de estabilidad en la condición más crítica de carga, de lo que se puede decir que la embarcación, tiene una buena estabilidad.

2.4 Análisis Estructural

2.4.1 Calculo Estructural

2.4.1.1 Análisis del esfuerzo longitudinal

En el programa hydromax que es una plataforma de Max surf realizamos un registro de todas las tinas y tanques que el buque registra para realizar sus funciones, estos tanques se ingresan en la ventana de “compartment definition”. Con todos los tanques listos y los mamparos también, trabajo realizado para el cálculo de longitud inundable, podemos realizar el cálculo de esfuerzo longitudinal en la plataforma de hydromax, nos aseguramos que la distribución de pesos este realizada de manera coherente.

En el Anexo P, podemos ver la ventana de condición de carga de nuestra embarcación, en ella el mismo programa ingresa los valores de carga de las bodegas y le permite al usuario ingresar una condición de que tan lleno está el tanque, para nuestro caso buscaremos la condición de 1900 toneladas de desplazamiento puesto que este será el desplazamiento máximo de diseño de nuestro buque.

Cuando todo este proceso se ha realizado con detenimiento, estamos listos para realizar el análisis de esfuerzo longitudinal en la plataforma de hydromax ver Anexo C. Este resultado nos sirve para calcular las estructuras en SSC.

2.4.1.2 Rayado Estructural

A continuación se ha realizado el rayado estructural, el cálculo lo realizaremos de la siguiente forma:

2.4.1.3 Espaciamiento entre cuadernas

El espaciamiento entre cuadernas que se va a utilizar lo estimamos de la ecuación dada por las reglas de Loyd's Register (Tabla 5.3.1, parte 3, chapter 5, sección 3):

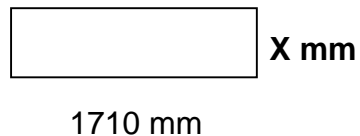
$$S = 470 + \frac{L}{0,6} \quad (12)$$

Obteniendo un valor de 570 mm de espaciamiento entre cuadernas a partir de esta ecuación.

Ahora, se utilizaran solamente almas de las cuadernas a lo largo de la embarcación, por lo tanto cada 3 claros de Cuadernas se asignaran las respectivas bulárcamas, es decir, estarían espaciados cada 1,71 m.

Usaremos una razón de aspecto de las planchas no mayor a 3, que es típico en embarcaciones pesqueras de acero.

Por lo tanto:

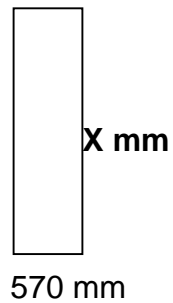


Como nuestra razon de aspecto deberia ser no mayor a 3, la relacion seria

$$3 < \frac{1710}{X}$$

Obteniendo un valor de 550 mm para el espaciamiento entre refuerzos longitudinales a lo largo de la embarcación.

Debido a las fuertes cargas que recibirán las cubiertas, se decidió usar un Cuadernaje diferente en las cubiertas, y así mismo, se analizó la razón de aspecto en las cubiertas, y procuramos que estuvieran en el rango entre 2 a 3, pero como las presiones sobre cubierta no son nada comparadas con los costados, se dejó en 2 esta razón. Por lo tanto



Por lo tanto esta relación: $2 < \frac{x}{570}$ nos da un espaciamiento longitudinal de 1200mm para las esloras de Cubierta.

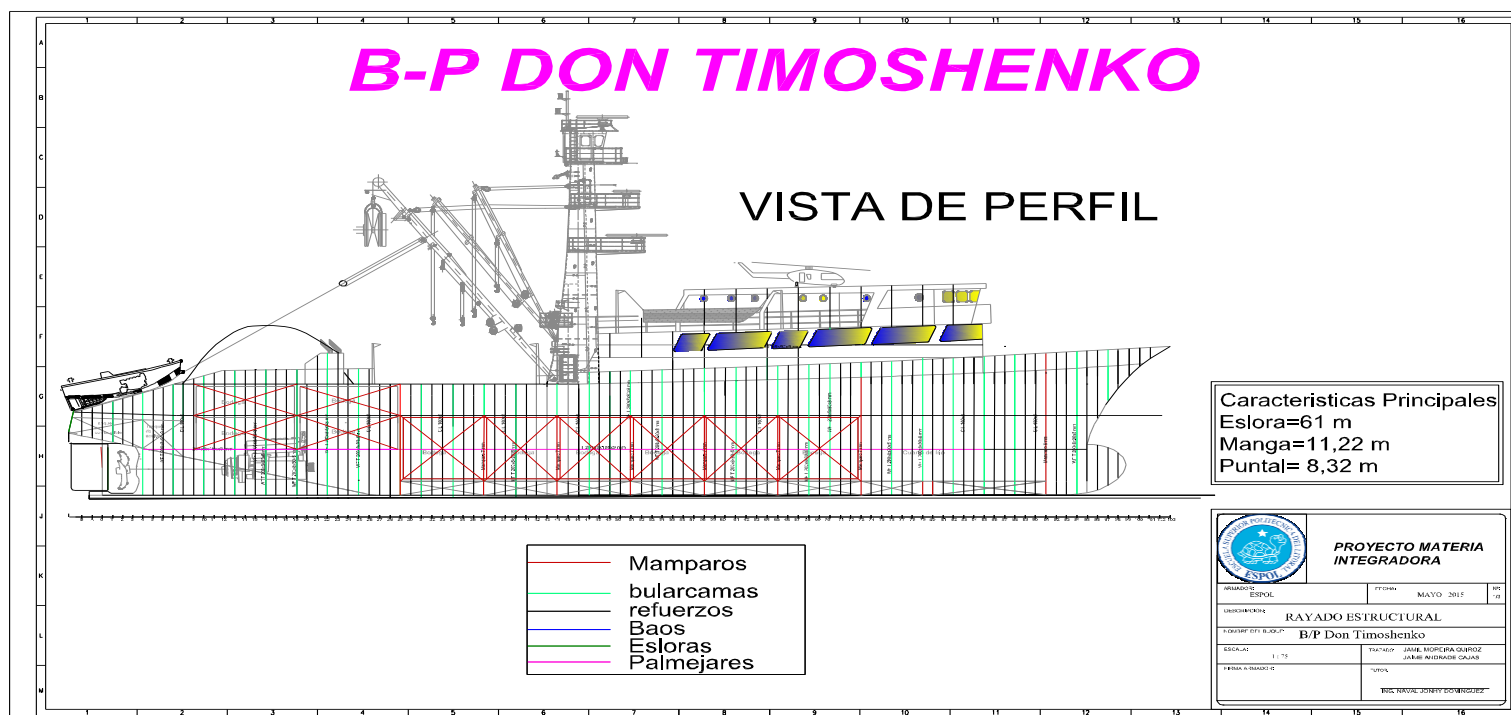
Para completar el anillo estructural, para el fondo se utilizara el mismo Cuadernaje que en cubiertas, pero como las presiones en el fondo son mucho mayores que en cubierta, el espesor de la plancha de fondo será superior al de las planchas de cubierta.

Debido a la presencia del bulbo de popa y a las formas en esta sección las cuales dificultan la soldadura de los elementos longitudinales, decidimos cambiar el tipo de Cuadernaje desde el mamparo de sala de máquinas hacia el extremo de popa.

Finalmente el rayado estructural es el siguiente:

Vista de Perfil

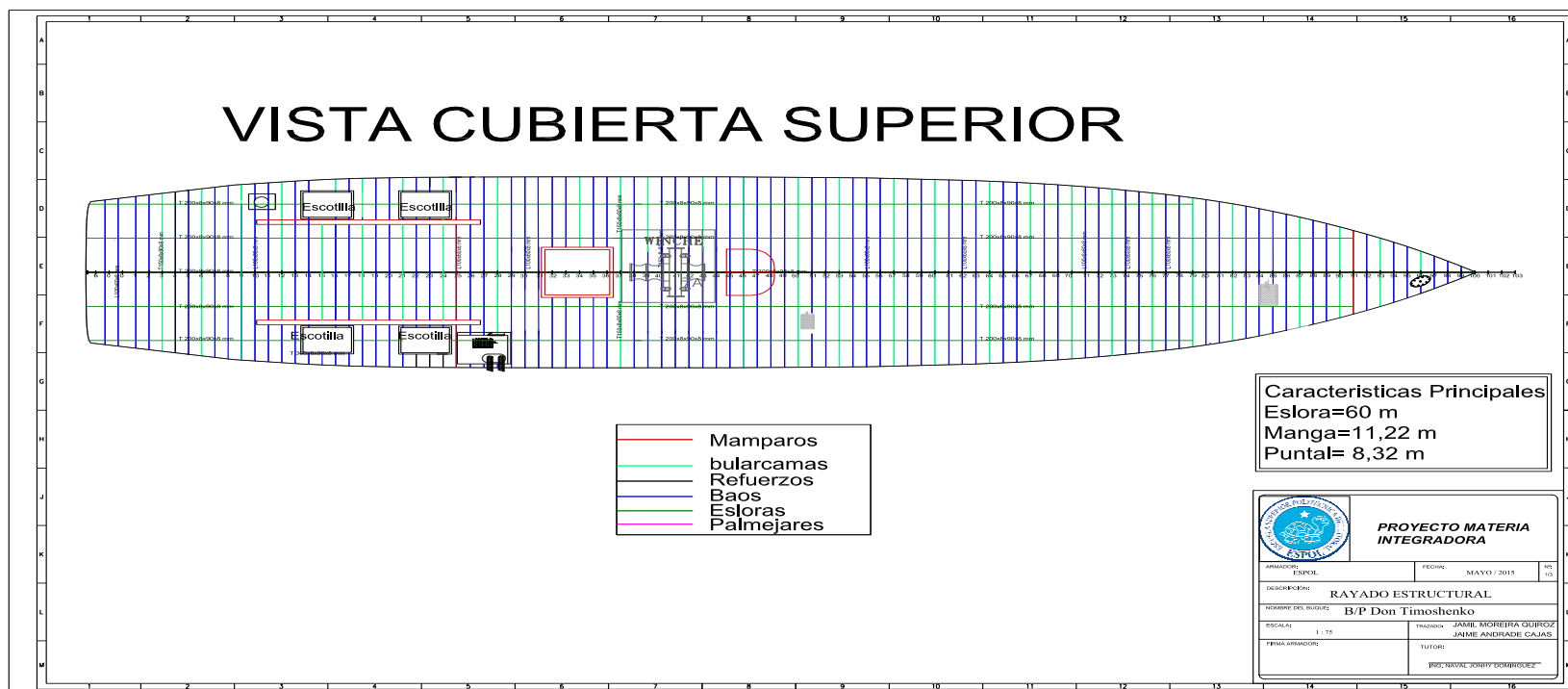
Figura No. 23.-Rayado estructural en vista de perfil



Fuente: Elaboración Propia

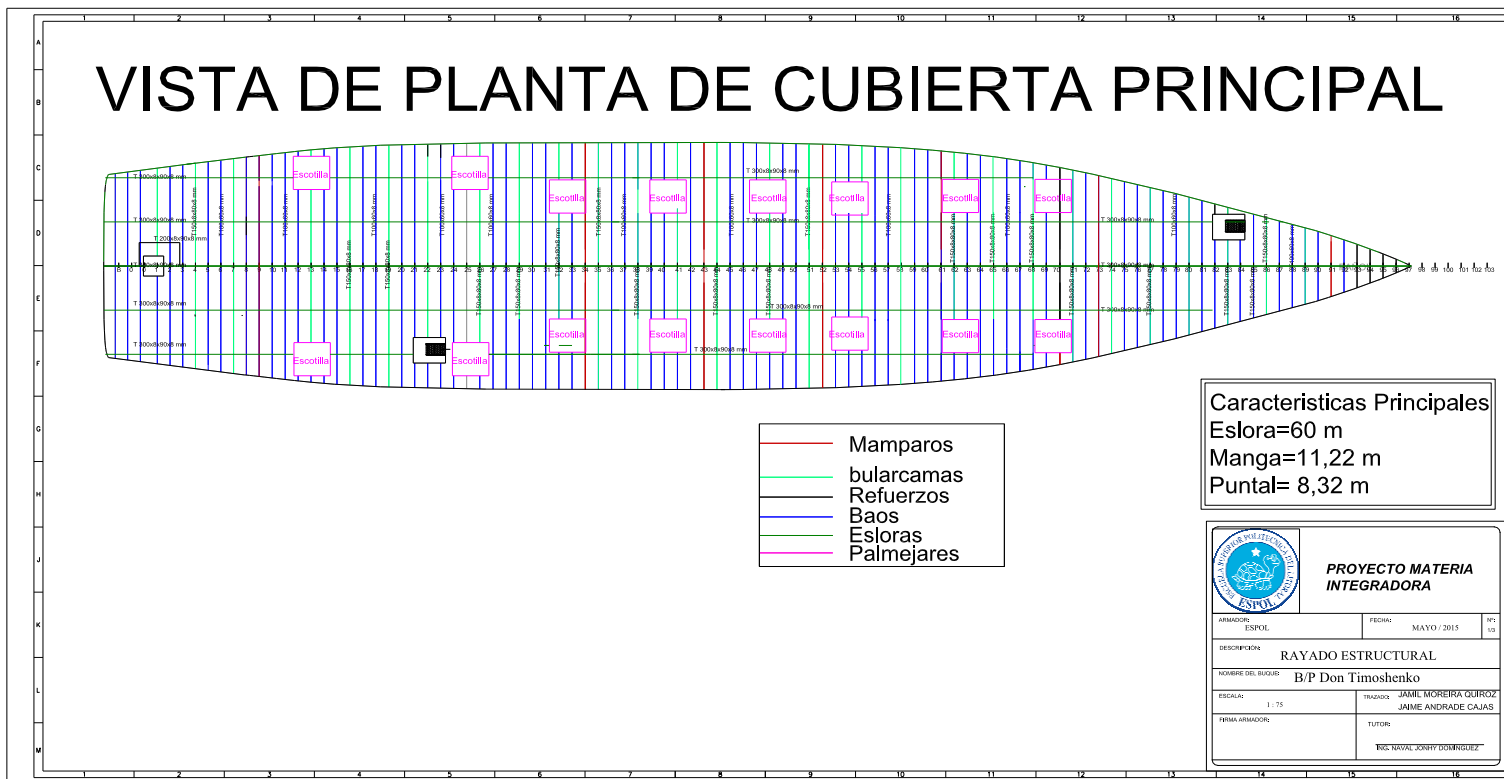
Cubierta Superior

Figura No. 24.- Rayado estructural en vista de planta cubierta superior



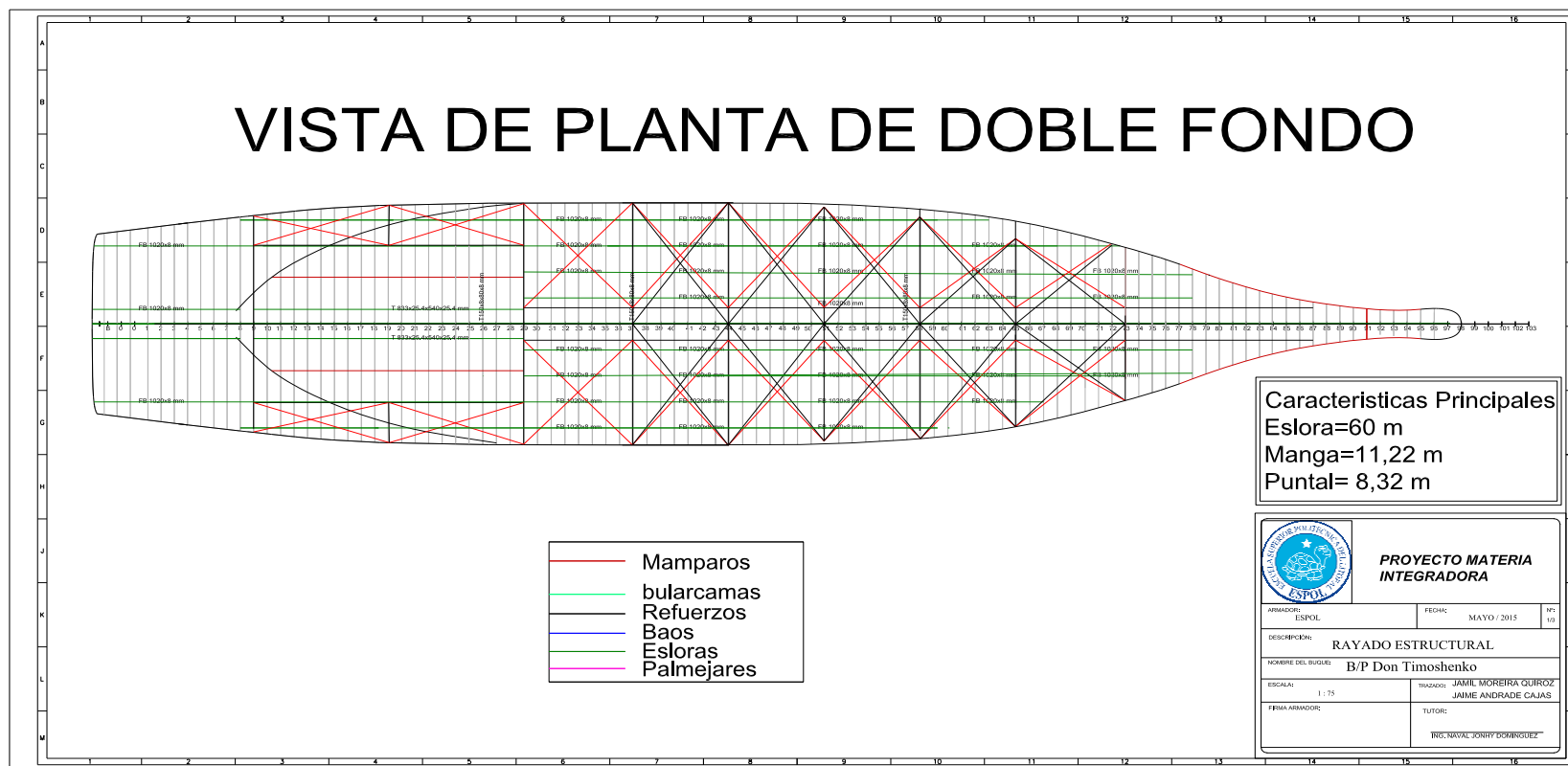
Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 25.- Rayado estructural en vista de planta de cubierta principal



Fuente: Elaboración Propia

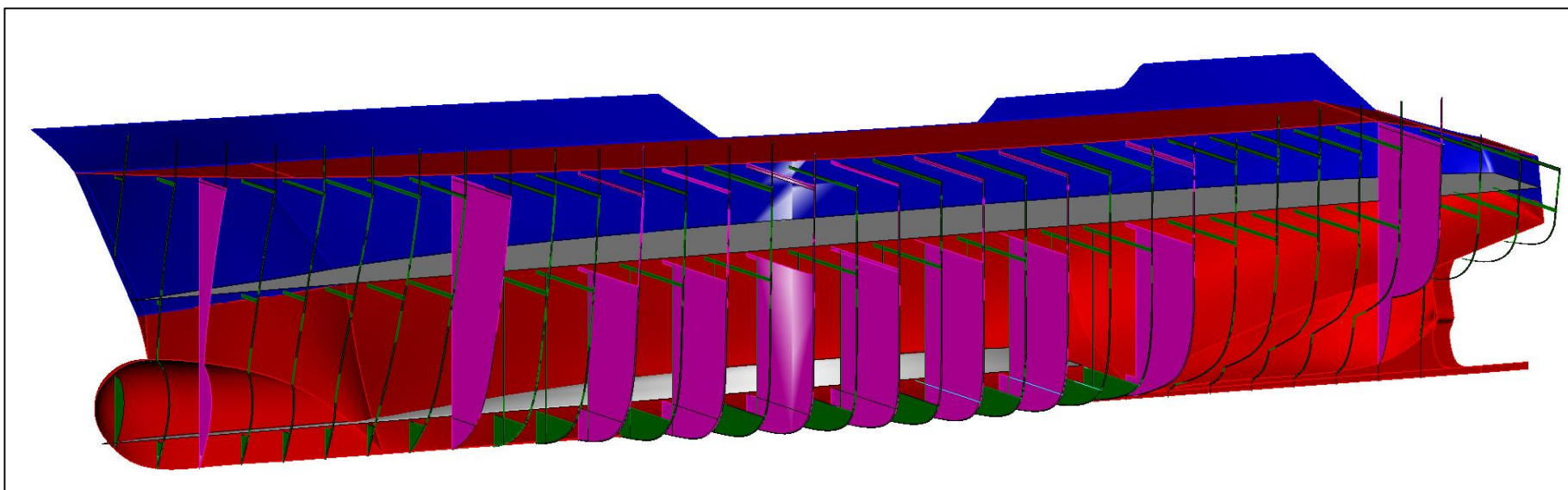
Figura No. 26.- Rayado estructural en vista de planta de doble fondo



Fuente: Elaboración Propia

2.4.1.4 Cuadernas y Mamparos del B/P Don Timoshenko

Figura No. 27.- Vista isometrica del cuadernaje, Web Frame y mamparos de la embarcacion



Fuente: Elaboración Propia

Una vez obtenido nuestro rayado estructural, usaremos esta información para calcular los refuerzos necesarios para garantizar la seguridad del buque pesquero.

2.4.1.5 Uso de Software: SSC

En el programa **Special Service Craft (SSC)**, procedemos a ingresar las características de la embarcación a la que se le analizarán los esfuerzos y se hará el escantillonado.

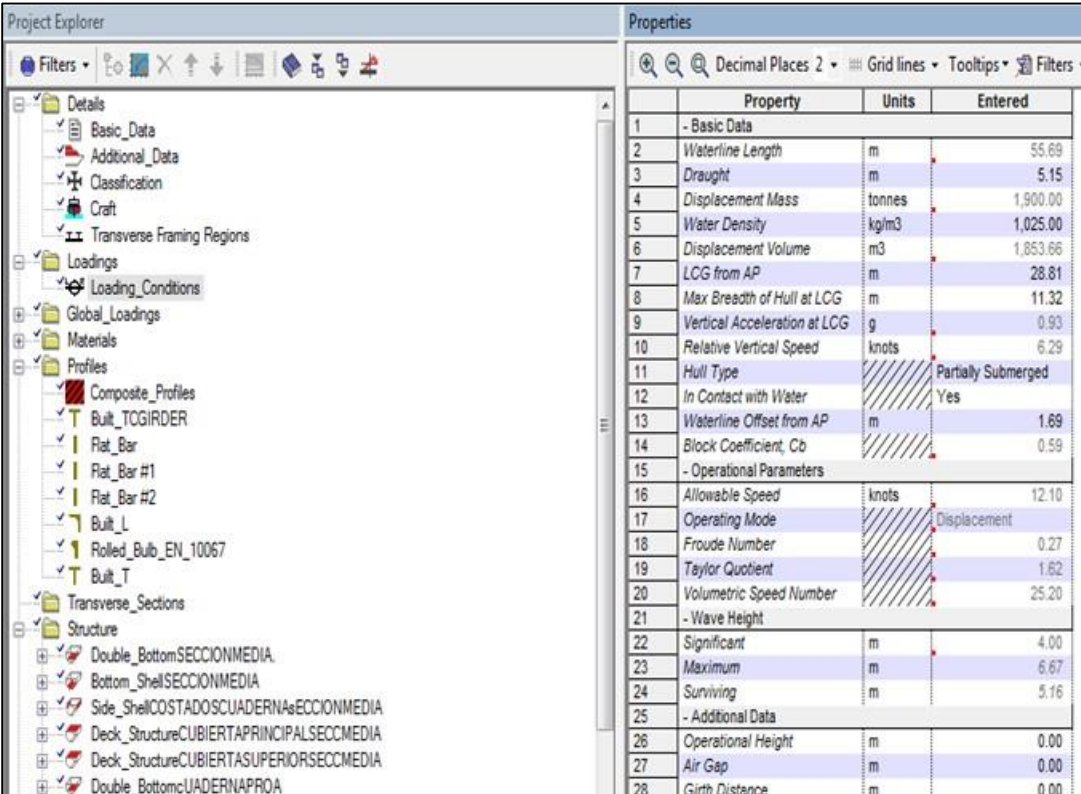
Figura No. 28.- Datos de la embarcación en ssc.

	Property	Units	Entered
1	Length Overall	m	60.00
2	Length Perpendiculars	m	53.99
3	Summer Waterline Length	m	55.69
4	Rule Length	m	53.99
5	Depth	m	7.95
6	Breadth	m	11.32
7	Summer Draught	m	5.15
8	Maximum Speed	knots	12.10
9	Moulded Displacement Mass	tonnes	1,900.00
10	Water Density	kg/m3	1,025.00
11	Moulded Displacement Volume	m3	1,853.66
12	Block Coefficient		0.59
13	Taylor quotient		1.62
14	Number of Hulls		1
15	Load Line Length	m	51.58
16	Global Assessment		Yes
17	Sailing Yacht		No

Fuente: Elaboración Propia

Ahora procedemos a ingresar las condiciones de carga de la embarcación en cuestión, todos estos datos ya fueron analizados con antelación en los capítulos anteriores.

Figura No. 29.- Condiciones de carga ssc



Property	Units	Entered
- Basic Data		
1		
2	Waterline Length	m 55.69
3	Draught	m 5.15
4	Displacement Mass	tonnes 1,900.00
5	Water Density	kg/m3 1,025.00
6	Displacement Volume	m3 1,853.66
7	LCG from AP	m 28.81
8	Max Breadth of Hull at LCG	m 11.32
9	Vertical Acceleration at LCG	g 0.93
10	Relative Vertical Speed	knots 6.29
11	Hull Type	Partially Submerged
12	In Contact with Water	Yes
13	Waterline Offset from AP	m 1.69
14	Block Coefficient, Cb	0.59
- Operational Parameters		
15		
16	Allowable Speed	knots 12.10
17	Operating Mode	Displacement
18	Froude Number	0.27
19	Taylor Quotient	1.62
20	Volumetric Speed Number	25.20
- Wave Height		
21		
22	Significant	m 4.00
23	Maximum	m 6.67
24	Surviving	m 5.16
- Additional Data		
25		
26	Operational Height	m 0.00
27	Air Gap	m 0.00
28	Girth Distance	m 0.00

Fuente: Elaboración Propia/SSC

Antes de proceder a diseñar el sistema estructural de la embarcación ingresamos los resultados obtenidos en hydromax de la fuerza cortante y el momento flector, se ingresan al programa Special Services Craft (SSC) pues

el programa las requiere para realizar todos los cálculos pertinentes en cuanto a esfuerzos del buque.

Podemos comparar la similaridad de las curvas de special service craft con las de hydromax, deberían ser iguales puesto que son los mismos puntos.

Selección de elementos

En el programa escogemos el tipo de refuerzo que va a ser usado en cada parte de la estructura, podemos escoger entre T, L, Bulbo y Flat Bar. Realizamos el análisis para el doble fondo, el fondo costado, pantoque, costado, cubiertas, timón. Una vez seleccionado el elemento nos cercioramos de que este elemento cumpla con los requerimientos que calcula el programa. En ocasiones, el programa sugiere espesores de refuerzos o planchas que comercialmente no existen, (7mm de espesor por ejemplo) en tales casos se ha seleccionado el inmediato superior (8mm).

Resultados

Finalmente se seleccionaron los siguientes elementos para el amarre estructural según SSC, ver anexo (F):

Desde extremo de popa hasta cuaderna 29

Esloras perfil tipo T, 300x8x90x8 mm

Palmejares, perfil tipo T, 254x9x155x9mm

Planchaje de fondo, espesor 10.5mm

Planchaje de pantoque, 10.5mm

Planchaje de costado, 9 mm

Planchaje de cubierta principal. 8 mm

Planchaje de cubierta superior. 8mm

Planchaje de mamparos de Bodegas. 6 mm

Quilla, plancha espesor 25.4mm

Desde cuaderna 27 hasta cuaderna 85

Esloras perfil tipo T, 300x8x90x8 mm

Palmejares, perfil tipo T, 254x9x155x9mm

Longitudinales de costado, L 101x9.52x76x9.52mm

Longitudinales del doble fondo, Plancha espesor 8 mm

Planchaje de fondo, espesor 10.5mm

Planchaje de pantoque, 10.5mm

Planchaje de costado, 9 mm

Planchaje de cubierta principal. 8 mm

Planchaje de cubierta superior. 8mm

Planchaje de mamparos de Bodegas. 6 mm

Quilla, plancha espesor 25.4mm

Desde Cuaderna 71 hasta cuaderna 97

Esloras perfil tipo T, 300x8x90x8 mm

Longitudinales de costado, L 101x9.52x76x9.52mm

Longitudinales del doble fondo, Plancha espesor 8 mm

Planchaje de fondo, espesor 10.5mm

Planchaje de pantoque, 10.5mm

Planchaje de costado, 9.52 mm

Planchaje de cubierta principal. 8 mm

Planchaje de cubierta superior. 8mm

Planchaje de mamparos de Bodegas. 6 mm

Quilla, plancha espesor 25.4mm.

2.4.1.6 Comparación con lo sugerido por la Sociedad clasificadora ABS

La sociedad clasificadora ABS [8] sugiere los siguientes valores para los diferentes elementos estructurales de la embarcación. Los datos de entrada que vamos a usar para los cálculos comparativos son los siguientes:

Tabla XXX.- Datos de entrada que vamos a usar para los cálculos comparativos

L=	53,12
B=	11,32

DS=	8,32
T=	5,15
CB=	0,58

Fuente: Elaboración Propia

Modulo Seccional Mínimo de Sección Media

$$SM = C_1 C_2 L^1 B (C_B + 0.7) \text{ m} - \text{cm}^2 (\text{ft} - \text{in}^2) \quad (13)$$

Tabla XXXI.- Tabla de coeficientes para modulo seccional

C1	=	30.67 – 0.98L	12 ≤ L < 18 m
	=	22.40 – 0.52L	18 ≤ L < 24 m
	=	15.20 – 0.22L	24 ≤ L < 35 m
	=	11.35 – 0.11L	35 ≤ L < 45 m
	=	6.4	45 ≤ L < 61 m
	=	0.0451L + 3.65	61 ≤ L < 90 m
C1	=	30.67 – 0.299L	40 ≤ L < 59 ft
	=	22.40 – 0.158L	59 ≤ L < 79 ft
	=	15.20 – 0.067L	79 ≤ L < 115 ft
	=	11.35 – 0.033L	115 ≤ L < 150 ft
	=	6.4	150 ≤ L < 200 ft
	=	0.0137L + 3.65	200 ≤ L < 295 ft
C ₂	=	0.01 (0.01, 0.000144)	

L=	eslora
B=	manga
C _b =	Coeficiente de bloque en calado de diseño, basado en la longitud, L, medida en la línea de carga de diseño. C _b no debe ser tomado como menos de 0,60

Fuente: Referencia [8]

Tabla XXXII.-Modulo Seccional SM Mínimo

MODULO SECCIONAL EN SECCION MEDIA MÍNIMO		
C1=	6,4	
C2=	0,01	
SM=	3363,841	m-cm ²
SM=	336384,1	cm ³

Fuente: Elaboración Propia

Inercia Minima de Seccion Media

$$I = L(SM)/33.3 \text{ m}^2 - \text{cm}^2(ft^2 - in^2) \quad (14)$$

L= Eslora de buque

SM= Modulo seccional de la viga buque requerido para la embarcación

Tabla XXXIII.- Momento de Inercia en SM Mínimo

MOMENTO DE INERCIA EN SECCIÓN MEDIA MÍNIMO		
I=	6060,97449	m ² -cm ²
I=	60609744,9	cm ⁴

Fuente: Elaboración Propia

Espesor en el fondo

$$t = \frac{s * \sqrt{h}}{254} + 2.5 \text{ mm} \quad (15)$$

$$t = \frac{s * \sqrt{h}}{460} + 0.10 \text{ in} \quad (16)$$

- t= Espesor de la plancha de fondo en mm (in)
- s= Espaciado de cuaderna en mm(in)
- h= Puntal,D, in m (ft), no menor a 0.1L o 1.18d o lo que sea mayor
- d= Calado de escatillonado o 0.066L o lo que sea mayor
- L= Eslora de la embarcación, en m(ft)

Tabla XXXIV.- Espesor en Plancha de Fondo

ESPESOR DE PLACA DE FONDO		
s=	570	
t=	8,97	mm

Fuente: Elaboración Propia

Espesor en el fondo de proa

$$t = 0.0046s \sqrt{(0.005L^2 - 1.3L_f^2)} / d_f \text{ mm} \quad (17)$$

$$t = 0.0026s \sqrt{(0.005L^2 - 1.3L_f^2)} / d_f \text{ in} \quad (18)$$

- s= Espaciado entre cuadernas
- L= Eslora de embarcación

$d_r =$ Calado de lastre en mal tiempo en la perpendicular de proa

Tabla XXXV.-Espesor en fondo de Proa

Espesor en fondo de proa		
s	570	
l	1,2	
df	0,9	
t=	11,38	mm

Fuente: Elaboración Propia

Espesor del doble fondo en seccion media

$$t = 0.056L + 5.5 \text{ mm} \quad (19)$$

$$t = 0.00067L + 0.22 \text{ in} \quad (201)$$

t= Espesor en mm(in)

L= Eslora de la embarcación en m (ft)

Tabla XXXVI.- Espesor en Doble Fondo

espesor de doble fondo	
t=	8,86 mm

[Fuente: Elaboración Propia]

Espesor de plancha de Tanques/Fondo de Bodegas

$$t = 0.037L + 0.009s + C \text{ mm} \quad (21)$$

$$t = 0.000445L + 0.009s + C \text{ in} \quad (22)$$

t= Espesor en mm(in)

L= Eslora de la embarcación en m(ft)

s= Espaciado entre cuadernas en mm(in)

c= 1.5mm(0.06in) en espacio del motor o -0.5mm(-0.02in) en otra lugar

Tabla XXXVII .-Espesor en inner botton

Espesor inner botton	
s	570
c	1,5
t	8,85 mm

Fuente: Elaboración Propia

Espesor Costados

$$t = \frac{s}{268} \sqrt{h} + 2.5 \text{ mm} \quad (23)$$

$$t = \frac{s}{485} \sqrt{h} + 0.10 \text{ in} \quad (24)$$

s= Espaciado entre cuadernas transversales o longitudinales en mm

t= Espesor en mm

- L= Eslora de embarcación en m
- h= Puntal en m (ft) no menor a 0.1L o 1.18d, el que sea mayor.
- d= Calado de encastillamiento o 0.66L , el que sea mayor

Tabla XXXVIII.- Espesor en Costado

espesor de costado		
s	570	
t	8.49	mm

Fuente: Elaboración Propia

Espesor de Cubiertas

$$t = \frac{s}{254} \sqrt{h} + 2.5 \text{ mm} \quad (25)$$

$$t = \frac{s}{460} \sqrt{h} + 0.10 \text{ in} \quad (26)$$

- s= Espaciado de longitudinales o baos en mm(in)
- t= Espesor en mm
- h= Altura en m (ft).

Tabla XXXIX.- Espesor en Cubierta de Francobordo

Espesor de cubierta de francobordo		
s	1200	
h=	2,34	
t	9,73	mm

Fuente: Elaboración Propia

Donde $h=0.028*L+0.66$

Tabla XL .- Espesor en Cubierta Principal

Espesor de cubierta principal		
s	1200	
h=	0,87	
t	6,90	mm

Fuente: Elaboración Propia

Donde $h=0.014*L+0.87$

2.4.1.7 Calculo de Momentos

Recordemos que para hallar la resistencia estructural de la embarcación realizamos la consideración de la viga buque, más aun cuando nuestra embarcación tiene 60 metros, y a partir de esta eslora es prácticamente obligación analizar el comportamiento primarios de la embarcación, utilizaremos la formulación establecida por la Sociedad Clasificadora ABS, para el cálculo del momento flector estándar y a partir de estos hallamos el modulo seccional de la embarcación para compararlo con los resultados obtenidos en SSC. Del manual de abs, procedemos a calcular los momentos flectores.

Calculo del momento flector estándar en aguas tranquilas:

$$M_{so} = 0.005L^3 B (Cb + 0.7) \quad (27)$$

Calculo del Momento flector en olas, condición de arrufo.

$$M_{wo} = 0.11C_w L^2 B (Cb + 0.7) \quad (28)$$

Calculo del momento flector en olas, condición de quebranto.

$$M_{wo} = 0.19C_w L^2 B \quad (29)$$

Donde C_w = Coeficiente de altura de la ola, $0.0792L$, C_b , L , B son parámetros definidos en capítulos anteriores.

2.4.1.8 Comparación de resultados

Al reemplazar nuestros valores obtendremos los siguientes resultados:

Tabla XLI .-Comparación de Momentos ABS vs SSC

	ABS	SSC
Momentos arrufo(KN.m)	42915.18	21875.38
Momentos quebranto(KN.m)	52442.93	20777
Modulo seccional (m3)	0.544	4.10
Esfuerzo(Kg/cm2)	981.38	51.64

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XLII.- Comparación de Geometría de refuerzos

Cuaderna 46	ABS	SSC
Modulo Seccional SM (cm ³)	261669,14	409697,7
Inercia Seccion Media (cm ⁴)	41741335,12	688543810
espesor plancha de fondo(mm)	8,83	10,5
espesor fondo de proa(mm)	9,99	10,5
espesor del doble fondo(mm)	8,47	9
espesor inner botton(mm)	8,60	9
espesor costados(mm)	8,50	9
espesor de cubierta de francobordo (mm)	9,42	8
espesor de cubiertas principal (mm)	6,91	8
Modulo Seccional web frame cm ³	27,31	79

Fuente: Elaboración Propia

Nota:

Todos los elementos presentados en las imágenes de arriba son los que después de varios diseños hemos comprobado que son aplicables y aprueban todos los criterios de Lloyds Register para el análisis Secundario y Terciario. Cabe recalcar que en el Capítulo III es donde se definen las dimensiones principales , ya que estos valores no son definitivos ya que deben cumplir otras propiedades que no son tomadas en cuenta en las normas de Sociedades Clasificadoras o simplemente no son valores comerciales como el espesor de plancha 10,5 mm, 7mm etc.

Calculo de espesor de Mamparos

$$t = \frac{sk\sqrt{qh}}{c} + 1.5 \text{ mm} \quad (30)$$

t= no menor que 6 mm o s/200+2.5 mm el que sea mayor

Tabla XLIII.- Datos de entrada para Cálculo de Mamparos

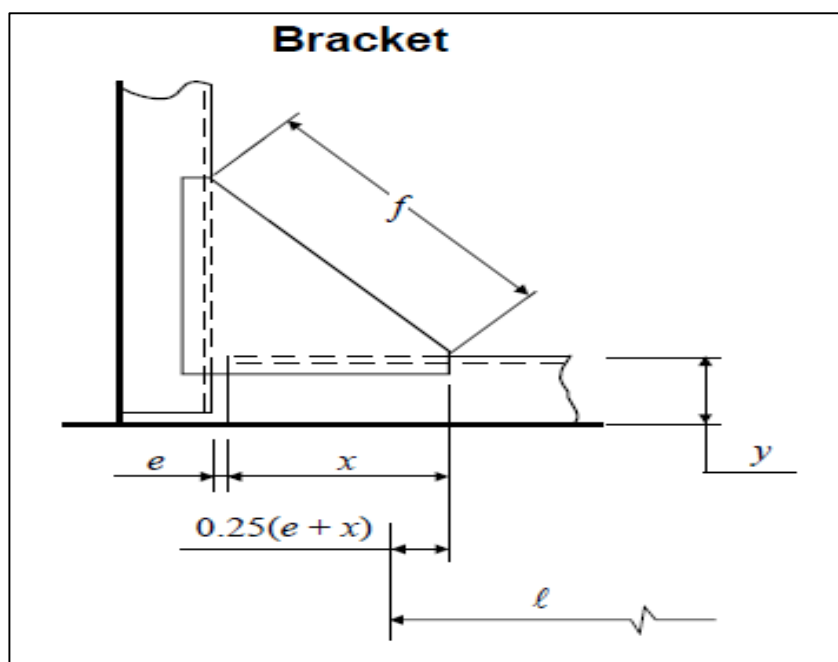
Mamparos estancos		
s	570,00	mm
k	1,00	
α	2,10	
q	1,12	
Y	210,00	N-mm ²
c	290,00	
h	7,95	m
t	7,38	mm

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que comercialmente no se encuentran planchas con espesores como en los resultados, se seleccionara un espesor de 8mm para los mamparos.

2.4.1.9 Calculo de Escuadras [8]

Figura No. 30.- Variables para calculo de escuadras



Fuente: Referencia 8

Para calcular las escuadras correctas, vamos a utilizar nuevamente ABS estimando el modulo seccional y lo comparamos con el de SSC, de esta manera establecemos las dimensiones de nuestras cuadernas, o web frames sea cual sea el caso que requiera escuadras. Al calcular el valor de f , según la tabla que se muestra a continuacion podemos obtener el espesor de la escuadra:

Figura 1.- Tabla para calculo de escuadras según abs

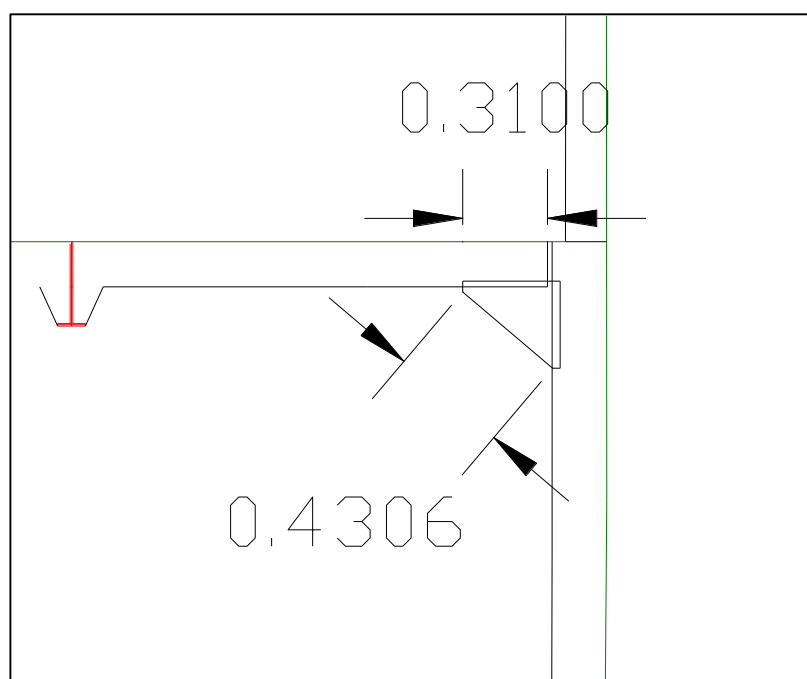
Longitud de cara f , mm	Espesor mm		Ancho de Escuadra, mm
	Plancha	ala	
No superior a 305	5	—	—
Sobre 305 to 455	6.5	5	38
Sobre 455 to 660	8	6.5	50
Sobre 660 to 915	9.5	8	63
Sobre 915 to 1370	11	9.5	75

Fuente: Referencia 8

Calcularemos las escuadras de la Cuaderna Maestra.

Cubierta Principal

Figura No. 31.- Escuadras en Cubierta Principal



Fuente: Elaboración Propia

Tabla XLIV.- Calculo de escuadras Cubierta Principal

EscuadrasCubierta principal		
x=	310	mm
y=	200	mm
f=	430	mm

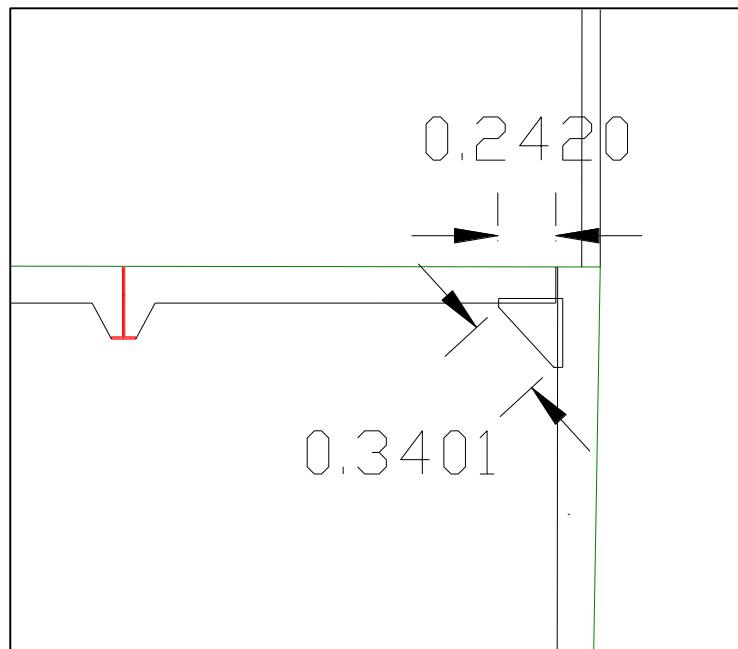
Fuente: Elaboración Propia

Con espesor de:

t=9 mm

Escuadras de Cubierta Superior

Figura No. 32.- Escuadras Cubierta Superior



Fuente: Elaboración Propia

Tabla XLV.- Calculo de escuadras Cbta Superior

Calculo de escuadras Cubierta Superior		
x=	242,8	mm
y=	152	mm
f=	340	mm

Fuente: Elaboración Propia

Con espesores de:

t=6.5mm

t=5mm

Escuadras Puente

Tabla XLVI .- Calculo de escuadras en popa

Calculo de escuadras puente		
x=	136,4	mm
y=	76	mm
f=	230	mm

Fuente: Elaboración Propia

Con espesores de:

t=6mm

2.4.1.10 Cálculo de Puntales

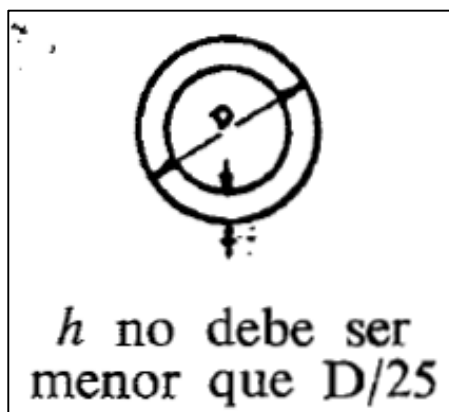
Cubierta de Helicóptero.

Para esta cubierta se considerara una mínima de 2.1 KN/m² según ABS [8] , a esto se le debe agregar el impacto del helicóptero en su aterrizaje que es el 75% de su peso distribuido en un are de 1 pie cuadrado, siendo el peso del helicóptero 415 kg aproximadamente serian 1,81 KN/m²,mas la presión ejercida por pesos como agua de lluvia u otros serian 0,4 KN/m, en total se consideraría para esta cubierta 4,31 KN/m² , sobre esta cubierta no ira ningún puntal ya que es la cubierta más alta y por ser una cubierta de aterrizaje no debe tener ningún obstáculo que dificulte el aterrizaje de la nave.

Cubierta de Superestructura

Para esta cubierta se considera una presión de 3.53 KN/m² según ABS, a esto se le agrega la presión está cubierta está conectada a la cubierta de aterrizaje mediante puntales distanciados cada 3.42m la presión que se transmite sobre estos puntales será añadida dando un total de 8,53 Kn/m². Las dimensiones de los puntales se calculan a continuación [8]: El puntal tendrá una sección tipo circular, y el espesor es el siguiente:

Figura No. 33.- Puntales



Fuente: Referencia [30]

Siguiendo las normas de ABS [8]

$$W_a = \left(k - \frac{nl}{r} \right) A_p \quad (21)$$

Tabla XLVII .- Datos de entrada Cálculo de puntales

W _a =	Carga en kN (tf, ltf)
k=	12.09(1.232, 7.83)
n=	0.0444(0.00452, 0.345)
l=	longitud de pilar no soportada en cm (ft)
r=	radio de giro mínimo de pilar en cm (in)
A _p =	Área del pilar en cm ²

Fuente: Referencia [8]

$$W = nbhs \quad (32)$$

Tabla XLVIII.- Datos de entrada Cálculo de puntales

Calculo de la Carga de puntal		
n=	7,04	
b=	2,4	m
h=	0,87	m
s=	1,71	m
W=	25,13	Kn

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XLIX .- Datos de entrada Cálculo de puntales

Cubierta de Superestructura		
Carga Permisible		
k=	12,09	
n=	0,044	
l	350	cm
r	3,46	cm
inercia	73,95	cm ⁴
Ap	6,15	cm ²
Wa=	47,08	KN

Fuente: Elaboración Propia

El área (A) y la Inercia (I) la calculamos de la siguiente forma:

Diámetro interior del tubo, $d=D-h$

Área de la sección del tubo $A=\pi (D^2- d^2)/4$

Momento de Inercia= $\pi (D^4- d^4)/64$

Tabla L.- Geometría del puntal

D=	10	cm
d=	9,6	cm
h=	0,4	cm
Ap=	6,15	cm ²
I=	73,95	cm ⁴

Fuente: Elaboración Propia

Ahora, calculamos la carga W que recibe el puntal:

Tabla LI.- Datos de Entrada

W=	Carga en kN (tf, ltf)
n=	7.04(0.715, 0.02)
b=	Amplitud significativa de área soportada m (ft)
h=	Altura sobre cubierta soportada m (in)
s=	Longitud significativa de área soportada

Fuente: Elaboración Propia

La altura h, obedece a la ecuación: $h=0.014*L+0.87$

Esta carga debe ser siempre menor, a lo mucho, igual que la carga permisible, entonces la forma de saber que nuestro puntal es el correcto, sería variando el Valor D para nuestro perfil, y así conseguir una carga permisible que sea superior a la carga recibida por este.

Cubierta Superior

Al igual que el puntal de cubierta de superestructura, es puntal tendrá sección tipo circular, y los cálculos serán de igual forma, según lo establecido por las mismas normas de ABS.

Tabla LII .-Carga Sobre puntal de Cubierta Superior

Sobre Cubierta superior		
Carga Permisible		
k=	12,09	
n=	0,044	
l	350	cm
r	4,15	cm
inercia	153,34	cm ⁴
Ap	8,86	cm ²
Wa=	74,36	KN

Fuente: Elaboración Propia

Cálculo del Área (A) e Inercia (I).

El área (A) y la Inercia (I) la calculamos de la siguiente forma:

Diámetro interior del tubo, $d=D-h$

Área de la sección del tubo $A=\pi (D^2- d^2)/4$

Momento de Inercia= $\pi (D^4- d^4)/64$

Tabla LIII .-Geometría del puntal

D=	12	cm
d=	11,52	cm
h=	0,48	cm
Ap=	8,866831	cm ²
I=	153,3465	cm ⁴

Fuente: Elaboración Propia

Carga W que recibe el puntal:

Tabla LIV .- Calculo de la Carga en el puntal

Calculo de la Carga de puntal		
n=	7,04	
b=	2,4	m
h=	2,04	m
s=	1,71	m
W=	59,04	Kn

Fuente: Elaboración Propia

Para este caso, el valor de h es el calculado según el tipo de cubierta que estamos analizando, es decir $h=0.014*L+0.43$, pero a este valor debemos agregarle el h de la cubierta de Superestructura para agregar el peso de esa cubierta y del puntal de superestructura al puntal de Cubierta Superior.

Cubierta Principal

Este puntal, también contara con sección tipo Circular, ver Figura No 33:

Tabla LV.-Carga Sobre puntal de Cubierta Principal

Sobre Cubierta principal		
Carga Permisible		
k=	12,09	
n=	0,044	
l	238	cm
r	5,19	cm
inercia	374,38	cm ⁴
Ap	13,85	cm ²
Wa=	139,59	KN

Fuente: Elaboración Propia

Calculo del Área (A) e Inercia (I).

El área (A) y la Inercia (I) la calculamos de la siguiente forma:

Diámetro interior del tubo, $d=D-h$

Área de la sección del tubo $A=\pi (D^2- d^2)/4$

Momento de Inercia= $\pi (D^4- d^4)/64$

Tabla LVI.- Geometría del puntal

D=	15	cm
d=	14,4	cm
h=	0,6	cm
Ap=	13,85	cm ²
I=	374,38	cm ⁴

Fuente: Elaboración Propia

Carga W que recibe el puntal:

Tabla LVII.-Calculo de la Carga en el puntal

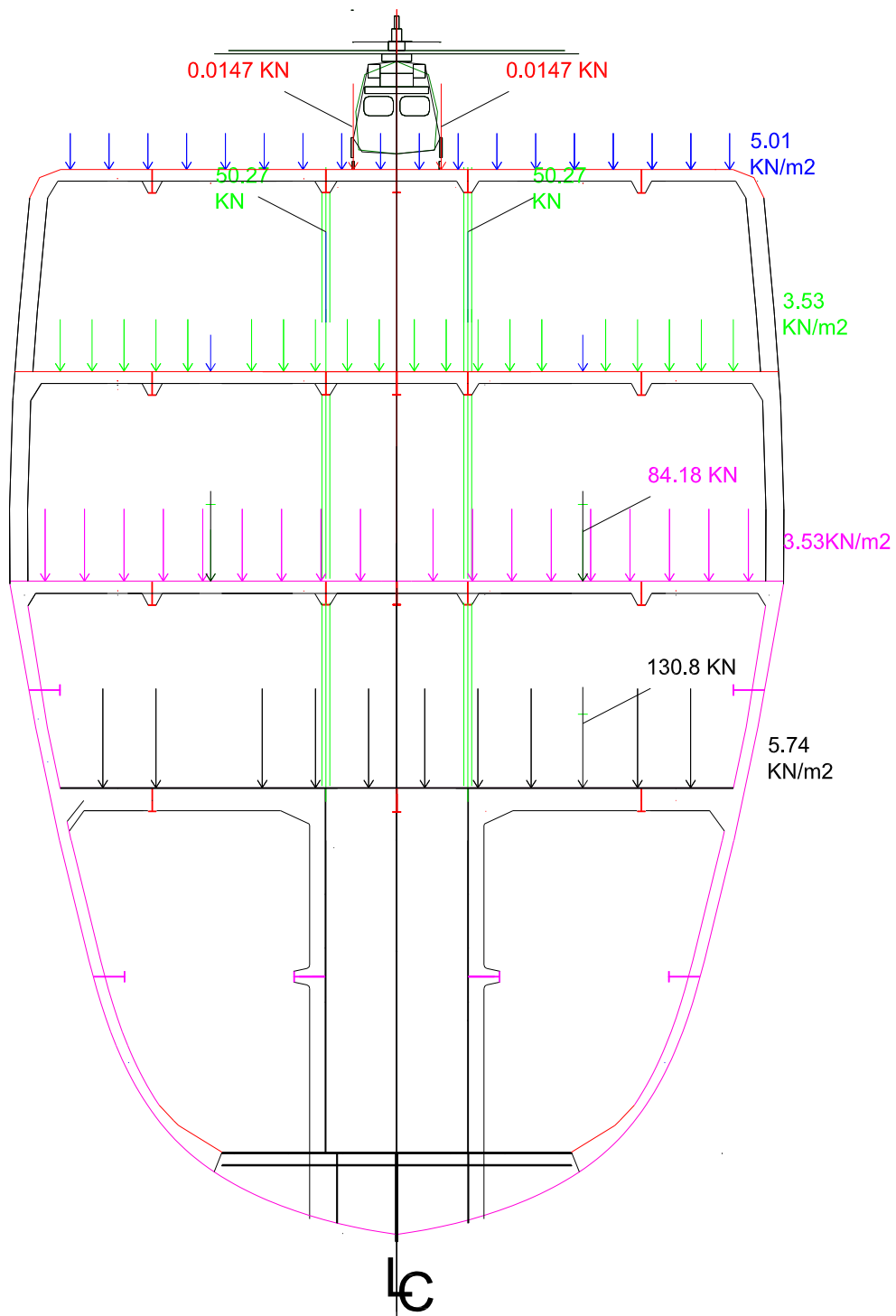
Calculo de la Carga de puntal		
n=	7,04	
b=	2,4	m
h=	3,65	m
s=	1,71	m
W=	105,67	Kn

Fuente: Elaboración Propia

Donde $h = 0.014 \cdot L + 0.87 + h$ (cubierta Superior)

Finalmente, se presentan los resultados para el cálculo estructural, de la cuaderna:

Figura No. 34.- Cargas sobre cubiertas



Fuente: Elaboración Propia

2.5 Cálculo de resistencia y propulsión

2.5.1 Resistencia de la embarcación

El cálculo de la resistencia de la embarcación se lo hace con el método de Holtrop-Mennet [14], el método permite estimar la resistencia para embarcaciones de desplazamiento como lo es el buque atunero, la tabla XXII, muestra los datos de entrada requeridos por el método de holtrop.

Tabla LVIII.- Datos de entrada para el cálculo de resistencia

Descripción	Valor
l_{wl},m	61
l_{pp},m	52.86
B_{wl},m	11
$T,calado\ medio,m$	5.5
$T_{pr}, calado\ en\ proa,m$	5.5
$T_{pp}, calado\ en\ popa,m$	5.5
Desplazamiento, tons	1900
$A_w,superficie\ mojada, m^2$	887
$A_x, Area\ de\ sección\ media, m^2$	85.11
$B_t,manga\ del\ espejo\ sumergido,m$	6.96

Tt, calado del espejo,m	1.24
At, área de inmersión del espejo,m ²	8.6
ie,1/2 ángulo de entrada (°)	12.69
lcb(+proa),m	-2.36
Cwp	0.781
Cpv	0.55
Abt, area transversal del bulbo de proa (m ²)	4.53
Hb,(desde LB), inmersión del bulbo de proa (m)	2.43
lcb(+proa),%lwl	-2.36
Cx	0.931
Cb	0.56
alto de la super estructura,m	5.68
ancho de la súper estructura, m	10.6
área de apéndices(m ²)	169.76
U-sección de popa en forma de u	10

Fuente: Elaboración propia

Con estos valores se procede, a realizar el cálculo de resistencia para diferentes velocidades, la tabla LIX muestra los resultados del cálculo y la

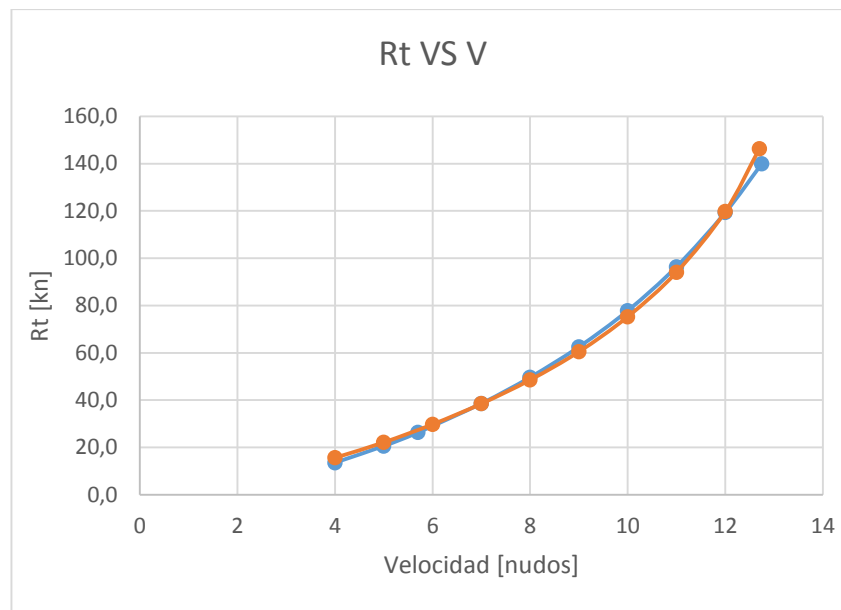
figura No. 35 muestra la curva de resistencia vs velocidad que se obtiene del cálculo.

Tabla LIX.- Cálculos de Resistencia

V[nudos]	Fn	Rn	(1+K)	Cf	Rf[kN]	Rapp[kN]	Rw[kN]	Rviento[kn]	Rb[kN]	Rtr[kN]	Ra[kN]	Rt[kn]	Rt[kN]*1.1
4	0.09	1.4E+06	1.2	0.0	4.6	1.7	0.0	1.1	0.0	3.7	1.3	12.3	13.6
5	0.11	1.7E+06	1.2	0.0	7.0	2.5	0.0	1.7	0.0	5.5	2.0	18.7	20.6
5.7	0.13	2.0E+06	1.2	0.0	8.9	3.2	0.0	2.2	0.0	7.0	2.6	23.9	26.3
7	0.16	2.4E+06	1.2	0.0	13.1	4.7	0.1	3.2	0.1	9.9	4.0	35.1	38.6
8	0.18	2.8E+06	1.2	0.0	16.8	6.1	0.5	4.2	0.1	12.3	5.2	45.1	49.7
9	0.20	3.1E+06	1.2	0.0	20.9	7.6	1.5	5.4	0.1	14.9	6.5	56.8	62.5
10	0.23	3.5E+06	1.2	0.0	25.4	9.2	3.9	6.6	0.1	17.4	8.1	70.7	77.8
11	0.25	3.8E+06	1.2	0.0	30.4	11.0	8.4	8.0	0.1	19.9	9.8	87.6	96.4
12	0.27	4.2E+06	1.2	0.0	35.7	13.0	16.1	9.5	0.1	22.4	11.6	108.5	119.3
12.75	0.29	4.4E+06	1.2	0.0	40.0	14.5	24.5	10.8	0.1	24.1	13.1	127.2	140.0

Fuente: Elaboración propia

Figura No. 35.- Curva Resistencia vs Velocidad



Fuente: Elaboración propia

En la figura No. 35 se presenta la curva de resistencia que se obtiene en el cálculo, además de la curva de resistencia que se obtiene en el software Navcad (curva naranja), el análisis realizado con este software se explica en el capítulo tres, como se puede ver en la figura No. 21, ambas curvas son muy similares.

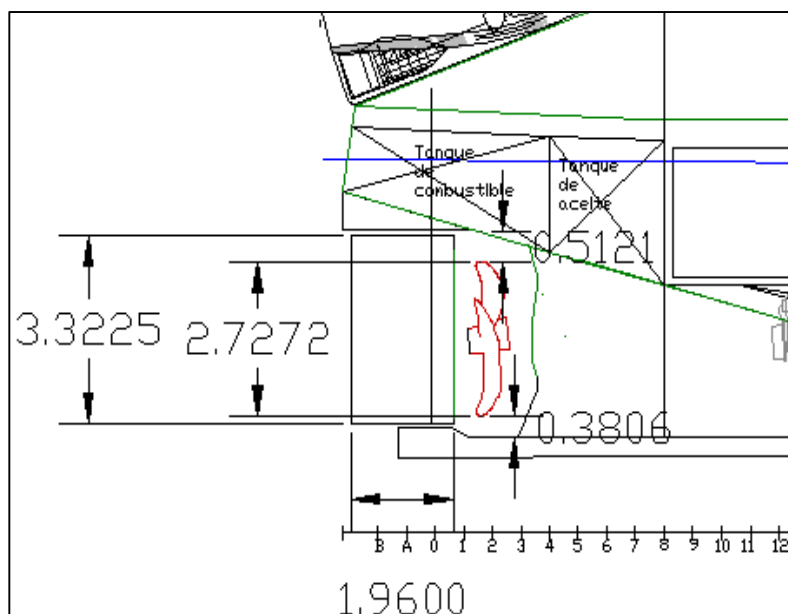
Aunque se estimó una velocidad de 12 nudos, el cálculo se hizo con una velocidad un poco mayor a los 12 nudos, como se puede ver en la figura, a una velocidad de 12 nudos la resistencia es de **120 KiloNewtons**, aproximadamente.

2.5.2 Propulsión de la embarcación

Conociendo estos datos, procedemos a determinar el espacio que nos permite la embarcación para la hélice, en el análisis preliminar para encontrar el diámetro de hélice hacemos uso del a regla de 10% menos del calado mínimo, el cual ocurre en la condición más crítica de la embarcación.

De la tabla XIX, podemos ver el calado en la condición crítica, 10% de consumibles, tomamos el calado de 3.42, quitándole el 10% tenemos un **diámetro posible para la hélice de 3 m**. La figura No. 36 muestra e espacio que existe para la hélice en el diseño realizado.

Figura No. 36.- Espacios posibles para la hélice

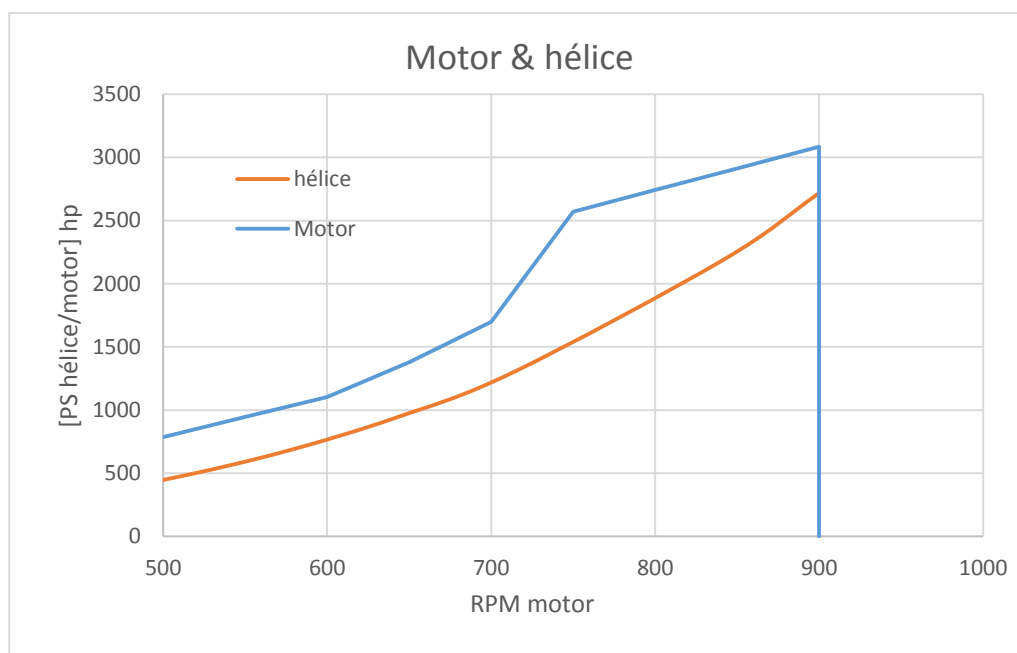


Fuente: Elaboración Propia

Si bien, el espacio permisible es de 3.3 m, el diámetro por regla de calado es de 3 metros. El diámetro seleccionado es de 2.7 m para poder cumplir las reglas de holgura según Lloyd's Register, explicados en la referencia [2].

Dado que se conocen las características del motor, referencia [11], se hace uso del programa navcad, para determinar la respuesta de la hélice a las diferentes velocidades, sabiendo que a respuesta de la hélice debe romper la resistencia de 120KN. El desarrollo del programa se muestra en el **anexo E**.

Figura No. 37.- Motor y Hélice



Fuente: Navcad

Como podemos ver, la hélice tiene una buena respuesta, la curva de la hélice está por debajo del 10% de la potencia máxima del motor, lo cual es adecuado

para un buen desempeño de la hélice. En el Anexo E se puede ver a más detalle lo tratado en este subcapítulo.

2.6 Sistemas auxiliares

Los sistemas auxiliares, constituyen todos los equipos que le permiten a la embarcación cumplir los objetivos para los cuales fue diseñado el buque, a excepción del sistema propulsor. Se calcularán a continuación los equipos y sistemas auxiliares a Bordo de la embarcación:

2.6.1 Equipos de amarre y Fondeo

Cuando se habla de los equipos de amarre y fondeo inmediatamente se piensa en el numeral de equipo, que según [15] está dada por la siguiente ecuación.

$$EN = k\Delta^{2/3} + mBh + nA \quad (43)$$

Donde:

$K = 1$

$M = 2$

$$N = 0.1$$

Delta = desplazamiento del modelo en toneladas métricas

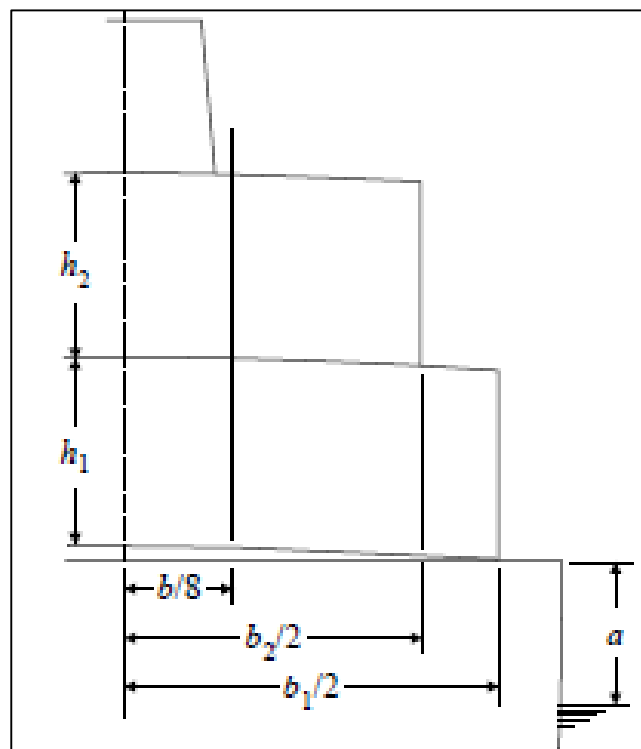
B = manga del buque.

$h = a + h_1 + h_2 + h_3 + \dots$ donde h es la altura de cada nivel de la súper estructura y a es el francobordo.

A = es el área de perfil de la embarcación con la súper estructura, casetas, que tengan de manga $B/4$ o mayor sobre la línea de flotación al calado de verano.

Valores de h:

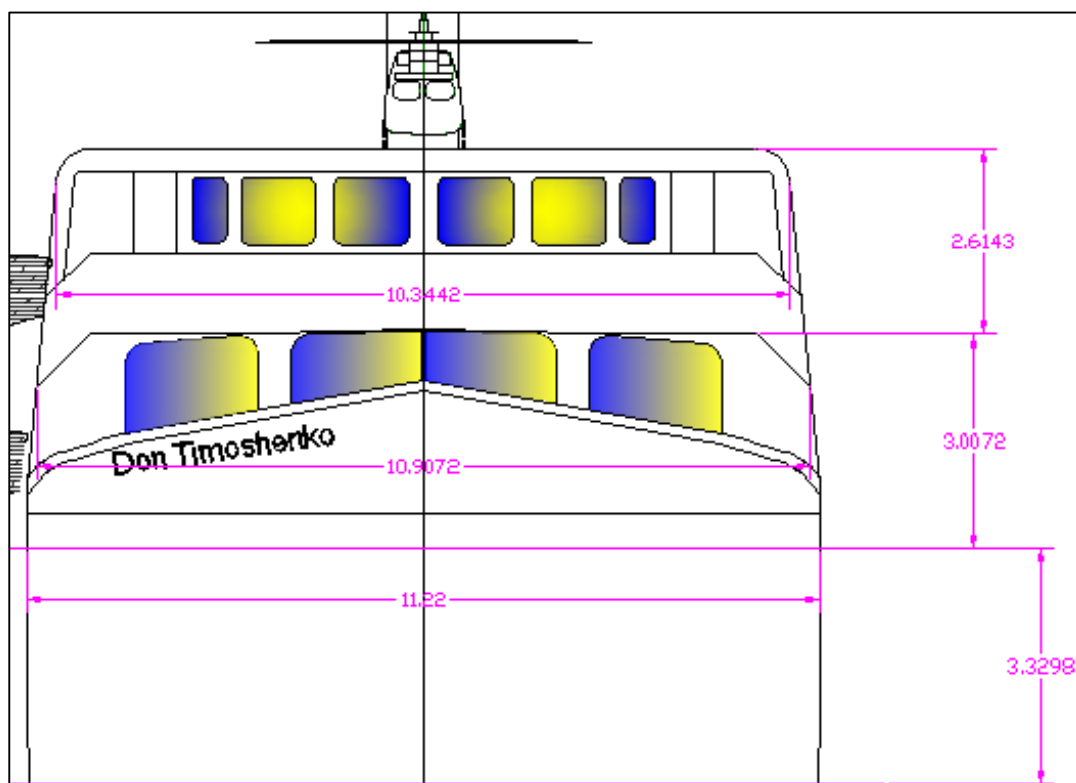
Figura No. 38.- Modo para calcular el área transversal



Fuente: Referencia [15]

De acuerdo a la Figura 38, podemos ver como se obtienen los valores de las alturas a las cubiertas.

Figura No. 39.- Alturas y otras dimensiones



Fuente: Elaboración Propia

$$EN = 1 \cdot 1942^{\frac{2}{3}} + (2 \cdot [(11.22 \cdot 3.33) + (3.01 \cdot 10.91) + (2.61 \cdot 10.34)]) + (0.1 \cdot 365) \quad (54)$$

$$EN = 423.4$$

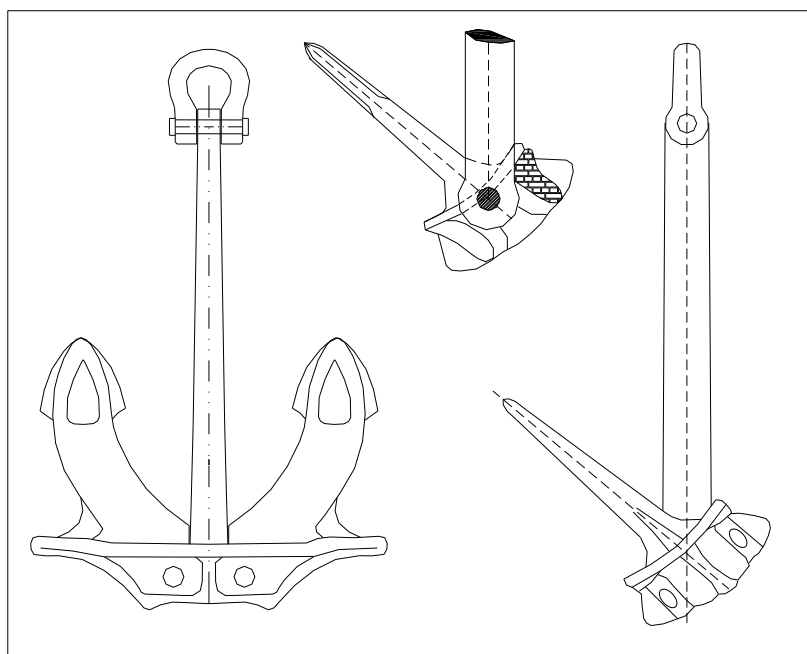
Utilizando la fórmula de la referencia [15], obtenemos el numeral de equipo, que nos ayuda la selección de equipos a bordo.

2.6.1.1 Anclas [16]

Puesto que el número del numeral de equipo es 423.4 ingresamos con este valor a las tablas proporcionadas por ABS para determinar la cantidad de anclas necesarias para la embarcación.

El valor más próximo a 418 es 400 que corresponde al numeral de equipo U13, a este valor le corresponden 3 anclas de 1.3 toneladas cada una, siendo 2 para navegación y una tercera para emergencias.

Figura No. 40.- Anclas



Fuente: Referencia [16]

2.6.1.2 Cadenas

Siguiendo el mismo numeral de equipo U13 se dispondrá del siguiente tipo de cadena.

Longitud = 385 m

Eslabón = Grado2 diámetro 32mm

2.6.1.2.1 Caja de cadena

El buque dispone de dos cajas de cadenas ubicadas simétricamente respecto a crujía en la proa de la embarcación y a proa del mamparo del peak de proa, el volumen total necesario para albergar la cadena puede estimarse con la siguiente ecuación [16].

$$V = 0.082 * L * d^2 \times 10^{-4} \text{ (m}^3\text{)} \quad (65)$$

Donde:

d: diámetro del redondo del eslabón en mm

L: longitud de la cadena en m

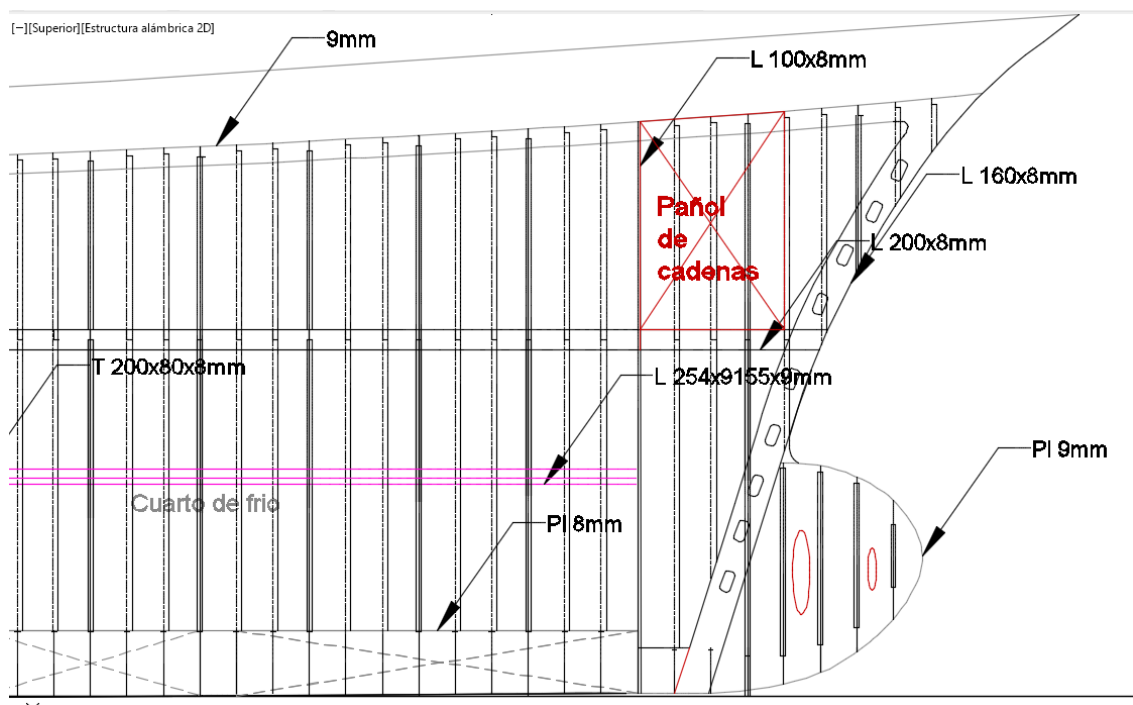
Sustituyendo en la ecuación los valores tenemos los siguientes resultados:

Volumen Unitario: 3.33 m^3

Volumen total: 6.66 m^3

A pesar de que el cálculo del pañol muestra que basta con que el volumen de este sea de 6.66 m^3 , se decidió que el pañol de la cadena sea de 7.7 m^3 para adaptaciones del buque. A continuación se muestran los planos en 2D y una Figura en 3D del pañol de cadena.

Figura No. 41.- Dimensiones del Pañol de Cadena



Fuente: Elaboración Propia

2.6.1.3 Cables y Amarras

La Sociedad de Clasificación no impone requisitos al cable de remolque ni al equipo de amarre del buque pero si proporciona unos valores orientativos [15] y estos estan en función de numeral de equipo.

2.6.1.4 Cable de remolque

Para el numeral de equipo U13 se recomienda un longitud de 180 m y un carga de rotura mínima de 250KN.

Línea de amarre

Para el numeral de equipo U13 se recomienda 4 líneas de 140 m cada una y una carga de rotura mínima de 98 KN, siendo el cable de acero de 7/8" diametro según la Referencia [29]

2.6.1.5 Molinete

En la zona de amarre de proa se dispone de un molinete para las 2 anclas que dispondrá de 2 barboten para el manejo de las cadenas combinado con un chigre de amarre auto-estimable para el manejo de las amarras de proa. Ver referencia [16].

2.6.1.5.1 Potencia del Molinete

La potencia del molinete se la puede calcular con la siguiente ecuación:

$$P = \frac{f \cdot T \cdot V}{60 \cdot \text{Efici.} \cdot 75} , [\text{HP}] \quad (35)$$

Donde:

F es un factor, este dependerá de si la potencia se está calculando para soltar o para izar el ancla.

F_{soltar} = 7.74

F_{izar} = 4.3

V es la velocidad y esta dependerá al igual que el factor f de si el molinete está izando o soltando el ancla.

V_{soltar}: se recomienda que sea entre 3.66 a 5.55 (m/min)

V_{izar}: se recomienda que sea entre 10 a 12 (m/min)

P: es el peso del ancla en Kg

Eficiencia: es la eficiencia del molinete, esta se recomienda que sea entre 0.6 y 0.66

Potencia para soltar el ancla

$$P = \frac{7.754 \cdot 1300 \cdot 5}{60 \cdot 0.63 \cdot 75} \quad (76)$$

$$P = 17.77 \text{ HP}$$

Potencia de izaje

$$P = \frac{4.3 \cdot 1300 \cdot 11}{60 \cdot 0.63 \cdot 75} \quad (87)$$

$$P = 21.7 \text{ HP}$$

Como se puede apreciar para estos cálculos se consideraron para soltar y para izar velocidades de 5 y 11 m/min respectivamente y en ambos casos se seleccionó una eficiencia de 0.63.

Puesto que siempre escogemos la mayor entre ambas, la potencia recomendada del molinete será la potencia para el izaje.

$$P = 21.7 \text{ HP}$$

2.6.1.6 Bitas

Con la finalidad de facilitar el amarre y el remolque de la embarcación se dispondrá de 4 bitas en la zona de proa y otras cuatro en la zona de popa, además de 2 a cada banda, todas en la cubierta superior.

2.6.2 Sistema de combustible

2.6.2.1 Descripción del sistema

El sistema contará con 2 tanques diarios de combustible con las mismas dimensiones, uno de ellos sirve para alimentar el motor y los generadores, y el otro sirve de alimentación del tanque anteriormente mencionado y receptor de combustible.

Cada tanque diario contará con 2 sensores de nivel, a nivel superior e inferior del tanque, el sensor de nivel inferior indicará el nivel mínimo de combustible admisible en el tanque, si el combustible alcanza este nivel, se procede a llenar el tanque, el nivel superior indica el nivel máximo de combustible en el tanque, cuando el combustible alcance este sensor se dejará de enviar combustible a los tanques, el sistema de llenado podrá ser de 2 maneras, automático y

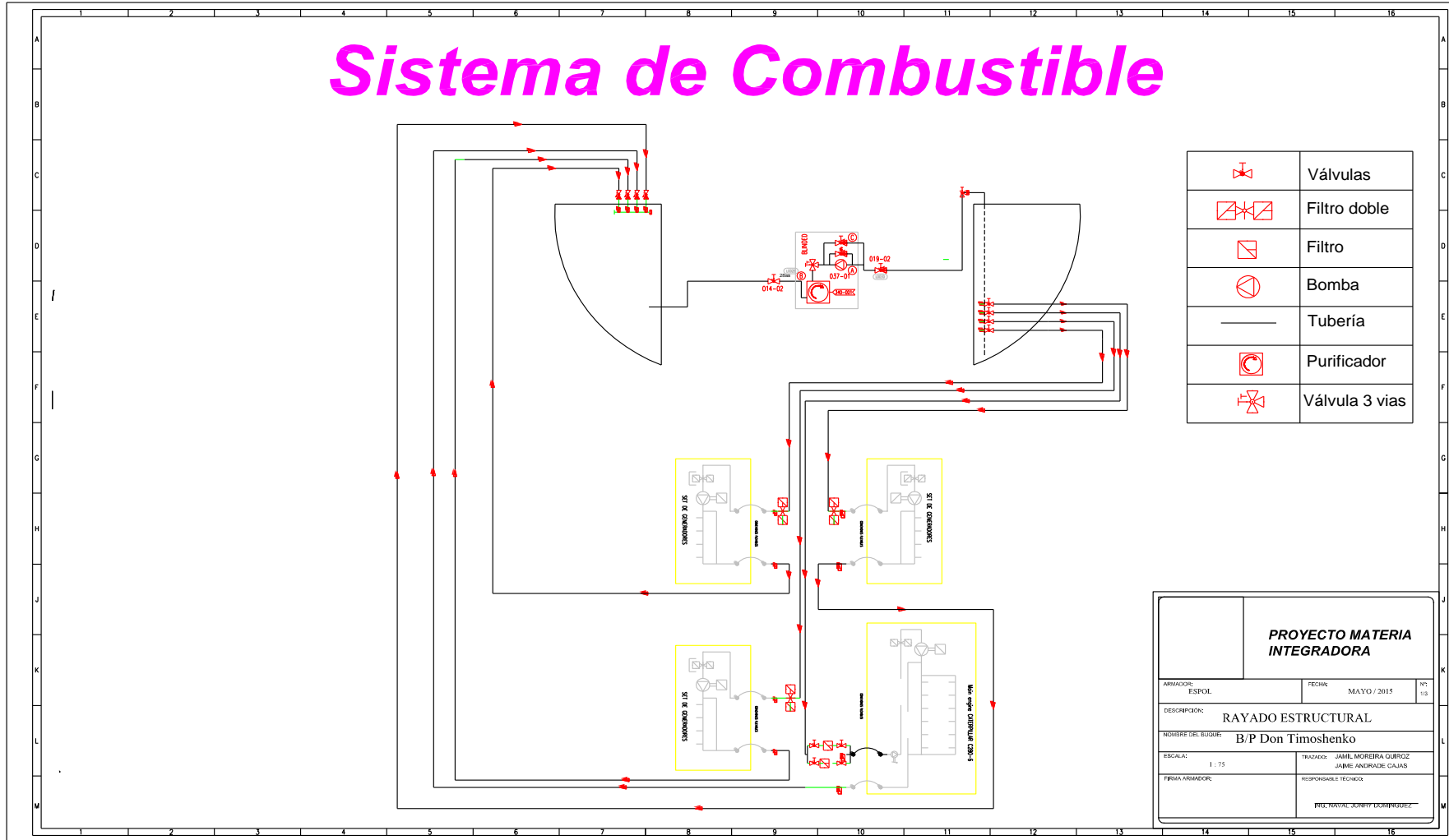
manual, el modo de llenado manual será empleado en caso de que el sistema automático esté averiado.

Entre los dos tanques diarios, habrá una bomba centrífugadora de combustible para que el combustible que llegue al tanque diario esté centrifugado. El sistema de alimentación al tanque receptor de combustible constará de una bomba de desplazamiento, esta trasvasiará el combustible, primeramente de las cubas y luego de los tanques de combustible ubicados en el doble fondo de la embarcación, esto se realizará de manera automática, utilizando los sensores de nivel.

El motor tendrá un sistema de doble filtro mientras que los generadores tendrán un filtro cada uno, cada tanque de combustible tendrá su propia válvula cheque para evitar el retorno de fluido.

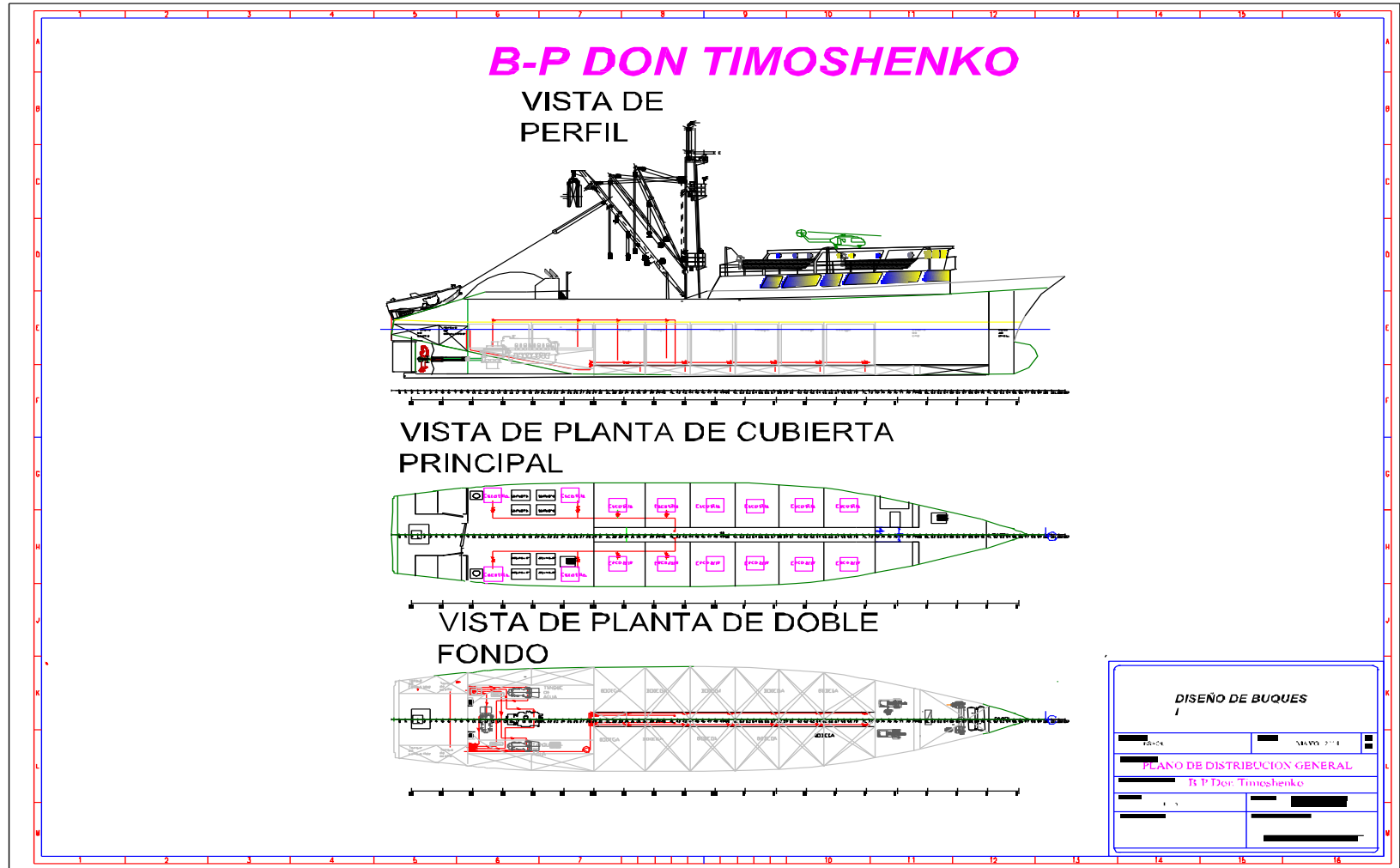
El motor y los generadores trabajan con MDO, Marine Diesel Oil.

Figura No. 42.- Diseño del sistema de combustible



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Figura No. 43.- Sistema de combustible



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

2.6.2.2 Cálculo del flujo térmico del tanque diario del sistema de combustible

Información requerida para el flujo térmico del tanque diario de combustible.

Modelo del motor: CAT C280-8

Poder entregado: 3084 BHP

RPM: 900 RPM

Bsfc: 0.34 lb/bhp-hr

Temperatura Inicial del tanque: 85°F

Temperatura del aire: 95°F

Dimensiones del tanque diario (m): 3.03 L

3.04 H

2.44 B

Altura del combustible: 95% del total

Bomba de combustible: 15 gpm

Expulsión de calor: 1252 Btu/min

Tiempo de Incremento: 60 min

Algunos de los de datos deben ser convertidos a otras unidades y las siguientes fórmulas pueden ser utilizadas.

$$\text{Tasa de flujo de Masa} = 19 \text{ gpm} \times 7.1 \text{ lb/gal}$$

$$\text{Tasa de flujo de Masa} = 134.9 \text{ lb/min}$$

a. Velocidad de combustión del motor (gpm):

$$= \frac{\text{bsfc} \times \text{bhp} \times 1 \text{ Hr.}}{\text{densidad del combustible} \times 60 \text{ min.}} \quad (98)$$

$$= \frac{0.34 \times 3393 \times 1 \text{ hr.}}{7.1 \times 60}$$

$$= 2.68 \text{ gpm}$$

b. Flujo de masa de combustible

$$= 3.55 \text{ gpm} \times 7.1 \quad (109)$$

$$= 25.21 \text{ lb/min}$$

c. Flujo de retorno

$$= 19 \text{ gpm} - 2.68 \text{ gpm}$$

$$= 16.32 \text{ gpm}$$

d. Flujo de retorno de la masa de combustible

$$= 16.32 \text{ gpm} \times 7.1 \text{ lb/gal}$$

$$= 115.9 \text{ lb/min}$$

e. ΔT_{eng} de combustible

$$\Delta T_{\text{eng}} = \frac{Q}{M_{\text{rtn}} \times C_p} \quad (40)$$

$$= \frac{1252}{115.9 \times 0.5}$$

$$= 21.6^\circ\text{F}$$

f. 95% de la capacidad de combustible

$$M_{\text{dt}} = 332 \text{ ft}^3 \times 52.42 \quad (41)$$

$$M_{\text{dt}} = 17403.44 \text{ lb}$$

Paso 1

Calcular la masa de combustible en el tanque diario a específicos intervalos de tiempo

Cantidad del tanque diario = Contenido del tanque – (consumo de combustible x tiempo)

Tabla LX.- Consumo de combustible en el tiempo

incremento	Tanq Q(lb)	Capacidad (%)
0	17403.44	100
60	16263.39	93.4
120	15123.34	86.9
180	13983.29	80.3
240	12843.24	73.8
300	11703.2	67.2
360	10563.15	60.7
420	9423.10	54.1
480	8283.05	47.6
Refill	17403.4	100

Fuente: elaboración propia

Paso 2

Calcular la temperatura de mezcla de combustible

$$T_{mix} = \frac{Mdt(t-1) - [(Mxfer \times t)] Tdt(t-1) + (Mrtn \times t) \times (Tdt(t-1) + \Delta T_{eng}}{Mdt(t-1) - (Mbr \times t)} \quad (42)$$

Tabla LXI.- Temperatura de mezcla de combustible

Incremento	tanq Q(lb)	Mix Temp. (°F)
0	17403.44	85
60	16263.39	94.24
120	15123.34	104.17
180	13983.29	114.92
240	12843.24	126.61
300	11703.2	139.45
360	10563.15	153.68
420	9423.10	169.62
480	8283.05	187.76
Refill	17403.44	100

Fuente: Elaboración propia

Paso 3

Calcular la altura del combustible contenido en el tanque diario a cada incremento de tiempo.

$$H = \frac{Mdt}{p \times L \times W} \quad (43)$$

Tabla LXII.- Variación de altura de combustible en el tanque

incremento	tank Q(lb)	altura (Ft)
0	17403.44	6.12
60	16263.392	5.72
120	15123.344	5.32
180	13983.296	4.92
240	12843.248	4.52
300	11703.2	4.12
360	10563.152	3.72
420	9423.104	3.32
480	8283.056	2.91
Refill	17403.44	6.12

Fuente: Elaboración propia

Paso 4

- a. Calcular la transferencia de calor entre el combustible en el tanque diario y la atmosfera

$$Q = \left[U \times [Hx(2L + 2w) + (LxW)] \times \left[T_{amb} - \frac{T_{mix} + T_{dt}}{2} \right] \right] \times t \quad (44)$$

U = coeficiente de transferencia de calor 0.0424 Btu/min*ft²*F

L = longitud del tanque

W = Ancho del tanque

Tamb = temperatura ambiente

Tmix = mix de temperatura de combustible de retorno y combustible en el tanque

Tdt = temperatura resultante por la transferencia de calor

T = incremento en el tiempo

H = altura especifica.

b. Cambio de temperatura en el tanque diario.

$$\Delta Tdt = \frac{Q_{tk}}{Mdt \times C_p} \quad (45)$$

ΔTdt = Cambio de temperatura en el tanque diario.

Q_{Tk} = Calor transferido de y hacia la atmosfera

Mdt = Masa de combustible en el tanque diario

C_p = Calor especifico de MDO = 0.5 Btu/Lb*F

c. Temperatura resultante de la transferencia de calor desde y hacia el tanque diario

$$Tdt = T_{mix} + \Delta Tdt \quad (46)$$

Donde:

Tdt = Temperatura del tanque diario

Tmix = Temperatura de retorno

Tdt = cambio de temperatura en el tanque diario.

Tabla LXIII.- Transferencia de calor del tanque al ambiente

	Calor rechazado (BTU)	Cambio de temperatura (°F)	Temperatura del tanque diario (°F)
0	-	-	85
60	634.57	0.08	94.32
120	273.01	0.04	104.21
180	-116.95	-0.02	114.90
240	-540.17	-0.08	126.53
300	-1002.86	-0.17	139.28
360	-1513.17	-0.29	153.39
420	-2082.06	-0.44	169.18
480	-2724.79	-0.66	187.10
refill			133.59

Fuente: Elaboración propia

El último paso es calcular la temperatura después de ser llenado otra vez el tanque.

$$T_{dt} = \frac{[(Mdt_{full} - Mdt_{tn}) \times T_{muf}] + (Mdt_{tn} + T_{tkn})}{Mdt_{full}} \quad (47)$$

Donde:

Mdt_{full} = Capacidad del tanque diario

Mdt_{fn} = Combustible en el tanque diario

T_{muf} = temperatura de combustible que retorna

T_{tkn} = temperatura del tanque de combustible

$T_{dt \text{ refill}}$ = 133.59 °F

Paso 5

El último paso es calcular la pérdida de potencia que se da debido a estos cambios de temperatura en el combustible.

$$P_{cor} = P \times [1 - ((tdt - tref)/10 \times 1/100)] \quad (48)$$

P_{cor} = Potencia corregida

P = 3084 HP

$T_{ref} = 86^{\circ}$

T_{dt} = Actual temperatura en el tanque diario.

Tabla LXIV.- Pérdida de potencia del motor

t incremento	Temperatura del tanque diario (°F)	Corrección de Potencia (Bhp)
0	85	-
60	94.32	3055.23
120	104.21	3014.78
180	114.90	3002.65
240	126.53	2994.32
300	139.28	2966.23
360	153.39	2937.18
420	169.18	2903.45
480	187.10	2894.15
refill	133.59	2985.15

Fuente: Elaboración propia

Como podemos apreciar la potencia del motor disminuye más de 100 HP sin embargo estos valores no son reales puesto que el combustible no retorna directamente al tanque de combustible, este retorna al otro tanque diario por lo

que las pérdidas reales serán menores de las presentadas en las tablas superiores.

2.6.2.3 Cálculo de la bomba de combustible

Para el sistema de combustible se tiene en consideración el ramal que es desde la salida de la bomba de combustible hasta el tanque receptor de combustible, estas pérdidas por longitud y por accesorios son consideradas para determinar si la bomba podrá funcionar o no en nuestro sistema de combustible.

Información requerida para el cálculo

Tabla LXV.- Información requerida para el cálculo de la bomba de combustible

D [pulg] =	2
D [m] =	0.05
Área [m ²] =	0.002
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.003
μ [m ² /s] =	9.00E-07
f _o =	0.003
z [m] =	4

g [m/s ²] =	9.81
L (1 codo) [m]	10
L(2valvulas)(m)	4
L (tuberías) [m]	20
=	
Le [m] =	34

Fuente: Elaboración propia

2.6.2.4 Tabla de flujo

Tabla LXVI.- Flujo de combustible

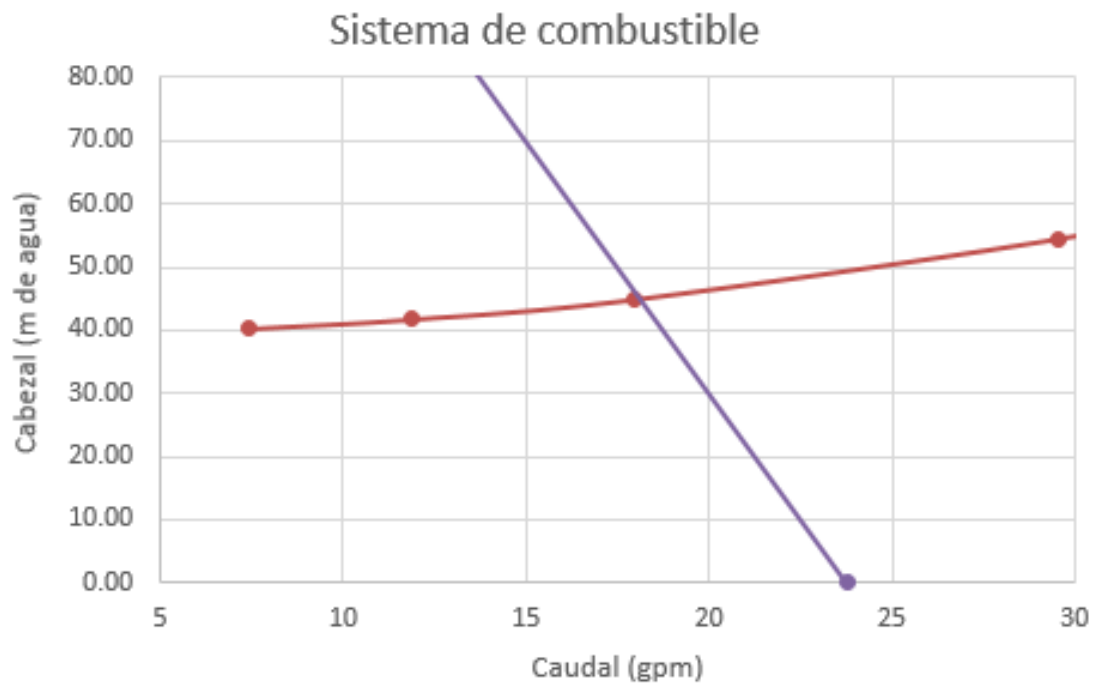
Combustible							
V	Q	Reynolds	f	V ² /2	gz	Pérdidas	hX(m)
[m/s]	[GPM]						
0.23	7.39	12982.22	0.052	0.03	39.24	0.93	40.20
0.37	11.89	25964.44	0.052	0.07	39.24	2.40	41.71
0.56	17.99	38946.67	0.052	0.16	39.24	5.50	44.90
0.92	29.55	51928.89	0.052	0.42	39.24	14.84	54.50
1.15	36.94	64911.11	0.052	0.66	39.24	23.18	63.08
1.38	44.33	77893.33	0.052	0.95	39.24	33.37	73.56

1.61	51.72	90875.56	0.052	1.30	39.24	45.42	85.95
1.7	54.61	103857.78	0.052	1.45	39.24	50.63	91.32
1.8	57.83	129822.22	0.052	1.62	39.240	56.76	97.62

Fuente: Elaboración propia

Con estos resultados podemos proceder a dibujar la curva del ramal de combustible, la siguiente gráfica presentará la curva del ramal de combustible junto con la curva de la bomba seleccionada.

Figura No. 44.- Ramal de combustible



Fuente: Elaboración propia

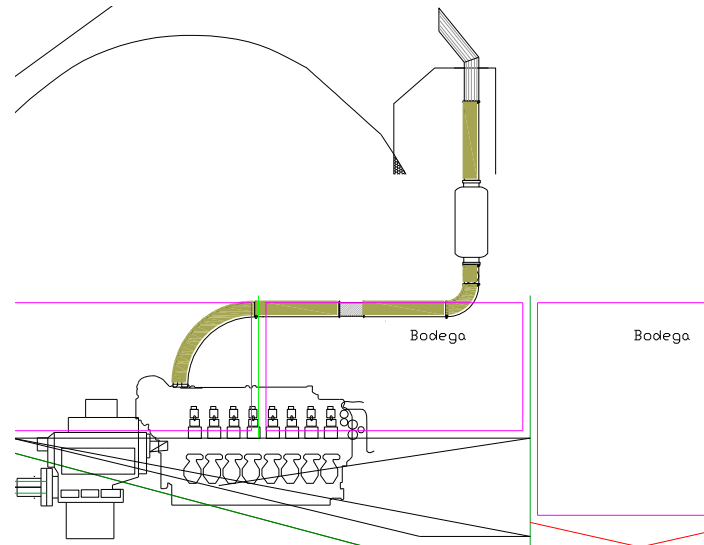
Como se puede ver las curvas interceptan en 18 gpm, esto da una velocidad de fluido de aproximadamente 0.56 m/s la cual es mucho menor de la velocidad máxima permisible en el sistema de combustible.

2.6.3 Sistema de Escape

El motor tiene su propio sistema de escape, este llega hasta la chimenea en la cubierta superior, dentro del sistema se consideraron las pérdidas que existen en el mismo, por accesorios y largo de la tubería, la expansión térmica y el soportado.

A la salida del turbo existen acoples flexibles que servirán para amortiguar las vibraciones en el sistema

Figura No. 45.- Sistema de escape del motor



Fuente: Elaboración propia

Aquí se puede apreciar una vista del sistema de escape de nuestra embarcación, se le hicieron pequeñas modificaciones en cuanto al original sin embargo los resultados son aproximadamente los mismos a pesar de tener otro motor empleado en el diseño del circuito.

2.6.3.1 Tubería de escape

La tubería de escape debe ser lo más corta posible y tener la menor cantidad de accesorios para que las pérdidas sean mínimas en el sistema de

escape del motor, los fabricantes de motores recomiendan una velocidad de escape de 35 a 40 m/s estando a plena carga.

El diámetro (D) de la tubería de escape se incrementa justo después del turbo, en los codos que existan en el sistema el radio de curvatura de los mismos no debe ser menor de 1.5.

Con la siguiente formula se puede obtener un aproximado del diámetro necesario haciendo uso de las siguientes expresiones proporcionadas por los fabricantes.

$$v = \frac{4 m}{1.3 * \left(\frac{273}{273+T}\right) * \pi * D^2} \quad (49)$$

V = velocidad de los gases de escape, en m/s, se toma 40 m/s

m = flujo másico de gases de escape, en Kg/seg.

T = temperatura de los gases de escape en °C a plena carga, 563°C

D = diámetro del conducto de los gases de escape.

Para determinar el flujo másico se utiliza la densidad del gas y el caudal de escape a plena carga.

$$m = S * Q \quad (50)$$

Donde:

S = la densidad en Kg/m³

Q = Caudal de escape en m³/seg.

Puesto que la densidad está en función de la temperatura, se muestra la siguiente fórmula para determinar la densidad del gas en función de la temperatura, esta fórmula es dada por Caterpillar.

$$S = \frac{352.5}{\text{temperatura del gas a la salida} + 273 \text{ } ^\circ\text{C}} \quad (51)$$

La temperatura del gas a la salida según el catálogo del motor es de 384°C, entonces:

$$S = 0.536 \text{ Kg/m}^3$$

El caudal es 6.36 m³/seg, según el catálogo.

Por lo que el flujo másico será

$$m = 3.413 \text{ kg/seg}$$

Con la siguiente información se puede calcular el diámetro de la tubería de escape utilizando la fórmula de velocidad explicada en la parte superior, de la formula se obtiene que el diámetro del sistema de tubería debe de ser de:

$$D = 0.45 \text{ m}$$

2.6.3.2 Silenciador

Para seleccionar el silenciador se utiliza, el catálogo de silenciadores, este nos provee de instrucciones para la selección del silenciador.

$$v = 4005 \sqrt{\frac{\Delta P}{c \left(\frac{530}{T+460} \right)}} \quad (52)$$

Donde:

V = Velocidad del gas

ΔP = Contra Presión, Pulgadas de agua

c = Coeficiente de Presión del silenciador

T = Temperatura de salida del gas, °F

Puesto que la velocidad del gas fue dada como 40m/seg es con este valor que se ingresa en la ecuación dada en la parte superior pero en ft/min, que es 7872 ft/min, entonces la ecuación superior pasa a ser.

$$\Delta P = c \left(\frac{V_{actual}}{4005} \right)^2 \left(\frac{530}{T+460} \right) \quad (53)$$

$$\Delta P = 7.43 \text{ pulg. de agua}$$

Que se traduce en 1.9 KPa

2.6.3.3 Área de flujo requerida

$$\text{Área del flujo Requerido} = \frac{CFM}{v} \quad (54)$$

De la formula anterior obtenemos el área del flujo requerido

$$AFR = \frac{19778}{7872}$$

$$AFR = 2.5 \text{ ft}^2$$

Con este valor entramos en la tabla de diámetro (Anexo F), buscamos dentro de los valores de área, un área igual o mayor a la obtenida en el cálculo.

Del anexo, obtenemos el silenciador EN3, con sus dimensiones:

D: 22 in

L: 73 in

N: 3 ½ in

H: 66 in

K: 14 ½ in

Y:

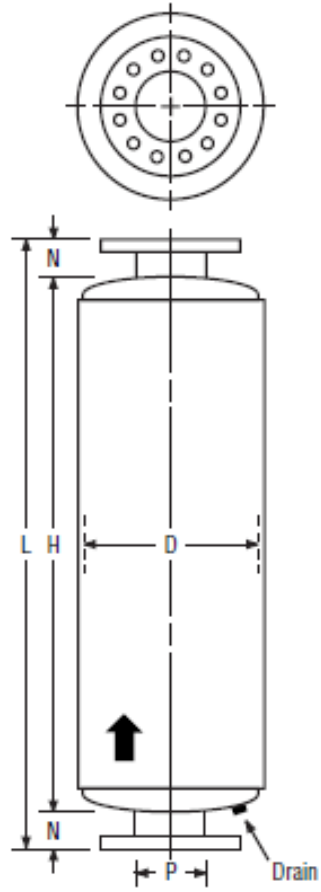
Min 9 ½ in

Max 32 in

Peso: 250 lb

Las dimensiones se las puede entender con la figura No. 46

Figura No. 46.- Dimensiones del Silenciador



Fuente: Caterpillar

2.6.3.4 Ruido del Escape

Para el cálculo de la disminución de ruido utilizaremos las especificaciones técnica de motores Caterpillar, aquí podemos ver el cálculo que se debe realizar para conocer la disminución de ruido.

$$SL' = SL_o - NR \quad dB(A) \quad (55)$$

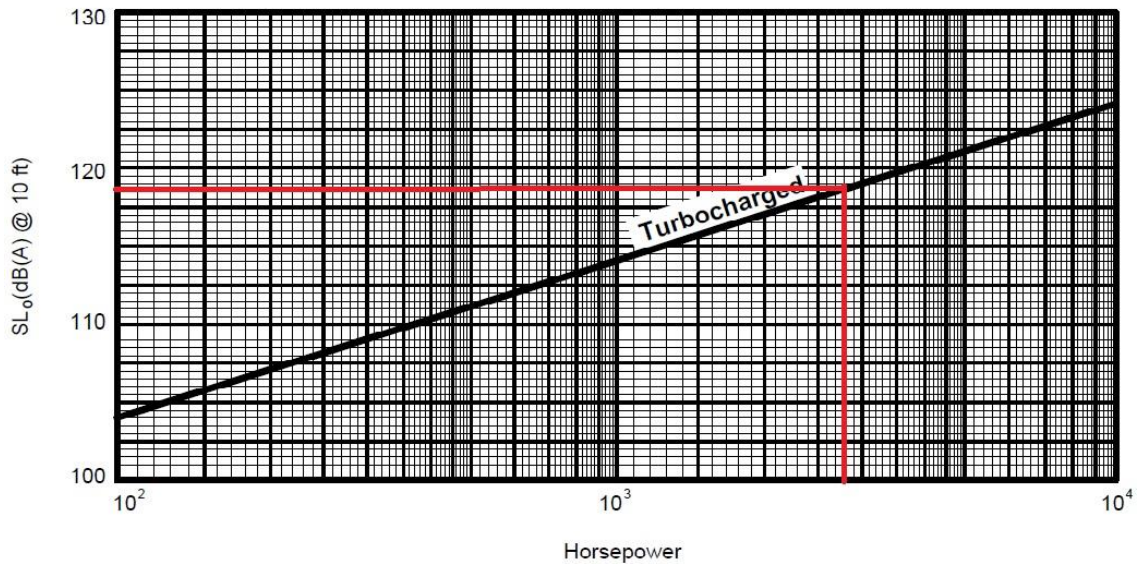
SL_o = Nivel de sonido del motor sin el silenciador.

NR = Reducción del sonido según el reductor.

Para determinar los SL_o es necesario conocer los HP máximo del motor y con ello entrar a la gráfica logarítmica de decibeles indicada en Caterpillar, puesto que nuestro motor posee 3600 HP ingresaremos con este valor a la gráfica inferior.

NR = Reducción del sonido por silenciador.

Figura No. 47.- Ruido del silenciador



Fuente: Caterpillar

Como se puede ver con el valor de 3600 HP nos va a generar un nivel de ruido de 118 dB. De la gráfica del silenciador podemos ver que este puede atenuar el ruido a 34 dB. Por tanto:

$$SL' = 84 \text{ dB}$$

Por tanto el ruido se reducirá a un nivel de 84 dB, esto es muy adecuado puesto que los niveles de ruido empiezan a ser molestos para el hombre cuando estos se encuentran por encima de los 90 dB

2.6.4 Sistema Contra Incendio

El sistema contraincendios deberá cumplir con los requerimientos de seguridad especificados por la OMI. Para el presente caso hemos considerado el buque como un buque de pasaje, el diseño del circuito de tuberías del sistema contra incendios se ha basado en las condiciones más relevantes encontradas en el capítulo 'Lucha contra incendios' de la mencionada referencia.

Requerimientos de flujo

El caudal necesario para las mangueras conectadas a las bocas contra incendios está dado por la siguiente ecuación, [32]:

$$Q = 0.008 \left(1.68 \sqrt{Ls(Bs + Dm)} + 25 \right)^2, m^3/h$$

Donde Ls, s la eslora de flotación, Bs Manga del Buque y Dm es el puntal.

Ls=55.68m

Bs=11.32

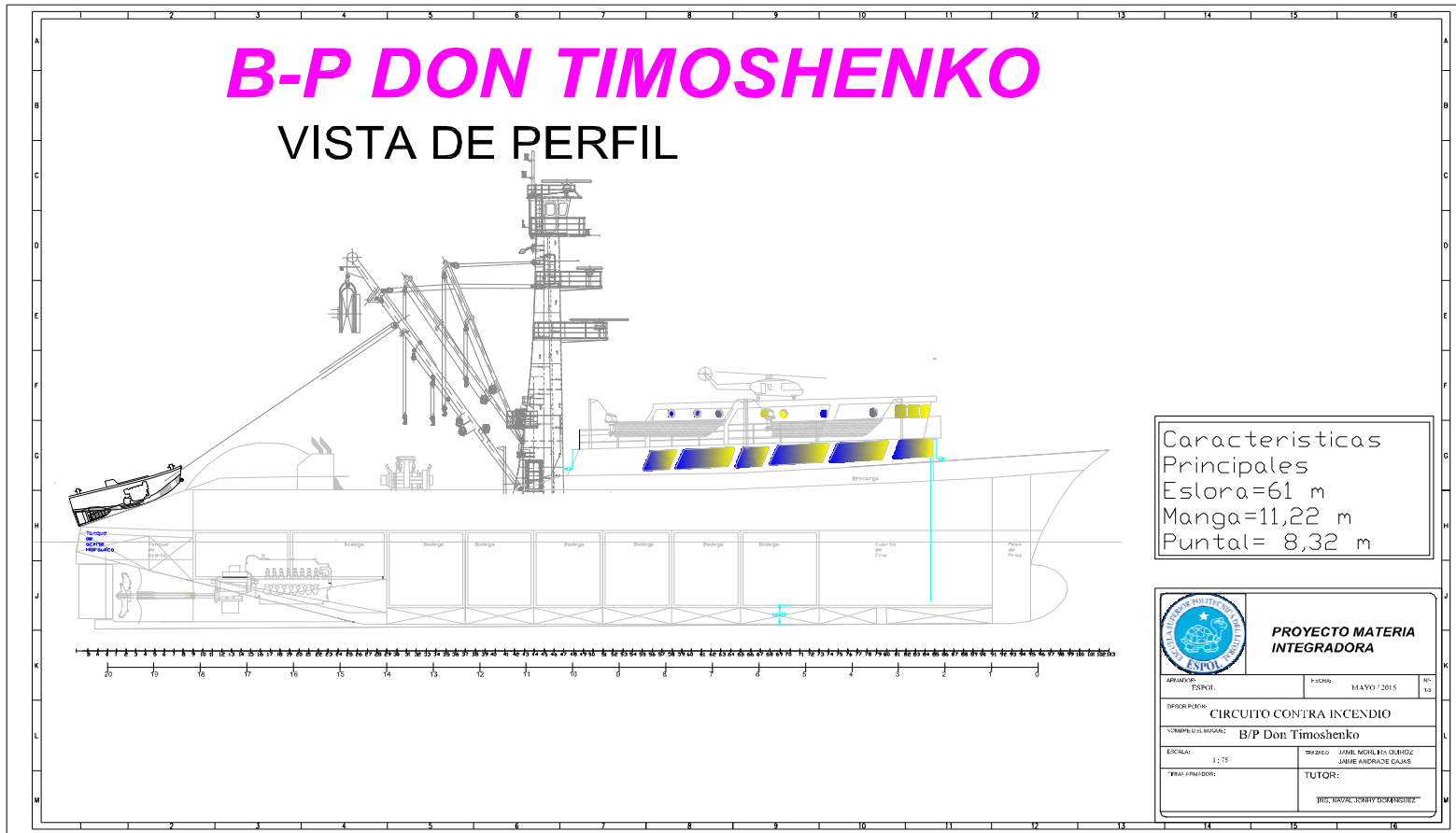
Dm=7.95

$$Q = 0.008 \left(1.68 \sqrt{55.68(11.32 + 7.95)} + 25 \right)^2 = 44.85 m^3/h$$

$$Q=197.5 \text{ gpm}$$

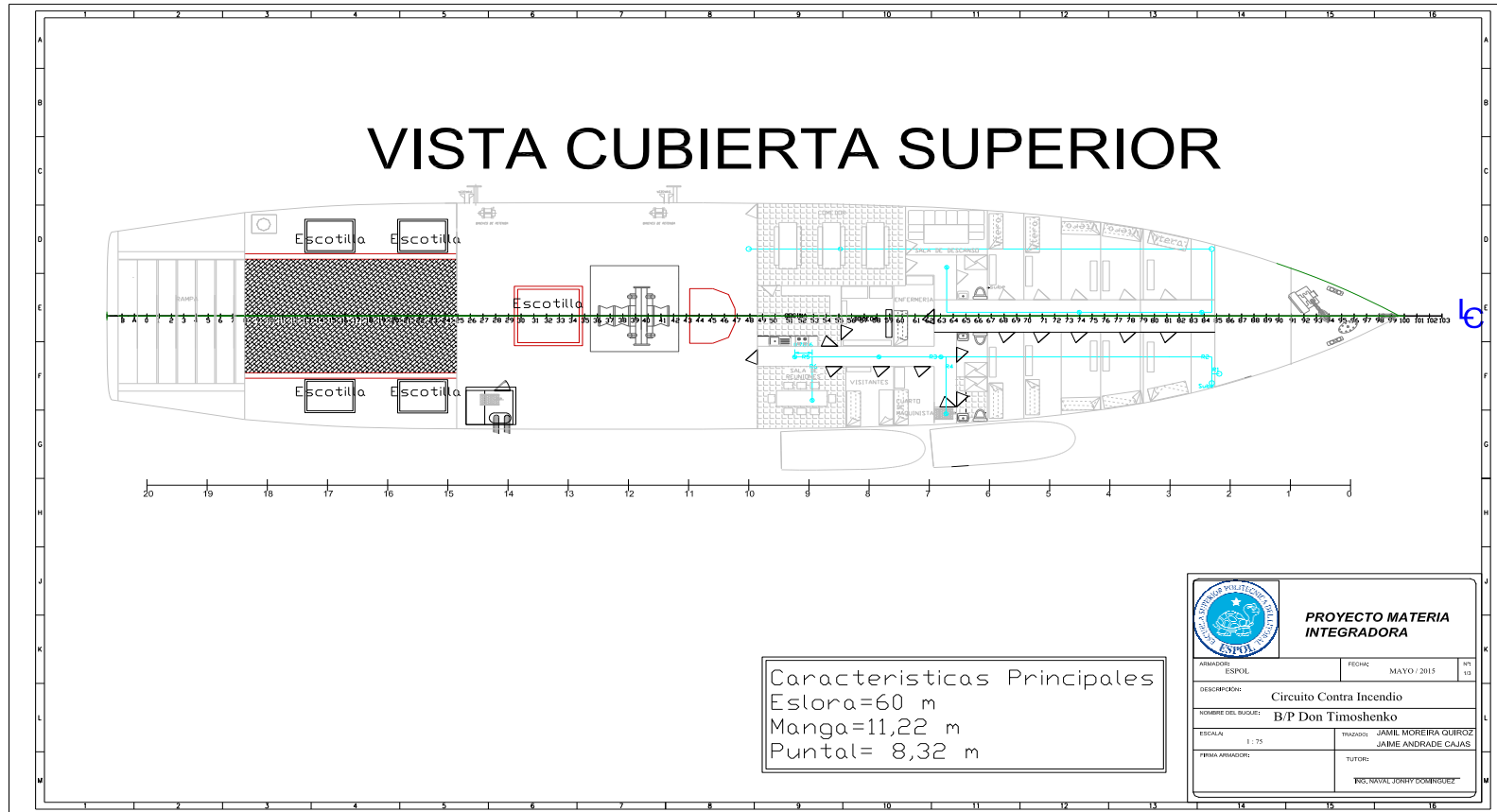
Para el diseño de este circuito, como primer paso, se realiza un diagrama funcional, al igual que en el circuito del sistema de agua dulce:

Figura No. 48.- Diagrama Funcional, Perfil



Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 49.-Diagrama Funcional, cubierta superior



Fuente: Elaboración Propia

Proceso de Calculo

Ya que el sistema contiene ramales, se puede determinar la bomba a partir del equilibrio, en la que se asume, que, el flujo que pasa por el empalme es el mismo que la suma de los ramales.

Para determinar las características del sistema realizaremos el análisis de las partes del mismo:

Tabla LXVII.- Datos de entrada para cálculo de cabezal

D [pulg] =	2.500
D [m] =	0.064
Area [m2] =	0.003
ϵ [ft] =	0.001
ϵ/D =	0.002
μ [m2/s] =	0.000
fo =	0.003
z [m] =	2.050
g [m/s2] =	9.810
L (3codo) [m]	17.069
L(3T)(m)=	13.710
L(2valvulas)(m)	3.658
L (tuberias) [m]	
=	51.250
Le [m] =	85.686

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LXVIII.- Cabezal de Empalme

contra incendio bomba empalme								
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	Bomba pedrollo	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
1.00	50.20	70555.56	0.05	543.90	0.50	20.11	33.22	531.29
1.50	75.29	105833.33	0.05	549.53	1.13	20.11	74.72	496.05
2.00	100.39	141111.11	0.05	554.03	2.00	20.11	132.83	443.32
2.30	115.45	162277.78	0.05	556.19	2.65	20.11	175.65	403.29
2.50	125.49	176388.89	0.05	557.39	3.13	20.11	207.52	373.11
2.80	140.55	197555.56	0.05	558.87	3.92	20.11	260.31	322.59
3.00	150.59	211666.67	0.05	559.62	4.50	20.11	298.82	285.42
3.30	165.65	232833.33	0.05	560.42	5.45	20.11	361.56	224.41
3.50	175.69	246944.44	0.05	560.72	6.13	20.11	406.71	180.25
3.90	195.77	275166.67	0.05	560.78	7.61	20.11	504.97	83.53
4.20	210.82	296333.33	0.05	560.35	8.82	20.11	585.64	3.64

Fuente: Elaboración propia

Para verificar el Cálculo de los demás Ramales, ver Anexo W

Selección de la Bomba

Ya que el flujo que se necesita es de 197.5 GPM, entonces buscaremos una bomba que cumpla estas cualidades, cabe recalcar que la bomba está conectada a una toma de mar, y no es necesario ubicar válvulas cheques, ya que la presión hidrostática hace que la bomba siempre este cebada. Luego de revisar en la bibliografía, se seleccionó una bomba que cumpla con los requerimientos, que se muestra en la figura No. 51:

Figura No. 51.-Bomba pedrollo F 80/200AR 22KW 15HP



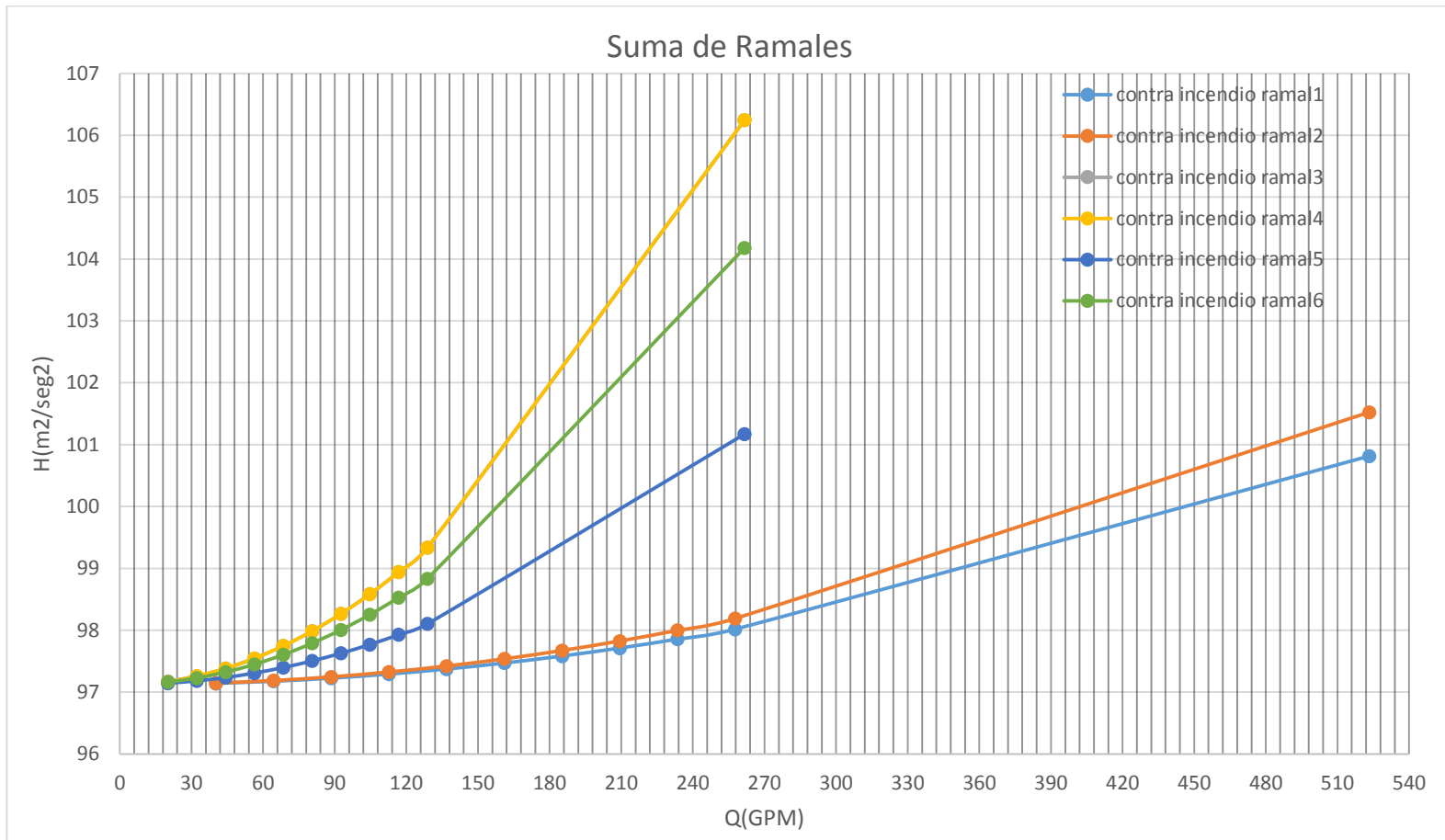
Fuente: Referencia 31

Cabezal en Ramales

Para determinar los componentes del sistema, calcularemos los cabezales en cada uno de los ramales así como en el empalme Ver Anexo V.

Finalmente se realiza la suma de ramales, para este caso están en paralelo.

Figura No. 52.- Suma de Ramales



Fuente: Elaboración Propia

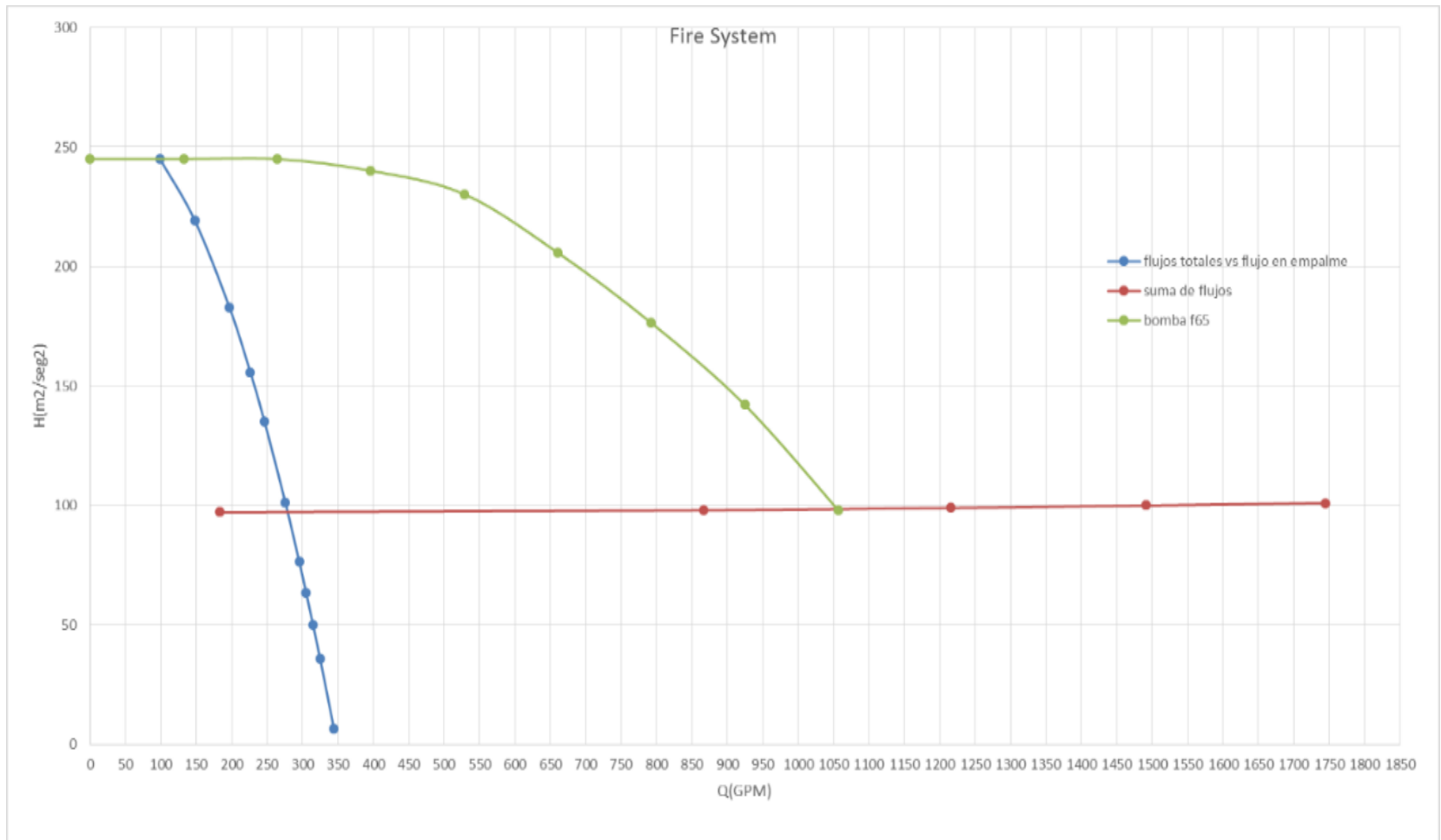
Suma de Cabezales y equilibrio del Sistema

Para determinar la cantidad de agua que saldrá por los ramales se realiza la comparación entre el cabezal del empalme y la sumatoria de todos los cabezales.

El equilibrio para este sistema ocurre los 280 GPM y 97.2 m²/seg² de cabezal, con lo que cumplimos el mínimo requerimiento del flujo para nuestro sistema.

Como se ve en la figura No. 53.

Figura No. 53.- Suma de Cabezales en serie



Fuente: Elaboración Propia

El equilibrio para este sistema ocurre los 280 GPM y 97.2 m2/seg2 de cabezal, con lo que cumplimos el mínimo requerimiento del flujo para nuestro sistema.

Calculo de Cavitación

Datos de entrada:

Tabla LXIX.- Datos de Entrada para la cavitación del sistema contra incendio

$V^2/2(\text{m}^2/\text{seg}^2)$	0.07
$(f\rho V^2 Le)/2D$	4.63

Fuente: Elaboración Propia

$$h_s = h_t - \delta p_{t-s}$$

$$p_s + \frac{V^2 \rho}{2} = - \frac{f \rho V^2 L e}{2D}$$

$$p_s = -2.33 \left[\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} \right]$$

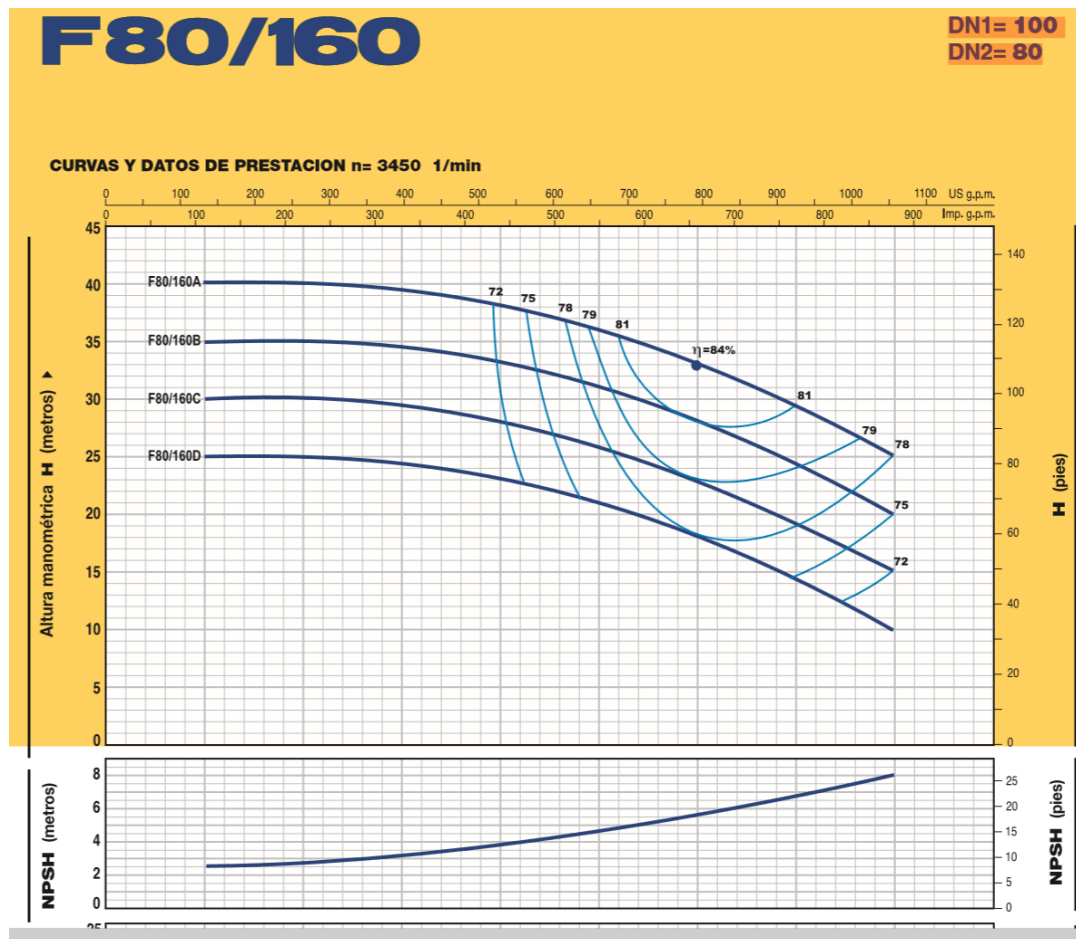
Ahora, vamos a calcular el Cabezal de Succión Positivo Neto NPSH, restando la presión de cavitación a temperatura ambiente de la presión de succión:

$$p_{cavit}(T = 28^\circ\text{C}) = 0.0354 \left[\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} \right]$$

$$NPSH_{calc} = p_{cavit} - p_s = 4.73 \left[\frac{kg_f}{cm^2} \right] = 77.43 [ft]$$

Ya que el fabricante de la bomba nos proporciona el valor de NPSH lo aproximamos de la siguiente manera:

Figura No. 54.-Curvas de la bomba del Catálogo Pedrollo



Fuente: Referencia 31

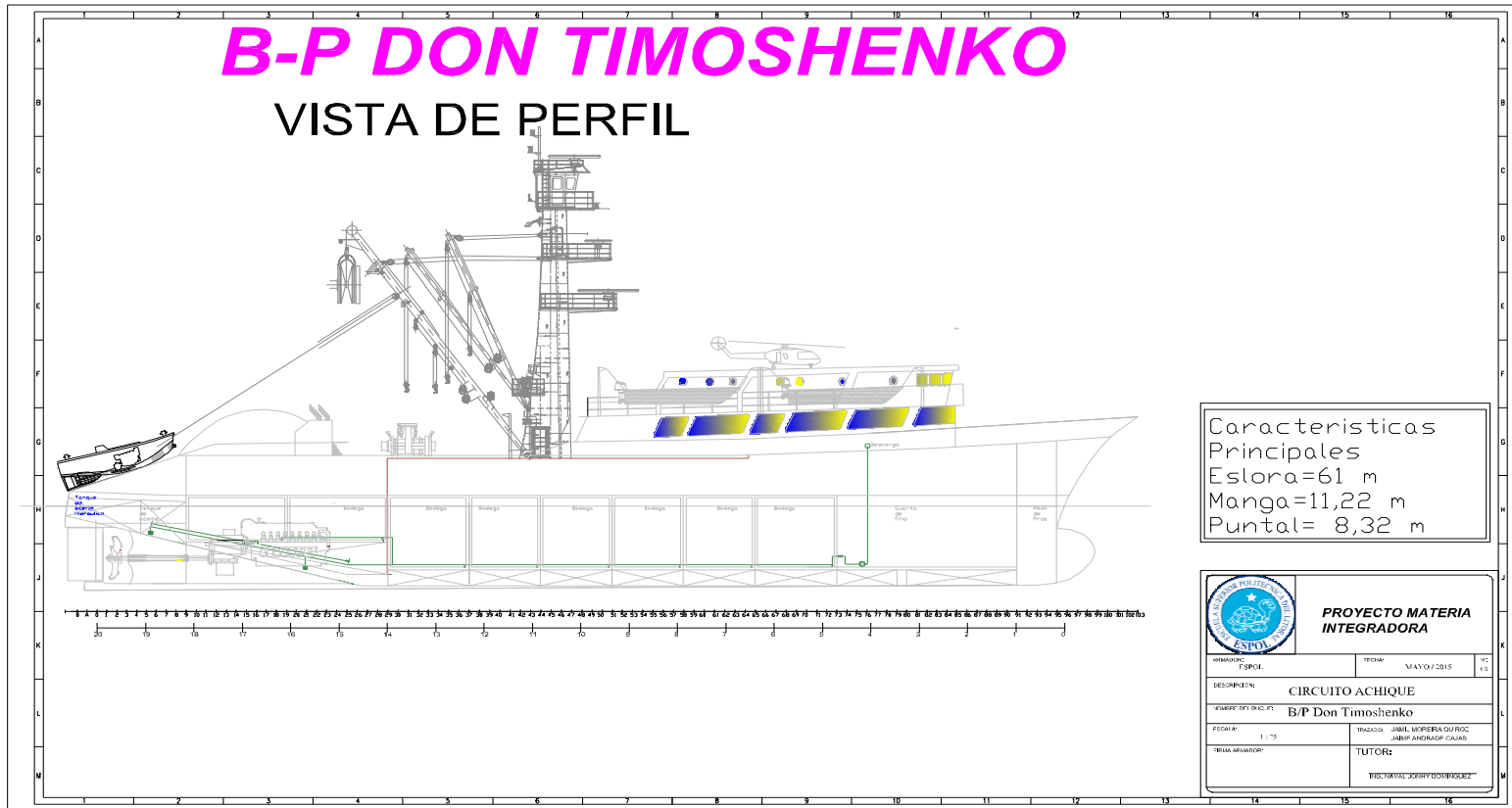
NPSH= 8 ft

Finalmente, comparamos los resultados. Para que la cavitación no se de, el NPSH del fabricante debe ser menor que el NPSH calculado, lo que en nuestro caso se cumple de manera considerable.

2.6.5 Sistema de Achique

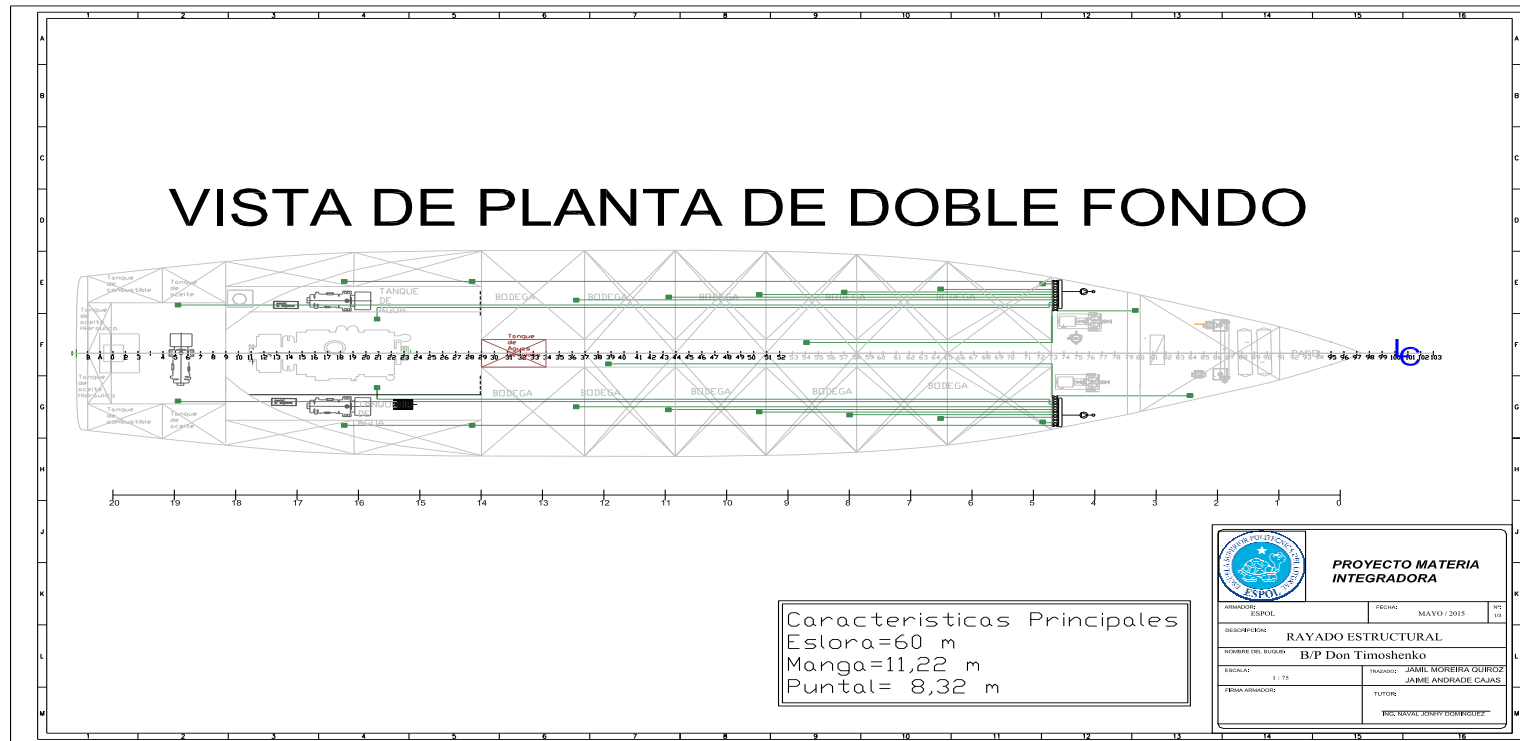
El sistema de achique para inundaciones debe cumplir con las reglas impuestas por la OMI. Para el achique se colocó una toma en cada cuba, dos en sala de maquinas

Figura No. 55.- Diagrama Direccional



Fuente: Eaboración Propia

Figura No. 56.- Diagrama de Circuitos de Achique



Fuente: Elaboración Propia

Requerimientos del Sistema:

Para este Sistema, vamos a utilizar el Flujo requerido por Solas para las bombas de Achique, Capítulo V, sección 4:

$$Q = \frac{Ls(Bs+Dm+350)}{45} m^3/h \quad (56)$$

Teniendo las variables el mismo significado que en el sistema contra incendio.

Por lo tanto $Q=31.62 m^3/h$ o $Q=139.22 GPM$

Proceso de Calculo. Como este sistema no consta de ramales, ya que funciona mediante un manifold, y se accionan una a una, se usara la toma más larga para determinar el flujo de la bomba.

Tabla LXX.-Datos de entrada para calculo Sistema de Achique

D [pulg] =	2.500
D [m] =	0.064
Area [m2] =	0.003
ε [ft] =	0.001
ε/D =	0.002
μ [m2/s] =	0.000
fo =	0.003
z [m] =	7.430
g [m/s2] =	9.810
L (4codo) [m]	17.069
L(2valvulas)(m)	3.658
L (tuberias) [m] =	46.810
Le [m] =	67.536

Fuente: Elaboración propia

Tabla LXXI.- Cálculo de Cabezal en Achique

achique descarga							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V ² /2	gZ	Pérdidas	hX(m ² /seg ²)
0.05	50.32	3527.78	0.05	0.00	72.89	0.07	72.96
0.5	503.24	35277.78	0.05	0.13	72.89	6.55	79.56
1	1006.49	70555.56	0.05	0.50	72.89	26.18	99.57
1.4	1409.08	98777.78	0.05	0.98	72.89	51.30	125.17
1.6	1610.38	112888.89	0.05	1.28	72.89	67.01	141.17
1.8	1811.68	127000.00	0.05	1.62	72.89	84.80	159.31
2	2012.98	141111.11	0.05	2.00	72.89	104.69	179.58
2.2	2214.27	155222.22	0.05	2.42	72.89	126.67	201.98
2.4	2415.57	169333.33	0.05	2.88	72.89	150.74	226.51
2.6	2616.87	183444.44	0.05	3.38	72.89	176.91	253.17
3	3019.46	211666.67	0.05	4.50	72.89	235.52	312.90

Fuente: Elaboración propia

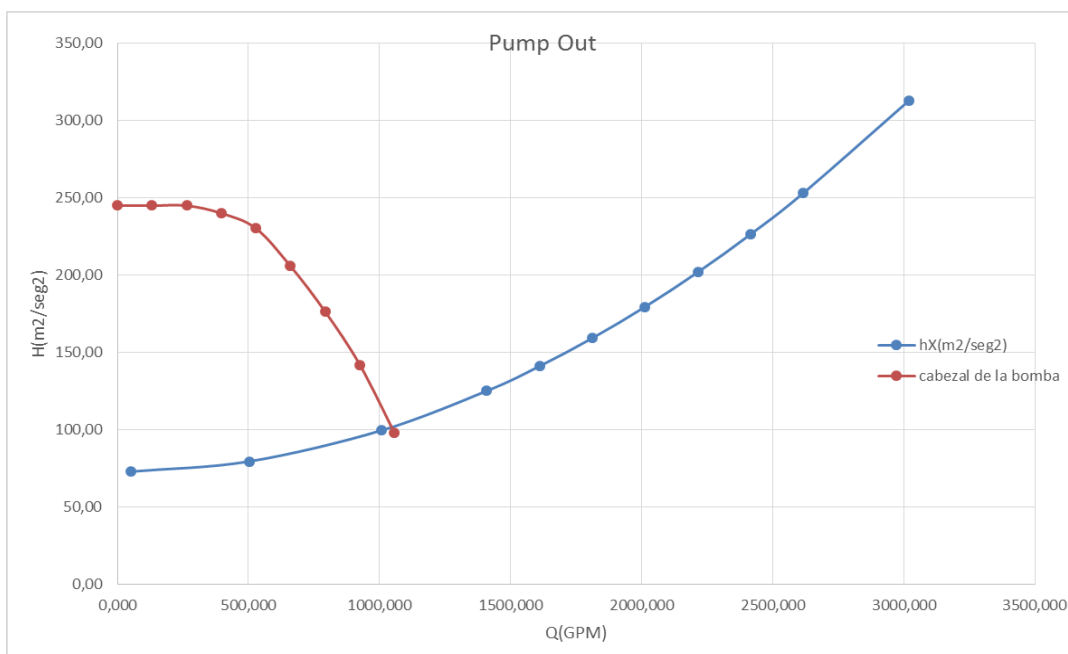
Con estos resultados y el flujo requerido, seleccionamos la bomba del mismo catálogo de pedrollo:

Figura No. 57.-Bomba centrífuga F 80/160D de 15 HP



Fuente: Referencia [31]

Figura No. 58.-Equilibrio de Cabezales



Fuente: Elaboración propia

Para determinar que esto es posible, se asume que:

$$H_{toma} = h_{tuberias} + h_{perdidas} - h_{bomba}$$

Siendo h los cabezales correspondientes a cada subíndice.

Es decir que el equilibrio puede cumplirse si:

$$h_{bomba} = h_{tuberias} + h_{perdidas} - h_{toma}$$

Siendo h_{toma} aproximadamente 0 ya que está a la atmosfera.

Por lo tanto el flujo a la salida de nuestra descarga es 1000 GPM, y un cabezal de 99.9 m2/seg2 o 10.10 m, con una sola toma de achique.

Cabe recalcar que, esta bomba será utilizada como bomba de emergencia para el sistema contra incendio, por tanto, el valor del flujo que estimamos puede ser muy bien aprovechado para este sistema, y que se puedan alimentar los 6 ramales que contiene.

2.6.5.1 Calculo de Cavitación

Tabla LXXII.- Datos de entrada para cálculo de Cavitación

$V^2/2(m^2/seg^2)$	0.01
$(f\rho V^2 Le)/2D$	0.52

Fuente: Elaboración propia

$$h_s = h_t - \delta p_{t-s} \quad (57)$$

$$p_s + \frac{V^2 \rho}{2} = - \frac{f \rho V^2 L e}{2D} \quad (58)$$

$$p_s = -0.5311 \left[\frac{kg_f}{cm^2} \right]$$

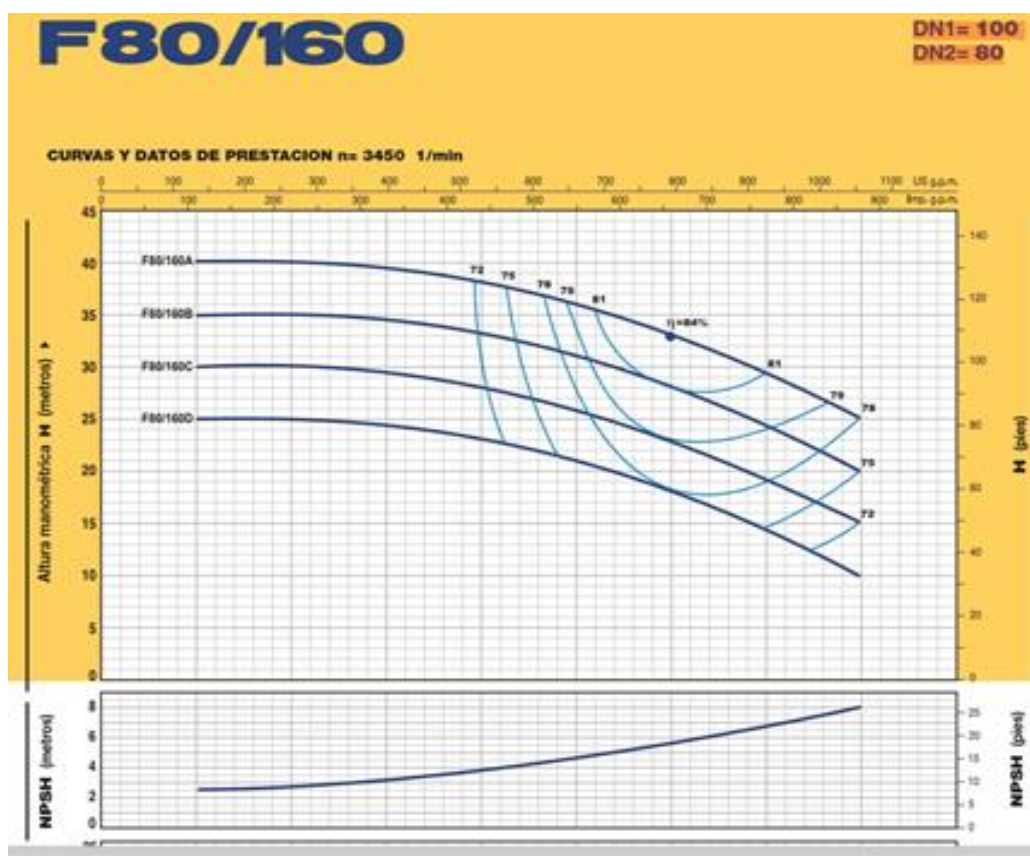
Ahora, vamos a calcular el Cabezal de Succión Positivo Neto NPSH [48], restando la presión de cavitación a temperatura ambiente de la presión de succión:

$$p_{cavit}(T = 28^\circ C) = 0.0354 \left[\frac{kg_f}{cm^2} \right]$$

$$NPSH_{calc} = p_{cavit} - p_s = 0.566 \left[\frac{kg_f}{cm^2} \right] = 18.86 [ft]$$

Ya que el fabricante de la bomba nos proporciona el valor de NPSH lo aproximamos de la siguiente manera:

Figura No. 59.-Curvas de la bomba del Catálogo Pedrollo.



Fuente: Referencia 31

NPSH= 17 ft

Finalmente, comparamos los resultados. Para que la cavitación no se dé, el NPSH del fabricante debe ser menor que el NPSH calculado, lo que en nuestro caso se cumple de manera considerable.

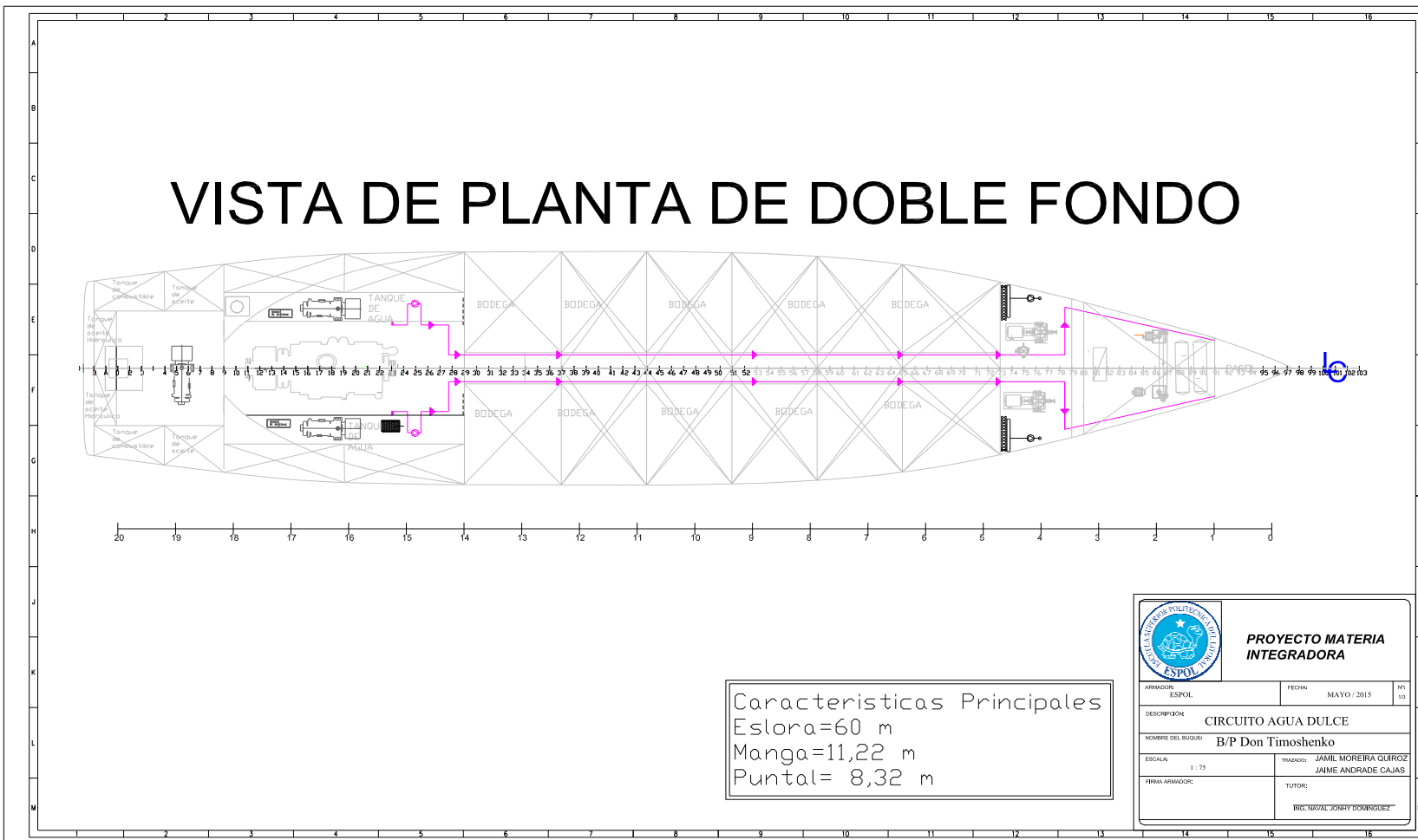
2.6.6 Sistema de Agua Dulce

Para el diseño de este sistema, debemos de considerar de que este no se encuentra funcionando permanentemente, sin embargo, este debe reaccionar de forma inmediata cuando se quería del suministro de agua en cualquiera de las descargas, por esta razón se debe conectar al sistema un tanque de presión.

Tomando como referencia los tanques usados en casas de hasta 3 pisos (7.5 m aprox), se ha estimado utilizar un tanque de 20 psi de presión, y se realizara el cálculo para saber si este tanque es o no apropiado para el sistema.

Como primer paso se establecerá el diagrama direccional el cual indicara la cantidad de elementos necesarios para diseñar el sistema.

VISTA DE PLANTA DE DOBLE FONDO



Características Principales
 Eslora=60 m
 Manga=11,22 m
 Puntal= 8,32 m

		PROYECTO MATERIA INTEGRADORA	
		ARMADOR: ESPOL	FECHA: MAYO / 2015
DESCRIPCIÓN: CIRCUITO AGUA DULCE			
NOMBRE DEL BUQUE: B/P Don Timoshenko			
ESCALA: 1 : 75	TRABAJOS: JAMIL MOREIRA QUIROZ JAIME ANDRADE CAJAS		
FIRMA ARMADOR:	TUTOR: ING. NAVAL JORJY DOMÍNGUEZ		

Fuente: Elaboración propia

A continuación se muestran los valores de los flujos que se van a suministrar en la embarcación. Para obtener estos datos tomamos como referencia los flujos tomados de una casa:

Tabla LXXIII.-Consumo de Agua promedio

Lavadero de la cocina:	4 GPM
Duchas:	3 GPM cada una
Lavamanos:	3.5 GPM cada uno

Fuente: Elaboración propia

Con este valor, realizamos los cálculos de cabezales para determinar los elementos necesarios para el cumplimiento de este flujo:

Tabla LXXIV.- Datos de entrada para el sistema de Agua Dulce

D [pulg] =	1.500
D [m] =	0.038
Area [m²] =	0.001
ε [ft] =	0.001
ε/D =	0.004
μ [m²/s] =	0.000
fo =	0.003
z [m] =	9.750
g [m/s²] =	9.810
L (10codo) [m]	24.384
L(2valvulas)(m)	1.829
L (tuberias) [m] =	66.530

$$Le [m] = 92.743$$

Fuente: Elaboración propia

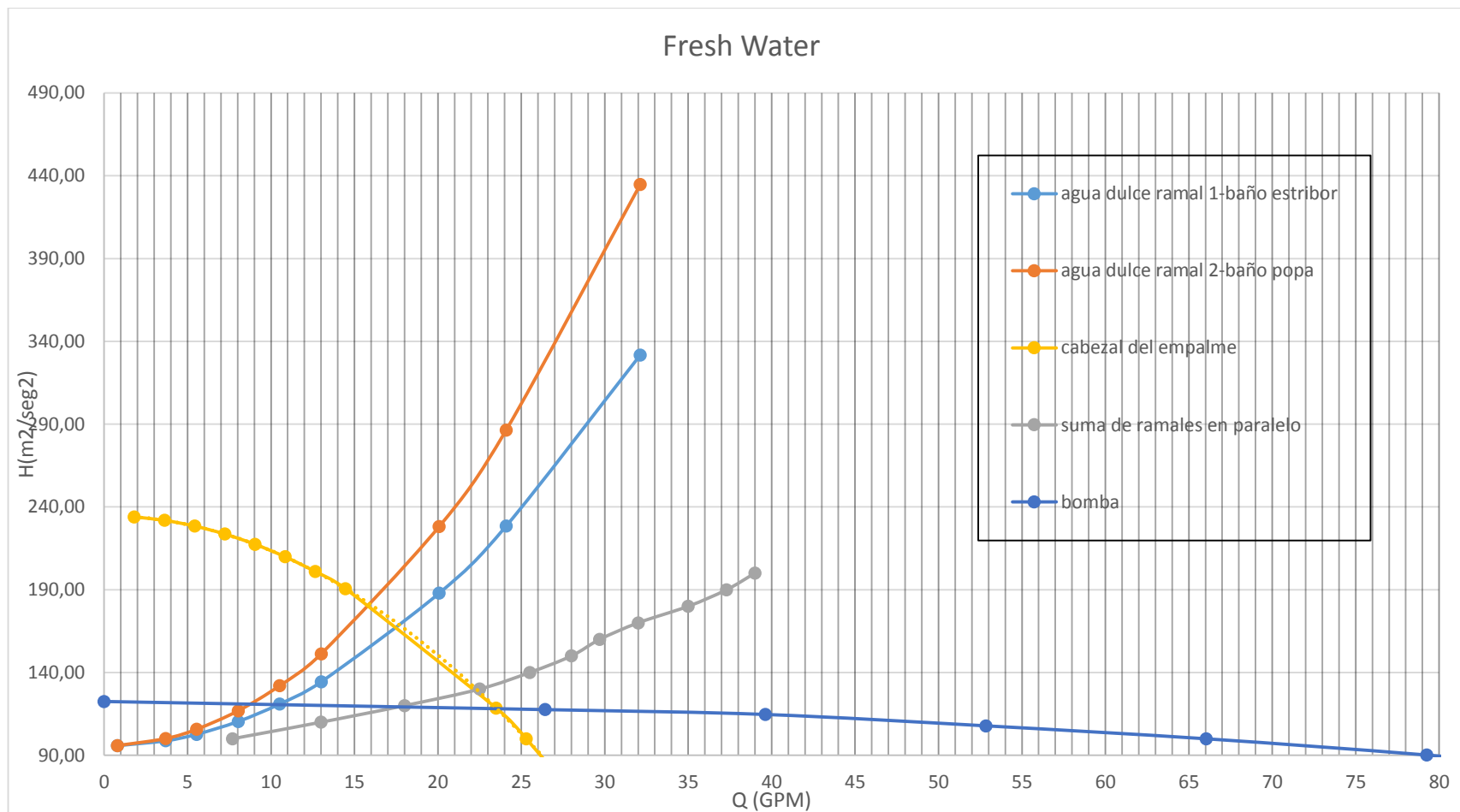
Tabla LXXV.- Calculo de cabezales antes del empalme

agua dulce antes del empalme									
V [m/s]	Q [GPM]	Reynol ds	f	cabezal de bomba	PV(m2 /seg2)	V2/2(m2/s eg2)	gZ(m2/se g2)	Pérdidas(m2/ seg2)	hX(m2/se g2)
0.10	1.81	4233.3 3	0.0 6	227.27	139.00	0.01	95.65	0.70	233.95
0.20	3.61	8466.6 7	0.0 6	225.81	139.00	0.02	95.65	2.78	231.89
0.30	5.42	12700. 00	0.0 6	224.48	139.00	0.05	95.65	6.24	228.45
0.40	7.23	16933. 33	0.0 6	223.27	139.00	0.08	95.65	11.09	223.64
0.50	9.04	21166. 67	0.0 6	222.17	139.00	0.13	95.65	17.32	217.45
0.60	10.84	25400. 00	0.0 6	221.15	139.00	0.18	95.65	24.94	209.89
0.70	12.65	29633. 33	0.0 6	220.22	139.00	0.25	95.65	33.94	200.96
0.80	14.46	33866. 67	0.0 6	219.35	139.00	0.32	95.65	44.32	190.65
1.30	23.49	55033. 33	0.0 6	215.59	139.00	0.85	95.65	116.97	118.52
1.40	25.30	59266. 67	0.0 6	214.88	139.00	0.98	95.65	135.66	99.97
1.75	31.62	74083. 33	0.0 6	212.19	139.00	1.53	95.65	211.94	24.24

Fuente: Elaboración propia

A continuación los cálculos de los demás ramales se muestran en el Anexo I. Luego del cálculo, realizamos la suma de ramales, que para este caso, están en paralelo, por lo tanto hay una suma de flujos, al graficar esta suma con los datos del cabezal en el empalme, obtendremos el flujo en equilibrio para el sistema.

Figura No. 61.- Equilibrio del Sistema de ramales de Agua Dulce



Fuente: Elaboración propia

Por lo tanto para el Cabezal, que nos da este flujo, comparamos con las curvas en los ramales, y así podemos concluir el flujo que recibimos en cada uno de los ramales:

Tabla LXXVI.- Flujo final en Ramales 1 y 2

Ramal 1	12.5	GPM
Ramal 2	10	GPM

Fuente: Elaboración propia

Selección de la Bomba y tanque de presión

Para los cálculos consideramos una presión de 20 psi en el tanque, por lo tanto, la presión en la descarga de la bomba deberá ser superior a 20 psi. Sabemos que el máximo caudal que hemos encontrado es 23.5 GPM, necesitamos que la bomba reponga la cantidad perdida en el tanque en menor tiempo del que se emplea en consumir esa determinada cantidad, podría ser, tres veces menor; por ejemplo, si se consumen 23.5 galones en 1 minuto, se deben reponer 23.5 galones al tanque de presión en 1/3 de minuto (20 segundos). Este trabajo lo debe hacer la bomba, por lo tanto:

$$\dot{V}_{bomba} = \frac{23.5}{1/3} = 70.5 [GPM] \quad (59)$$

Como podemos ver en la figura 2 tomada de la referencia (Catalogo Bombas Pedrollo) la bomba de 0.85 HP casi cumple con esta condición, su máximo caudal es 79 [GPM], lo que resultará en una leve disminución en el tiempo que tardará en llenarse nuevamente el tanque.

$$t = \frac{V}{\dot{V}} = \frac{23.5 [G]}{79 [GPM]} = 0.30 [min] = 17.85 \text{ segundos.}$$

A partir de las curvas de Bomba Pedrollo seleccionamos:

Figura No. 62.-Bomba NF 128B, Trifasica, de 0.85 HP.



Fuente: Referencia 31

2.6.6.1 Calculo de Cavitación

Cavitación es el fenómeno en el cual el agua se evapora a temperatura ambiente, debido a la baja presión (presión negativa), seguido por un colapso de las burbujas de vapor conforme estas se mueven hacia las regiones de mayor presión.

A continuación se presenta el proceso de cálculo para saber si la bomba cavita o no. En este caso vamos a analizar la bomba para el sistema de agua dulce, la cual está ubicada en el cuarto de bombas a proa de la embarcación. Primero calculamos la presión en la succión, analizando desde el tanque de agua:

Tabla LXXVII.- Datos de entrada para cálculo de presión de succión

$V^2\rho/2(\text{m}^2/\text{seg}^2)$	0.004
$(f\rho V^2 L_e)/2D$	0.570

Fuente: Elaboración propia

$$h_s = h_t - \delta p_{t-s} \quad (60)$$

$$p_s + \frac{v^2\rho}{2} = -\frac{f\rho V^2 L_e}{2D} \quad (61)$$

$$p_s = -0.5741 \left[\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} \right]$$

Ahora, vamos a calcular el Cabezal de Succión Positivo Neto NPSH, restando la presión de cavitación a temperatura ambiente de la presión de succión:

$$p_{cavit}(T = 28^{\circ}\text{C}) = 0.0354 \left[\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} \right]$$

$$NPSH_{calc} = p_{cavit} - p_s = 0.5741 \left[\frac{\text{kg}_f}{\text{cm}^2} \right] = 18.81 \text{ [ft]}$$

Ya que el fabricante de la bomba no nos proporciona el valor de NPSH lo aproximamos de la siguiente manera:

$N=3450$ rpm, $Q=79$ gpm, $\delta h = 40.1$

Velocidad especifica:

$$N_s = N \frac{Q^{1/2}}{\delta h^{3/4}} = 1927 \quad (62)$$

El Factor de Thomas será:

$$\sigma = \frac{6.3 N_s^{4/3}}{10^6} = 0.15 \quad (62)$$

$$NPSH_{fab} = \sigma * \delta h_{diseño} = 0.15 * 40.1 = 6.015 \text{ [ft]}$$

Finalmente, comparamos los resultados. Para que la cavitación no se dé, el NPSH del fabricante debe ser menor que el NPSH calculado, lo que en nuestro caso se cumple de manera considerable.

2.6.7 Sistema de frío

2.6.7.1 Cálculo del aislante

El cálculo del espesor de aislante es un factor muy importante en una instalación frigorífica ya que a mayor espesor, el consumo energético disminuirá y lógicamente, el coste del espesor aumentará. Si por el contrario el espesor del aislante es reducido, su precio será menor pero a la vez el consumo energético será mayor. Por este motivo es importante encontrar el espesor adecuado para las necesidades de la instalación.

Se debe tener en cuenta la fórmula de flujo de calor que determina la cantidad de calor que atraviesa una superficie con distintas temperaturas en ambos lados:

$$Q = K \cdot S \cdot \Delta t$$

Donde:

K= coeficiente global de transmisión de calor de la pared

S= superficie

Δt = diferencia de temperaturas

El coeficiente global de transmisión se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$k = \frac{1}{\left(\frac{1}{h_i}\right) + \left(\frac{1}{h_e}\right) + \left(\frac{e}{y}\right)} \quad (63)$$

Donde:

h_i = coeficiente de transmisión de calor interior

h_e = coeficiente de transmisión de calor exterior

e = espesor

y = conductividad térmica del aislante

El flujo de calor máximo por razones de economía energética, suele fijarse en 9,3 W en cámaras de refrigeración y 6,98 W en cámaras de congelación por m² de superficie.

Por tanto, teniendo en cuenta que la instalación solo dispone de cámaras de congelación, el flujo de calor nos queda de la siguiente manera:

$$6,98 \text{ W/m}^2 = K \cdot \Delta t \quad (64)$$

Si ahora sustituimos K de la fórmula del coeficiente global de transmisión y aislamos el espesor nos queda:

$$e = y * \left[\frac{\Delta t}{Q} - \frac{1}{h_i} - \frac{1}{h_e} \right] \quad (65)$$

El aislante utilizado es poliuretano proyectado con una conductividad térmica de 0,023 W/m °C y una densidad de 40 kg/m³. La temperatura media exterior es de 30 °C con una humedad del 75% mientras que la temperatura interior es de -10 °C con una humedad del 40%. Mediante el diagrama psicométrico del aire, se encuentran los coeficientes de transmisión de calor que son los siguientes: $h_e = 24$ kcal/kg y $h_i = 2.2$ kcal/kg. Sustituyendo todos los valores en sus correctas unidades obtenemos el espesor del aislante:

$$e = 0.15\text{m}$$

2.6.7.2 Calculo de cargas térmicas

Al haber una diferencia de temperaturas entre el interior de la cámara y el exterior, se produce un intercambio de calor, haciendo que se produzcan pérdidas. Estas pérdidas vienen determinadas por el tipo de aislante y su espesor, la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior y la superficie de contacto.

No todas las bodegas tienen las mismas dimensiones pero se tomaran las dimensiones de la bodega más grande, que son las siguientes:

Altura = 4.4m.

Longitud = 4.23m.

Anchura = 4.6m.

Por tanto, realizando el cálculo de las pérdidas térmicas en una cámara, tendremos el valor de cada una. Debido a que con el tiempo los materiales que componen el paramento pueden humedecerse aumentando por tanto su conductividad térmica, se suele desprestigiar el espesor de cada una de las capas que forman la pared, a excepción de la capa de aislante que es por tanto la única consideradas.

Aplicando la fórmula del flujo de calor, $Q = K \cdot S \cdot Dt$, calcularemos las pérdidas que se producen en las 6 paredes de la cámara.

Tabla LXXVIII.- Pérdidas de calor en la bodega

Tipo de Sup.	Area(s)[m2]	Q[w]
Suelo	19.458	107.88
Techo	19.458	107.88
Proa	20.24	112.21
Popa	20.24	112.21
Babor	18.612	103.18
Estribor	18.612	103.18
Total (1 Bodega)		646.541
Total (16 Bodegas)		9698.119

Fuente: Elaboracion Propia

2.6.7.2.1 Cargas Térmicas por congelación del atún

Para determinarlas debemos tener en cuenta 3 procesos distintos:

- Enfriamiento del atún (Q1)
- Congelación del atún (Q2)
- Enfriamiento tras congelación (Q3)

La suma de los 3 procesos es el resultado de la carga térmica por congelación de atún

$$Q1 = m * ce1 * (Tent - Tcong) \quad (66)$$

$$Q2 = m * Ccong \quad (67)$$

$$Q3 = m * ce2 * (Tcong - Treg) \quad (68)$$

Donde:

m = Masa de entrada diaria de atún

ce1 = Calor Específico del atún

ce2 = Calor específico del atún congelado

Ccong = Calor latente de congelación

Tent = Temperatura de entrada del atún

Treg = Temperatura de régimen

La masa de atún congelado cada día es de 85 toneladas, su temperatura de entrada se tomó como 20°C aproximadamente y su temperatura de régimen - 10°C.

El resto de los valores se toman del libro, fundamentos de pesca.

Tabla LXXIX.- Valores para cálculos en sistema de frío

Ce1	0,041 Kcal/Kg
Ce2	0,22 Kcal/Kg
Ccong	55 Kcal/Kg
Tcong	-2,2 °C

Fuente: Fundamentos de pesca

Con todos los valores se puede calcular la carga:

$$Q1 = m \cdot ce1 \cdot (Tent - Tcong) = 773670 \text{ kcal/día} = 32236.25 \text{ kcal/h} = 27.75 \text{ KW}$$

$$Q2 = m \cdot Ccong = 46755000 \text{ kcal/día} = 194791.67 \text{ kcal/h} = 167.63 \text{ KW}$$

$$Q3 = m \cdot ce2 \cdot (Tcong - Treg) = 145860 \text{ kcal/día} = 6077.5 \text{ kcal/hora} = 5.23 \text{ KW}$$

$$Q_{\text{congelación}} = Q1 + Q2 + Q3$$

$$\mathbf{Q_{\text{congelación}} = 200.61 \text{ KW}}$$

2.6.7.2.2 Otras cargas

Otro tipo de cargas no consideradas y que no se pueden producir por las propias características de la instalación.

$$Q_o = (Q+Q_{\text{congelación}})*0.1 = 21.03\text{KW} \quad (69)$$

2.6.7.2.3 Total de cargas térmicas

El total de las cargas térmicas es la suma de cada tipo de carga que hemos obtenido.

$$Q_{\text{total}} = Q+Q_{\text{congelación}}+Q_o = 231.34 \text{ KW} \quad (70)$$

$$Q_e = (Q_{\text{total}} * 24\text{h}/\text{horas de funcionamiento})*S \quad (71)$$

Donde:

S = Coeficiente de seguridad de 10%

$$Q_e = 231.34*(24/20)*1.1$$

$$Q_e = 305.36 \text{ KW}$$

$$Q_e = 415.2\text{CV}$$

2.6.7.3 Ciclo frigorífico del amoníaco

Temperatura evaporación = -25 °C

Presión evaporación = 1,5 bar

Temperatura condensación = 35 °C

Presión condensación = 13,51 bar

Los refrigerantes que su coeficiente adiabático es elevado, las temperaturas al final de la compresión alcanzan valores elevados e incompatibles con el buen funcionamiento del compresor. En el caso de hacer que nuestra instalación funcione con un ciclo de compresión simple, obtendríamos una temperatura cercana a los 135 °C en la descarga del compresor, esta temperatura estaría por encima de la crítica del propio amoníaco.

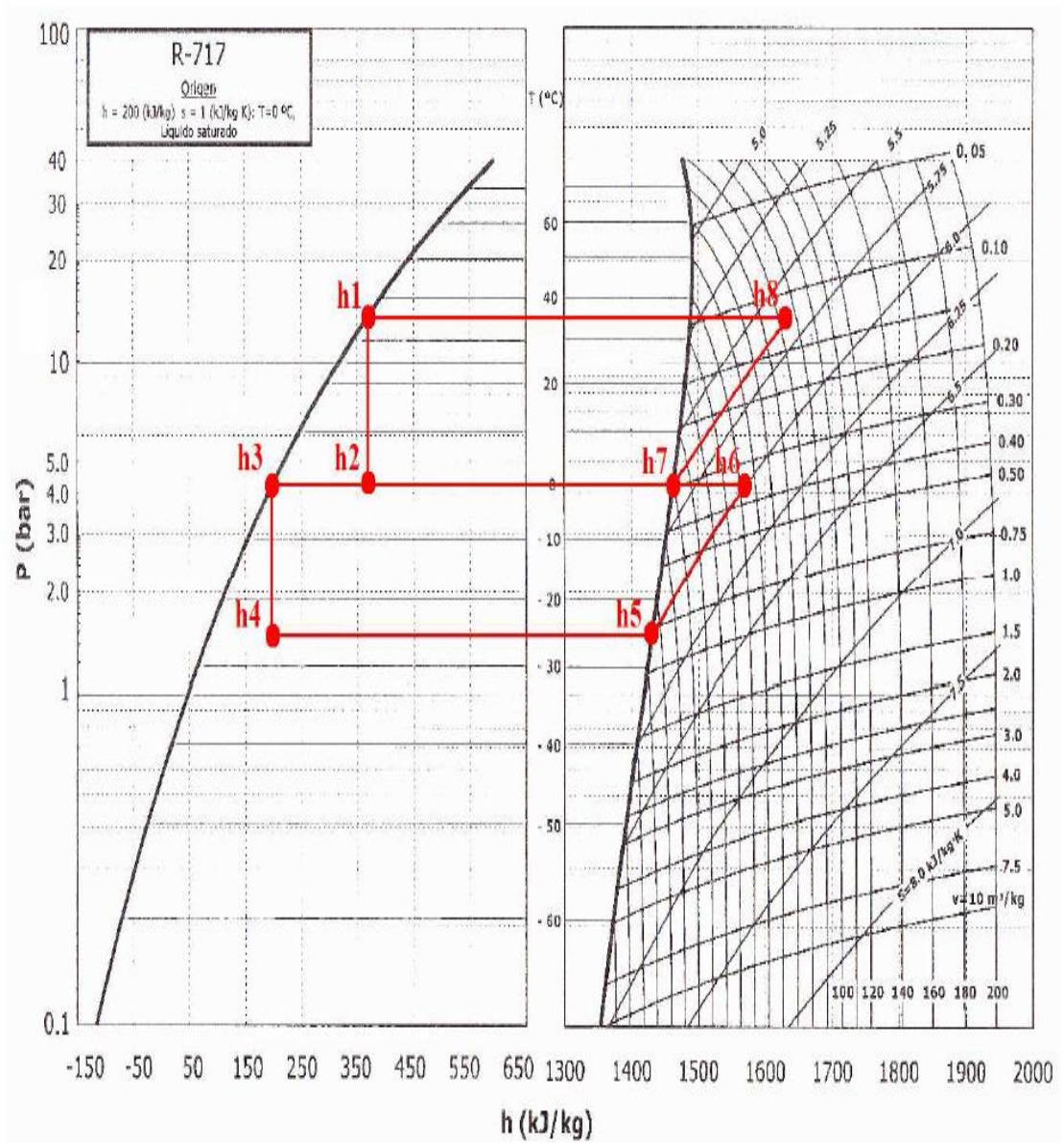
En instalaciones donde la relación de compresión está por encima de 7 u 8, es recomendable utilizar la doble compresión 12, de este modo, la temperatura de descarga se reducirá considerablemente.

En el caso del amoníaco, es necesario realizar la doble compresión tanto por que se sobrepasa la temperatura crítica del propio amoníaco como por que la relación de compresión que se obtiene es superior al límite establecido:

Presión de condensación / Presión de evaporación = 9. (Es necesaria la doble compresión). Para encontrar la presión intermedia:

Con las tablas y el diagrama P-h para el amoníaco, encontramos las distintas entalpías, presiones y temperaturas del ciclo:

Figura No. 63.- Diagrama p-h del amoniaco



FUENTE: FUNDAMENTOS DE PESCA

Tabla LXXX.- Explicación del diagrama P-h del amoniaco

Punto del circuito	Entalpía [kJ/kg]	Presión [bar]	Temperatura [°C]
h1	366,1	13,51	35
h2	366,1	4,5	1
h3	204,6	4,5	1
h4	204,6	1,5	-25
h5	1431	1,5	-25
h6	1570	4,5	50
h7	1463	4,5	1
h8	1630	13,51	80

Fuente: Fundamentos De Pesca

Teniendo las entalpías y el total de carga térmica (Q_e), podemos calcular los distintos parámetros de la instalación:

-Caudal másico en estado líquido:

$$m_e = \frac{Q_e}{h_5 - h_4} = 0.25 \frac{kg}{s} \quad (72)$$

-Caudal másico en estado gaseoso:

$$mc = me * \frac{h6-h3}{h7-h2} = 0.32 \text{ kg/s} \quad (73)$$

-Potencia del compresor de baja presión:

$$Wbp = me * (h6 - h5) = 34.75 \text{ KW} \quad (74)$$

-Potencia del compresor de alta Presión:

$$Wap = mc * (h8 - h7) = 54.34 \text{ KW} \quad (75)$$

-Potencia total del compresor:

$$Wtcomp = Wbp + Wap = 88.2 \text{ KW} \quad (76)$$

-Potencia del Condensador:

$$Qcond = Qe + Wtcomp = 393.6 \text{ KW} \quad (77)$$

-Coeficiente de Operación:

$$COP = \frac{Qe}{Wtcomp} = 3.46 \quad (78)$$

2.6.7.4 Tuberías

Dependiendo del tramo de tubería donde se encuentre el refrigerante, el diámetro será de un tamaño concreto, atendiendo a las necesidades que se tengan. A la hora de realizar una instalación frigorífica se debe tener en cuenta con que refrigerante se querrá trabajar ya que por ejemplo el amoníaco corroe al cobre y sus aleaciones, y las tuberías han de ser de acero.

Como ya se ha dicho, cada tubería tiene sus propias necesidades, por ejemplo, las tuberías de aspiración deben de estar aisladas para prevenir la condensación de la humedad ambiente y reducir las ganancias de calor, mientras que las tuberías de líquido no hace falta aislarlas salvo en espacios de alta temperatura, en cambio, las tuberías de descarga no deben de aislarse ya que así se favorece el intercambio de calor con el exterior. Para determinar el diámetro óptimo en cada tramo del circuito, utilizaremos los ábacos que permiten determinar gráficamente los diámetros de las tuberías en función de la potencia frigorífica de la instalación.

Antes de todo, es importante saber las pérdidas de carga admisibles en cada tramo. En el caso del amoníaco, las pérdidas en la tubería de líquido no pueden sobrepasar de 0,35 bares por cada 100 metros, en la tubería de descarga de 0,23 bares por cada 100 metros y de 0,07 bares por cada 100 metros (teniendo en cuenta la temperatura de evaporación de -25°C).

Es fundamental saber las longitudes de cada tubería para saber la pérdida de carga admisible, al no tener datos suficientes para saber las longitudes de cada tramo de tubería, se ha optado por consultar instalaciones que funcionen en condiciones similares, tanto de potencia como de temperaturas.

Las longitudes de cada tubería son las siguientes:

Tubería de Líquido: 55 m

Tubería de Descarga: 12 m

Tubería de aspiración: 40 m

-Tubería de Líquido

$$\Delta P = 0.35 * \frac{100}{55} = 0.636 \text{ bar} \quad (79)$$

El diámetro comercial que se obtiene con los ábacos es de: 0.5"

-Tubería de descarga:

$$\Delta P = 0.14 * \frac{100}{12} = 1.16 \text{ bar} \quad (80)$$

El diámetro comercial que se obtiene con los ábacos es de 2" 1/2

-Tubería de aspiración:

$$\Delta P = 0.045 * \frac{100}{40} = 0.11 \text{ bar} \quad (81)$$

El diámetro comercial obtenido por los ábacos es de 3" 5/8

2.6.8 Sistema de Ventilación

Dentro de sala de máquinas deben de realizarse muchos cambios de aire puesto que es un área crítica, las principales funciones del sistema de ventilación de espacios de máquinas son proporcionar el aire de combustión que precisan motores y generadores y disipar el calor emitido por los equipos que existen en los locales.

La ISO 8861[17] establece los requisitos que se deben cumplir en la ventilación de sala de máquinas, la norma ISO define los siguientes espacios:

- Local de maquinaria principal
- Local de hélices transversales
- Local de máquina auxiliar de proa

Con el fin de mantener una ligera sobrepresión en los locales, existirán ventiladores que impulsarán aire con un salto de presión de 40mm.c.a., y ventiladores que lo extraerán con un salto de presión de 10 mm.c.a. Menor. En los conductos de ventilación no se deben superar los 5m/s para evitar problemas por ruidos.

2.6.8.1 Ventilación de sala de maquinas

Sala de máquinas se define como el espacio que contiene, la maquinaria propulsiva, auxiliar, calderas generadores y otros equipos eléctricos. Para determinar el flujo de aire necesario a extraer de sala de máquina se analizan cada uno de los equipos en ella, siguiendo la referencia [28].

2.6.8.1.1 Requerimiento de flujo de aire de combustión

Para el cálculo de este requerimiento se analiza el motor, generador y calderas en caso de que haya.

-Generador: La referencia [28], presenta la siguiente formula para el cálculo del flujo requerido por generadores que no sean 3600, como es el caso.

$$Qdg = \frac{Pdg \times Qd}{P} \quad (82)$$

Todas las ecuaciones y sus símbolos se explican en la referencia, [28], sabiendo que la máxima potencia del generador es de 500 hp o 372.8 KW, tenemos:

$$Qdg = 0.75 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

-Caldera: puesto que nuestra embarcación no posee calderas, este valor corresponde a cero.

-Motor: El máximo flujo de aire del motor se toma de la referencia [11], dando un flujo de 263.2 m³/seg.

Finalmente, el requerimiento de flujo de aire de combustión es la suma de los tres resultados.

$$Q_c = 0.75 + 0 + 15.8 \quad (83)$$

$$Q_c = 16.55 \text{ m}^3/\text{seg}$$

2.6.8.1.2 Requerimientos del flujo de aire para retirar el calor por radiación

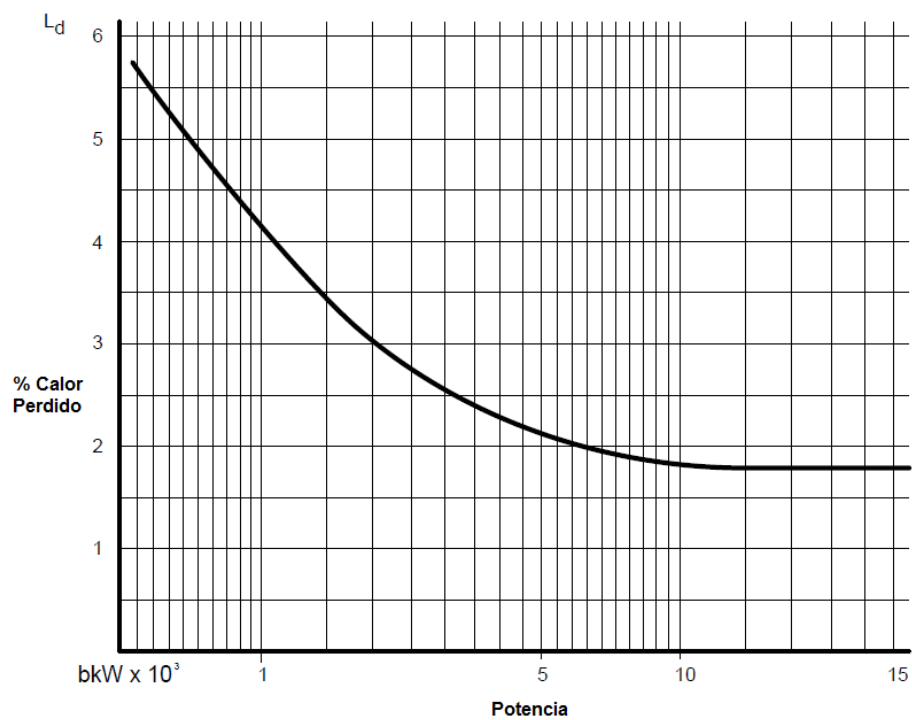
-Motor: El calor radiado por el motor se encuentra en la referencia [28], es de 81 Kw

-Generador: la referencia [28] presenta y explica la fórmula para calcular el calor radiado por el juego de generadores.

$$\phi = Pdg \times \frac{Ld}{100} \quad (84)$$

De donde, el valor L_d representa un porcentaje del calor perdido, tomado de la figura No.58 , de donde, sabiendo que la potencia es de 372,8 Kw, se tiene un porcentaje de perdida de calor de 55%

Figura No. 64.- Calor perdido por potencia



FUENTE: REFERENCIA [28]

Entonces, el calor radiado por el generador, es:

$$\emptyset = 372.8 \times \frac{55}{100} \quad (84)$$

$$\emptyset = 205,04 \text{ Kw}$$

-Calderas: El buque no posee calderas, por lo que el calor es cero.

2.6.8.1.3 Requerimiento de flujo de aire para retirar el calor expulsado

-Calor expulsado por vapor y tuberías: La fórmula para calcular el calor rechazado se explica en la referencia [28], junto con algunos valores de la misma.

$$\phi_p = Q_s \times Q_f \times h \times \frac{L_p}{100} \quad (85)$$

$$\phi = 3.413 \times 0.079 \times 41800 \times 0.0015$$

$$\phi = 16,91 \text{ Kw}$$

-Calor expulsado por generador: la ecuación se explica en la referencia [28].

$$\phi_g = P_g \times \left(1 - \frac{N}{100}\right) \quad (86)$$

$$\phi = 372.8 \times \left(1 - \frac{96}{100}\right)$$

$$\phi = 14,91 \text{ Kw}$$

-Calor expulsado por equipo eléctrico: Para los buques el calor expulsado por los equipos eléctricos se toma al 10% de la potencia del generador, como se muestra en la referencia [28].

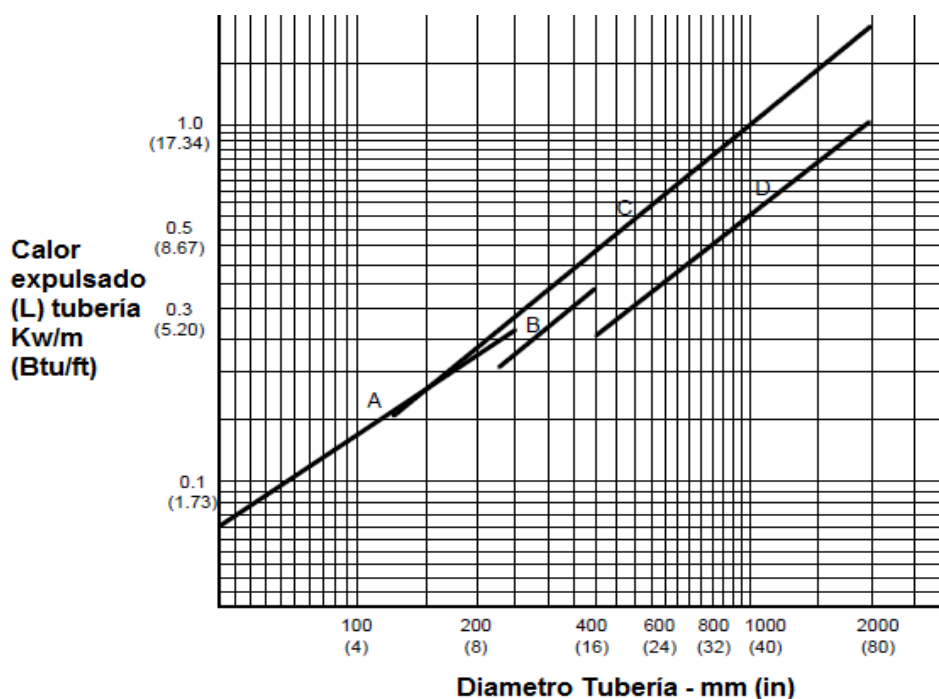
$$\phi_{el} = Pg \times 10/100 \quad (87)$$

$$\phi_{el} = 372.8 \times 0.1$$

$$\phi_{el} = 37.28 \text{ kw}$$

-Calor expulsado por tuberías de escape: De la referencia [28] se tomó la figura No. , que indica el calor expulsado por la tubería de escape en Kw/m de tubería vs cuatro tipos diferentes de aislamiento.

Figura No. 65.- Calor expulsado tubería de escape



La gráfica está basada en la diferencia de temperatura = 350°C
 Curva **A** 40mm Lana mineral con Lambda = 0.038 W/m x C°
 Curva **B** 50mm Lana mineral con Lambda = 0.038 W/m x C°
 Curva **C** 70mm Bola de asbesto libre de calcio y sicilio con Lambda = 0.070 w7m x C°
 Curva **D** 70mm Lana mineral con Lambda = 0.037 W/m x C°

Fuente: Referencia [28]

Sabiendo que el diámetro del tubo de escape de es 0,45m con aislamiento tipo D, se obtiene un calor de 0,3Kw/m, sabiendo que la tubería de escape tiene 15 m de longitud, lo que da un calor de 4,5Kw.

-Calor expulsado por tanques de combustible: para el calor expulsado por tanques de combustible es necesario el área en contacto con la sala de máquinas de los tanques como se indica en la referencia [28]. Con un área de 70 mt² en contacto se tiene un calor de 1,47Kw.

2.6.8.1.4 Flujo de aire total a ser removido

El flujo de aire total a ser removido se lo determina con todos los calores que fueron calculados anteriormente y una relación que se explica en la referencia [28].

$$qh = \frac{81+205,04+16,91+14,91+37,28+4,5+1,47}{12,5*1,15*1,01} \quad (88)$$

$$qh = 24,87 \text{ m}^3/\text{seg}$$

2.6.8.2 Potencia necesaria para el ventilador

$$P = \frac{9.81*Q*H}{nm*nel} \text{ (KW)} \quad (89)$$

Donde:

Q: Caudal proporcionado por el ventilador

H: Presión Manométrica

Nm y nel son rendimiento del motor eléctrico, consideraremos 0,65 y 0,85 respectivamente.

Con el fin de mantener una ligera sobrepresión el local de los ventiladores impulsará aire con un salto de presión de 40 mm.c.a y lo extraerán con un salto de presión de 10 mm.c.a menor.

Calculamos la potencia tanto como para introducción y extracción

2.6.8.3 Introducción de aire

$$P = \frac{9.81*15*40}{0.65*0.85} \quad (90)$$

P = 10 KW

Puesto que se desean 6 ventiladores en servicio la potencia unitaria de los ventiladores será:

$$P = 1.67 \text{ Kw}$$

2.6.8.4 Extracción de aire

$$P = \frac{9.81 \cdot 15 \cdot 30}{0.65 \cdot 0.85} \quad (91)$$

$$P = 8 \text{ Kw}$$

Puesto que se desean 4 ventiladores en servicio la potencia unitaria de los ventiladores será:

$$P = 2 \text{ Kw}$$

No debemos olvidar que puesto que el motor tiene sistema turbo para los gases de escape debemos realizar cambios de aire dentro de sala de máquinas de al menos 60 veces por hora.

2.7 Selección del grupo Electrónico

Para seleccionar el generador que vamos a utilizar se han estimado todas las posibles Fuentes de consumo de energía que no están siendo alimentadas por él toma fuerza del motor.

Para esta selección se realiza una tabla en la que se realiza la suma de todas las potencias requeridas para el suministro de energía eléctrica.

Tabla LXXXI.- Cálculo del grupo electrógeno

Estimacion de Potencia de Generador							Factor de consumo				Consumo			
Consumo	CANTIDAD	Potencia		VAC VOLTAJE	φ*(1-3) FASE	Amp	Prueba No 1	Prueba No 2	Prueba No 3	Prueba No 3	Prueba No 1	Prueba No 2	Prueba No 3	Prueba No 3
		Kw	HP				SALIDA DE PUERTO	LLEGADA A PUERTO	MANIOBRA	EMERGENCIA	SALIDA DE PUERTO	LLEGADA A PUERTO	MANIOBRA	EMERGENCIA
BOMBAS														
Bombas de Salmuera	19	5,5	7,5	440	3	209,0	25%	100%	80%	0%	1,9	7,5	6,0	0,0
Bomba de Transferencia de combustible	2	7,5	10,05	440	3	14,0	0%	0%	0%	100%	0,0	0,0	0,0	10,1
Bomba de Transferencia de Aceite Sucio	1	3,7	5	440	3	6,6	60%	50%	50%	25%	3,0	2,5	2,5	1,3
Bomba Prelubricadora	1	0,75	1,005	440	3	2,1	30%	10%	1%	1%	0,3	0,1	0,0	0,0
Bombas de enfriamiento de generador	3	5,5	7,37	440	3	80,0	50%	0%	10%	0%	3,7	0,0	0,7	0,0
Bomba contra incendio	2	22	29,48	440	3	77,4	100%	100%	100%	100%	29,5	29,5	29,5	29,5
Bomba de achique de Sentina	2	7,5	10,05	440	3	80,0	100%	100%	100%	100%	10,1	10,1	10,1	10,1
Bomba de Agua de Mar M. principal	2	22	29,48	440	3	77,4	100%	100%	100%	100%	29,5	29,5	29,5	29,5
Bombas de condensacion	2	15,5	20,77	440	3	54,5	100%	100%	100%	100%	20,8	20,8	20,8	20,8
Bombas de servicio General	1	3,7	4,958	440	3	7,6	100%	100%	100%	100%	5,0	5,0	5,0	5,0
Bomba de Alimentacion Purificadora 204	2	3,7	4,958	440	3	13,0	100%	100%	100%	100%	5,0	5,0	5,0	5,0
Bomba prelubricadora caja Reductora	1	18,6	24,924	440	3	34,0	100%	100%	100%	100%	24,9	24,9	24,9	24,9
Bomba de trasiego de aceite de lubricacion	3	0,75	1,005	440	3	7,6	100%	100%	100%	100%	1,0	1,0	1,0	1,0
Bomba de trasiego de combustible	3	3,3	4,422	440	3	21,0	100%	100%	100%	100%	4,4	4,4	4,4	4,4
Bomba del servo	2	11,5	15,41	440	3	40,4	100%	100%	100%	100%	15,4	15,4	15,4	15,4
Sub Total de Bombas=			176,382								154,3	155,6	154,7	156,8

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LXXXII.-Cálculo del grupo electrógeno

EQ. COMPLEMENTARIOS															
Acondicionadores de aire	2	33	44,22	220	3	232,1	100%	100%	10%	0%	44,2	44,2	4,4	0,0	
Calefactor de Generadores	4	1,5	2,01	220	1	108,0	100%	100%	10%	0%	2,0	2,0	0,2	0,0	
Calentador de Agua Dulce	2	7,5	10,05	220	1	68,0	100%	100%	10%	0%	10,1	10,1	1,0	0,0	
Cargador de Baterias Palo	3	4,4	5,896	220	1	180,0	100%	100%	10%	0%	5,9	5,9	0,6	0,0	
Compresor de Aire	2	11,5	15,41	440	3	42,0	100%	100%	10%	100%	15,4	15,4	1,5	15,4	
Extractor Maquina	1	11,5	15,41	440	3	21,0	100%	100%	10%	100%	15,4	15,4	1,5	15,4	
Extractor sala compresores	1	7,5	10,05	440	3	14,0	100%	100%	10%	100%	10,1	10,1	1,0	10,1	
Extractor sala de cocina	1	0,75	1,005	440	3	14,0	100%	100%	10%	100%	1,0	1,0	0,1	1,0	
Hidroforo Agua de mar	1	2,2	2,948	220	3	9,6	100%	100%	10%	0%	2,9	2,9	0,3	0,0	
Hidroforo Agua Dulce	1	2,2	2,948	220	3	9,6	100%	100%	10%	0%	2,9	2,9	0,3	0,0	
Compresor de Frio	6	112	150,08	440	3	1080,0	100%	100%	10%	0%	150,1	150,1	15,0	0,0	
Reflectores contorno	1	8	10,72	220	1	36,0	100%	100%	10%	100%	10,7	10,7	1,1	10,7	
Iluminacion parque pesca, tuel, proa	1	3	4,02	110	1	27,0	100%	100%	10%	100%	4,0	4,0	0,4	4,0	
Iluminacion Puente y exteriores	1	3	4,02	110	1	27,0	100%	100%	10%	100%	4,0	4,0	0,4	4,0	
Iluminacion habitabilidad y pasillo	1	1,5	2,01	110	1	15,0	100%	100%	10%	100%	2,0	2,0	0,2	2,0	
Iluminacion de emergencia	1	1,5	2,01	110	1	62,0	100%	100%	10%	100%	2,0	2,0	0,2	2,0	
Iluminacion Sala de Control	1	2	2,68	110	1	18,0	100%	100%	10%	100%	2,7	2,7	0,3	2,7	
Lavadora	1	2	2,68	110	1	18,0	100%	100%	10%	0%	2,7	2,7	0,3	0,0	
Maquina de Soldar	1	5	6,7	440	3	11,0	100%	100%	10%	0%	6,7	6,7	0,7	0,0	
Purificadora de aceite lubric princ.	1	3,7	4,958	440	3	11,0	100%	100%	10%	0%	5,0	5,0	0,5	0,0	
Separador de aguas oleosas	1	1,5	2,01	220	3	7,5	100%	100%	10%	0%	2,0	2,0	0,2	0,0	
Ventilador Sobre Maquina	1	3,7	4,958	440	3	7,6	100%	100%	10%	100%	5,0	5,0	0,5	5,0	
Ventiladores Sala de Maquinas	1	11,5	15,41	440	3	20,2	100%	100%	10%	100%	15,4	15,4	1,5	15,4	
Ventiladores Sala de Compresores	1	3,7	4,958	440	3	7,6	100%	100%	10%	100%	5,0	5,0	0,5	5,0	
Sub Total de Alum & Poder=			327,161								327,2	327,2	32,7	92,7	
Total Genset neto	482,7		HP	503,5	kW	440,0	VAC	3,0	Ph	1,0	481,5	482,7	187,4	249,4	
											error (5%)	24,073975	24,135925	9,3710075	12,4714025
											Potencia total (HP)	505,6	506,9	196,8	261,9

Fuente: Elaboración Propia

Para saber si este valor es correcto se realiza una estimación según el manual de apuntes de Maquinaria Marítima I/PhD J. Marín [32], en la cual se realizan los siguientes cálculos:

$$P_G = P_{\min} / \Psi_{\min} \quad (92)$$

Donde:

P_G : es la potencia del generador

P_{\min} : potencia eléctrica mínima en el régimen principal de funcionamiento del buque, 196,8 HP

Ψ_{\min} : Coeficiente de Carga mínima para nuestro caso 0.4

Tabla LXXXIII.- Calculo del Generador

Calculo del Generador	
Z	
Kr	1,25
Ψ	0,4
Pmax	505,6
Pmin	196,8
PG	490

Fuente: Elaboración Propia

Reemplazando estos valores en la Ecuación obtenemos:

$$P_G = 490 \text{ hp}$$

Ahora el número de generadores con esta capacidad está dado por la siguiente ecuación:

$$Z=K_R \cdot P_{\max}/P_G \quad (93)$$

Donde:

P_{\max} : Potencia eléctrica máxima en el régimen principal de funcionamiento del buque, 505,6 HP.

K_R , Coeficiente de Reserva de Potencia, para nuestro caso 1,28 entonces reemplazamos en la ecuación dada por la referencia y obtenemos:

$$Z=2$$

Que lo dejaremos en el inmediato inferior, es decir nuestro barco tendrá 2 generadores, más un generador de emergencia, los cuales deben funcionar en paralelo, utilizando el 50% de su capacidad para generar energía eléctrica.

2.8 Análisis de Resultados

Se puede ver en el desarrollo del capítulo, que el diseño preliminar de la embarcación incluye muchos cálculos de diseño, por lo que fue muy importante llevar un orden en el desarrollo del mismo.

Las líneas de formas de la embarcación, muestran una respuesta adecuada a los análisis preliminares que se presentaron en el capítulo, ángulos de entrada y salida del flujo de agua, resta por realizar un análisis CFD para corroborar

los resultados presentados, es decir, demostrar que no existe problemas con las formas de la embarcación.

La desagregación de pesos se tuvo que llevar a cabo de forma minuciosa debido a la exigencia en estabilidad que estas embarcaciones presentan, pero se puede concluir que la distribución de pesos es apropiada en el desarrollo de los cálculos hidrostáticos y el análisis de estabilidad donde podemos ver que la embarcación pasa la prueba de estabilidad en la condición más crítica y los coeficientes hidrostáticos se encuentran dentro del rango de lo permisible. Se diseñaron los elementos estructurales principales de la embarcación y probó su respuesta en el desarrollo del programa "SPECIAL SERVICE CRAFT" de Lloyd's Register, donde vemos que el diseño cumple las reglamentaciones de las sociedades y tiene una buena respuesta a los esfuerzo a los que se ve sometida la estructura, lo planos del rayado estructural también siguen todas las reglamentaciones de las sociedades.

En el análisis de la resistencia de la embarcación y el cálculo de la propulsión de la embarcación se pudo ver que la respuesta estimada en holtrop es similar a la respuesta que se espera con el programa NAVCAD, si bien no se desarrollan muchos análisis más detallados del sistema propulsivo, estos se realizarán en el siguiente capítulo en el que se entrará más a fondo a ver los detalles del sistema y corroborar que tenga una respuesta adecuada a todo el entorno en el que se encuentra.

Para los circuitos se realizó el cálculo de los requisitos de potencia y su funcionabilidad, de los circuitos más importantes se realizó los planos funcionales de los mismos, la selección de los componentes de los circuitos representa un análisis muy importante pues este permite la correcta función de los circuitos.

Capítulo III

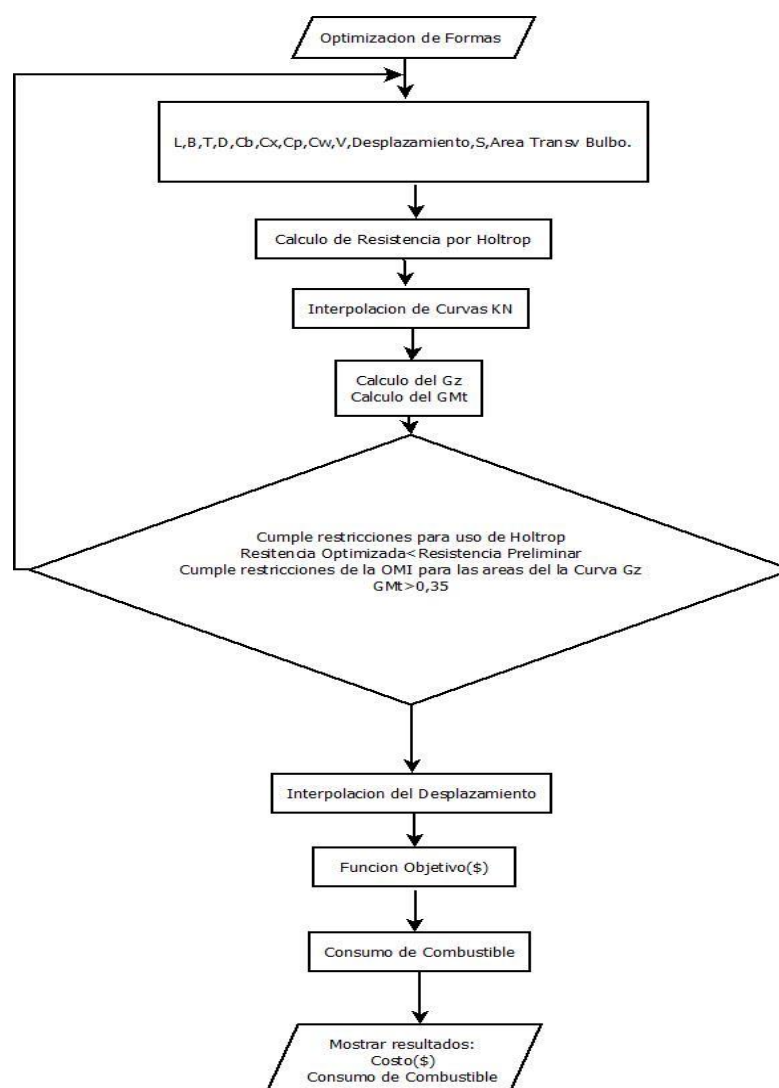
3 Diseño definitivo: Optimización del Diseño

En este capítulo se realiza el diseño definitivo de la embarcación, utilizando métodos de optimización y cálculos más detallados de los grupos tecnológicos estudiados en la embarcación, se vuelve a revisar los análisis realizados anteriormente con la finalidad de corregir error y llenar vacíos; con el objetivo de realizar un cálculo optimizado se hizo una verificación de los cálculos mediante el uso de Softwares de optimización como el Sap2000 y Ansys.

La optimización de la embarcación tiene como finalidad reducir los costos de producción y emplear la menor cantidad de material para una mayor producción.

3.1 Diagrama de Flujo del desarrollo de la Optimización de Formas

Figura No. 66.- Diagrama de Flujo del proceso de Optimización



Fuente: Elaboración Propia

3.1.1 Selección de Variables a Optimizar

Eslora (L)

Manga (B)

Puntal (D)

Calado (T)

Coeficiente Block (Cb)

Coeficiente Prismático (Cp)

Desplazamiento (Δ)

Resistencia al avance (Rt)

Brazo Adrizante (GZ)

Altura Metacéntrica (GMT)

Dentro de los cálculos existen muchas otras variables, las cuales serán el resultado de la optimización de estas variables mencionadas.

3.1.2 Selección de la función Objetivo

La función objetivo que hemos escogido para realizar optimización ha sido el costo mínimo de construcción. Este costo se lo calculo en base a una relación del H-H, el cual se planteó de la siguiente forma:

$$\text{Costo (\$)} = W_{\text{ESTRUCTURA}} * \left(\frac{\$}{\text{TON}} \right) + \text{Costo}_{\text{INSUMOS}} + \text{Costo}_{\text{Mano de Obra}} \quad (94)$$

El $W_{ESTRUCTURA}$ se lo cálculo de la siguiente forma:

Según la referencia [33], el peso de la estructura de un buque pesquero, es equivalente a entre el 30-40% del Desplazamiento total de la embarcación, por lo tanto se realizó una serie de modelos, escalando las dimensiones principales, para lograr una serie regresional y así determinar el peso Δ de la embarcación:

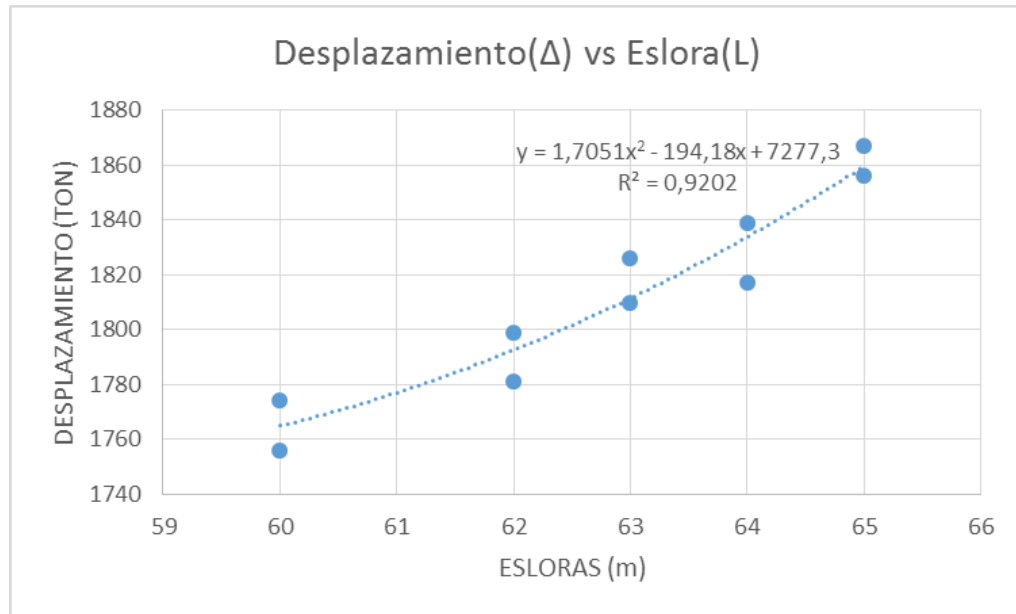
Tabla LXXXIV.- Modelos usados en la regresión

Dimensiones LXBXD	Desplazamiento (t)
60x11,2x8,32	1756
60x11,2x9	1774
62x11x8,32	1781
62x11x9	1799
63x11x8,32	1810
63x11x9	1826
64x11x8,32	1817
64x11x9	1839
65x11x8,32	1856
65x11x9	1867

Fuente: Elaboración Propia

Y se sacó la siguiente curva para aproximar el desplazamiento:

Figura No. 67.- Desplazamiento vs Eslora



Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto el $W_{ESTRUCTURA} = 0,3 * \Delta$ (L)

3.1.3 Selección de restricciones

La resistencia al avance es una de las principales restricciones que debemos cumplir, debido a que como se dijo, el consumo de combustible es muy importante que se reduzca, para así poder vender nuestro diseño como un estudio que ha pensado en todo para el beneficio del Armador y el Medio Ambiente.

Para este diseño se utilizó el método realizado por J. Holtrop and G. Mennen [14]. Es importante saber por qué escogemos este método, ya que con él se puede estimar los efectos producidos por apéndices, bulbos exactamente, ángulos de entrada del agua

La ecuación definida con la función R_{total} , es una de las variables de diseño las cuales tendrán como restricción disminuir en comparación al cálculo del diseño preliminar, para así lograr una reducción en el consumo de combustible.

Otras de las restricciones que se han aplicado a nuestra función objetivo fueron las siguientes:

Tabla LXXXV .-Restricciones de Holtrop

	fn	cp		L/B		B/T		Cb*B/L
		min	max	min	max	min	max	
rangos	0,24	0,55	0,65	3,9	6,3	2,1	3	0,115

Fuente: Elaboración Propia

- El Fn (número de Froude), Cp (Coeficiente Prismático), la relación L/B y B/T, son restricciones para poder utilizar de forma confiable el método de Holtrop.
- La relación Cb*B/L fue sacada de la referencia [33], la cual fue obtenida en un análisis regresional.

Por otra parte los criterios de estabilidad que la embarcación debe cumplir al variar las formas serán las siguientes:

“El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no será inferior a 0,055 m.rad hasta un Angulo de escora 30 ° ni inferior a 0,09 m.rad hasta un ángulo

de escora de 40° , o hasta un Angulo de inundación Θ_f si es inferior a 40° . Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes entre los ángulos de escora de 30° y 40° y Θ_f , si este ángulo es inferior a 40° , no será inferior a $0.03\text{m}\cdot\text{rad}$ el brazo Adrizante GZ será como mínimo de 0,2 a un ángulo de escora igual o superior a 30°

El brazo Adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30° pero no inferior a 25° [3] una vez aplicado se procede a realizar la optimización de las formas.

3.1.4 Aplicación de métodos de optimización

Usamos la función Solver para lograr una rápida optimización, primero seleccionamos las variables a optimizar, y luego ubicamos las restricciones, y Obtenemos los siguientes resultados:

Tabla LXXXVI Resultados y comparación de Optimización

	Optimizado	Preliminar
L=	61	61
Lpp=	54	53
B=	11	11,2
D=	8,32	8,32
T=	5,50	5,05
Lr=	17,5	28,38
Cb=	0,56	0,58
Cw=	0,73	0,794
Cp=	0,61	0,622
Cx=	0,931	0,931

S=	887,84	887,84
u=	0,00008	0,00008
V=	12,1	12,1
Δ =	1788,49	1976
lcb=	-2,36	-2,36
B/T=	2,18	2,218
L/B=	5,45	5,357
Cb*B/L	0,12	0,108

Fuente: Elaboración Propia

En esta tabla se encuentra ubicados los resultados de las variables de diseño, las cuales la función solver cambio en beneficio de las restricciones que se mostraran a continuación:

Resistencia al avance

Tabla LXXXVII.- Resistencia friccional

	Optimizado	Preliminar
resistencia friccional		
RF=	29,587	30,725
1+k1=	1,278	1,164
Lr/L=	0,292	0,283
C12=	0,576	0,576
T/L=	0,084	0,084
C13=	1,030	1,030
S=	887,840	922,000
Atbulbo=	4,530	4,530
Fn=	0,270	0,273

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LXXXVIII.- Resistencia por apéndice

	Optimizado	Preliminar
resistencia por apéndice		
Rap=	9,98	9,98
Sapp=	149,76	149,76
1+k2	2	2
Cf=	0,0017	0,0017
Re	4781163,75	4781163,75

	rudders	skag	hull bossing	suma
App(m2)	4,75	32,1	112,88	149,8
1+k1	2	2	2	
Appx(1+k1)	9,5	64,3	225,76	299,5

Fuente: Elaboración Propia

Tabla LXXXIX.- Resistencia por olas

	Optimizado	Preliminar
Resistencia por olas		
Rw=	15,627	17,779
c1=	4,164	4,244
c7=	0,183	0,187
c2=	0,728	0,729
c5=	0,867	0,869
m1=	-2,420	-2,436
m2=	-0,160	-0,171
λ =	0,718	0,739
T/B=	0,459	0,451
L/B=	5,455	5,357
c3=	0,028	0,028
c16=	1,354	1,341
c15=	-1,694	-1,694
iE=	15,810	14,188
Tf=	5,18	5,18
hb=	2,4	2,43

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XC.- Resistencia por bulbo

Resistencia por bulbo de proa cerca de la superficie del agua		
	Optimizado	Preliminar
Rb=	0,038	0,051
Pb=	0,754	0,776
Fni=	1,179	1,185

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XCI.- Resistencia por espejo sumergido

Resistencia por espejo sumergido		
	Optimizado	Preliminar
RTR=	19,85	19,45
At=	8,60	8,60
c6=	0,12	0,11
Fnt=	2,09	2,15

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XCII.- Resistencia por correlación

Resistencia por correlacion modelo-barco		
	Optimizado	Preliminar
RA=	10,802	11,218
CA=	0,001	0,001
c4=	0,040	0,040
Tf/L	0,086	0,086

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XCIII .-Resistencia total

Resistencia Total=			
Rt=	120,44	kn	Optimizada
Rt=	120,65	kn	Preliminar

Fuente: Elaboración Propia

Tabla XCIV.- Diferencia entre resistencias

disminucion de resistencia	0,17	%
----------------------------	------	---

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.1 Criterios OMI de estabilidad:

Para el cálculo del GZ se realizó lo siguiente:

- Se modelaron 8 prototipos a diferentes calados.

Tabla XCV.- Modelos usados para la interpolación de KN

Prototipo	L(m)	B(m)	D(m)	T(m)
1.1.1	60	11	9	5,05
2.1.1	60	11	8,32	5,05

Prototipo	L(m)	B(m)	D(m)	T(m)
1.2.1	60	11,2	9	5,5
2.2.1	60	11,2	8,32	5,5

Prototipo	L(m)	B(m)	D(m)	T(m)
1.1.2	65	11,2	9	5,05
2.1.2	65	11,2	8,32	5,05

Prototipo	L(m)	B(m)	D(m)	T(m)
1.2.2	65	11,2	9	5,5
2.2.2	65	11,2	8,32	5,5

Fuente: Elaboración Propia

Se calcularon las Curvas KN para cada situación y los resultados fueron los siguientes:

Tabla XCVI.- Tabla de puntos KN de los modelos

Vector	grados									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
1.1.1	0	0,455	0,909	1,364	1,82	2,278	2,739	3,204	3,638	
2.1.1	0	0,473	0,946	1,42	1,894	2,369	2,847	3,304	3,702	
1.2.1	0	0,462	0,923	1,385	1,847	2,311	2,778	3,228	3,631	
2.2.1	0	0,478	0,957	1,435	1,914	2,393	2,858	3,277	3,647	

Vector	grados									
	0	5	10	15	20	25	30	35	40	
1.1.2	0	0,457	0,914	1,372	1,829	2,285	2,741	3,195	3,649	
2.1.2	0	0,46	0,92	1,381	1,841	2,302	2,763	3,221	3,64	
1.2.2	0	0,463	0,926	1,389	1,852	2,316	2,781	3,248	3,691	
2.2.2	0	0,465	0,93	1,395	1,861	2,328	2,796	3,237	3,627	

Fuente: Elaboración Propia

Y de esta forma se escogían los puntos KN el cual, mediante la relación:

$$GZ=KN-KG\text{SEN}(\Theta) \quad (95)$$

$$\text{El KG}= 4,34$$

Se Calculó la Curva GZ para ángulos entre 0° y 40 °.

Tabla XCVII.- Calculo del GZ y áreas bajo la curva

Interpolacion Eslora L=61 m Manga (b=5,05m) y Puntal-d=8,32m									
grados	0	5	10	15	20	25	30	35	40
Interpolado	0	0,473	0,946	1,42	1,894	2,37	2,847	3,304	3,702
GZ=	0,00	0,85	1,70	2,54	3,38	4,20	5,02	5,79	6,49
F.S(para 30°)	1	4	2	4	2	4	1		
F.S(para 40°)	1	4	2	4	2	4	2	4	1
F.S(30°- 40°)							1	4	1
F.s (30°)x Inter	0	1,892	1,892	5,68	3,788	9,48	2,847		
F.s (40°)x Inter	0	1,892	1,892	5,68	3,788	9,48	5,694	13,22	3,702
F.S(30°- 40°)x Inter							2,847	13,22	3,702

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se integran las áreas mediante la regla de Simpson y se comparan los resultados con los criterios OMI:

Tabla XCVIII.- Comparación de restricciones

Σ total(30°)	25,575
Σ total(40°)	45,34
Σ total(30°- 40°)	19,765

h(Grados)	5
-----------	---

Atotal(m-rad)_30°	0,744	>	0,055	Pasa
Atotal(m-rad)_40°	1,319	>	0,055	Pasa
Atotal(m-rad)_30°-40°	0,575	>	0,03	Pasa

Fuente: Elaboración Propia

Criterio de Nickum para Buques Pesqueros

Este criterio establece que toda embarcación pesquera debe cumplir con 3 condiciones de estabilidad:

1er condicion

GM=	0,7744	>=	0,61	m	pasa
-----	--------	----	------	---	------

2da condicion

Se debe cumplir con la siguiente relación:

$$\frac{F}{M} + \frac{A}{E * M} \geq 0,15 \quad (96)$$

Donde:

M= Manga

F= Francobordo

A= Área de la Obra Muerta incluyendo superestructura

E= Eslora de Flotación.

Por lo tanto el resultado obtenido fue:

0,939	>=	0,15	pasa
-------	----	------	------

3ra condicion

Tabla XCIX.- Calculo del GMt

Calculo del minimo GM	
GM=	0,7744
K=	0,8
T=	10

Fuente: Elaboración Propia

3.1.4.2 Estimación del costo

Finalmente podemos comparar el resultado de la optimización, con el valor obtenido del diseño preliminar.

A continuación se muestran los resultados al evaluar la función Objetivo:

Tabla C.- Calculo y comparación del Costo de la estructura de la embarcación

Estimacion de Costos Mediante peso de la embarcacion					
	Δ	Peso de estructura ($0,3*\Delta$)	HH	\$/HH	\$
Preliminar	1788	536,4	188106,94	\$ 12,77	\$ 3.238.054,15
Optimizado	1765	529,458	185672,49	\$ 12,77	\$ 3.196.762,78
					\$ 41.291,36

Fuente: Elaboración Propia

Análisis de resultados

Podemos observar hubo una disminución de la resistencia del 0,17 %, así como el costo un 1,28%.

3.1.5 Consumo de Combustible

El efecto inmediato que se puede detectar es que al disminuir la resistencia al avance el consumo de combustible se reduce. Se realizó una estimación de cuanto se ahorra el armador en cada faena en comparación al modelo anterior:

Tabla CI.- Calculo y comparación del consumo de combustible

Perfil de operación de la embarcación atunera												
Situación	Tiempo de funci. (hrs)	%Vel. (knots)	Vel. (knots)	Rt (KN)	(HP)	Consum comb. (gal/hr)	Cons. Optimizado (gal)	Rt Preliminar	Potencia(HP)	Consumo Preliminar (gal)	Consumo Preliminar (gal)	
Salida de Puerto	1	100	12,1	98,5	821,2	98,4	98,4	100,9	842	115,0	115,0	
Nav. Mar abierto	895	80	9,6	56,5	373,9	37,6	33652,0	57,2	378	38,1	34099,5	
Maniobra	8	40	4,8	15,0	49,5	2,0	16,0	15,1	50	2,0	16,0	
Retotorn	895	90	10,8	73,9	550,3	47,1	42154,5	75,2	560	47,7	42691,5	
Entrada a muelle	1	50	6	22,6	93,6	8,0	8,0	22,8	94	8,2	8,2	
							75928,9					76930,2

Fuente: Elaboración Propia

Con este resultado se obtuvo un ahorro de 1001 galones por faena, esto significa que el consumo de combustible cambio y es probable se pueda adquirir un motor de menor potencia ahorrando más el costo de adquisición de la embarcación.

3.2 Optimización de la estructura del Buque

En este trabajo se ha optimizado la estructura de una embarcación atunera de 60 m de eslora, se han analizado todos los escantillones, se utilizaran las reglas de Lloyd's Register y ABS para comparar los resultados obtenidos.

El cálculo de optimización tiene una disyuntiva, la cual es, que no necesariamente el buque más liviano es el más económico en construcción, ni el más económico es el más liviano, por lo tanto se realizaran varios análisis para determinar un equilibrio, se realizaran métodos de interpolación para así encontrar valores que sean aceptables y cumplan los requerimientos del armador.

3.2.1 Determinación de la función objetivo

La función objetivo la vamos a realizar en función del costo constructivo, este costo está en función del costo de material más el costo operativo:

$$\text{Costo} = C_{\text{Material}}(\$) + C_{\text{H-H}} \quad (97)$$

$C_{\text{Material}}(\$)$ Es el costo por material, definido como:

$$C_{Material}(\$) = \left(\frac{\$}{Ton} \right) * W(ton) \quad (98)$$

C_{H-H} Es el costo por mano de obra, obtenido a través del concepto de hombre -hora.

El peso estructural de la embarcación consta del peso de todos los compartimentos (Bloque) los cuales están definidos como:

$W_{Bloque1}$ = Peso del Bloque de Lazareto

$W_{Bloque2}$ = Peso del Bloque de Sala de Maquinas

$W_{Bloque3}$ = Peso del Bloque de Bodegas a Popa

$W_{Bloque4}$ = Peso del Bloque de Bodegas a Proa

$W_{Bloque5}$ = Peso del Bloque de Sala de Frio

$W_{Bloque6}$ = Peso del Bloque de PEAK de Proa

$W_{Bloque7}$ = Peso del Bloque de los camarotes

$W_{Bloque8}$ = Peso del Bloque de Puente de Mando

$$W(ton) = \sum_{i=1}^n W_{Bloque(i)} \quad (99)$$

Donde n es el número de los bloques en el que se ha dividido la embarcación para su análisis.

3.2.2 Variables de diseño

Las variables que se van a considerar para un óptimo resultado, serán, el número de refuerzos clasificados de la siguiente Manera:

Fondo

- Numero de Vagras
- Numero de Varengas (Web Frame)
- Numero de Cuadernas

Doble Fondo

- Numero de Longitudinales Secundarios
- Numero de transversales secundarios

Costado

- Numero de longitudinales Secundarios
- Numero de Cuadernas
- Numero de Web Frame

Cubierta Principal

- Baos (Web Frame)
- Baos
- Esloras

3.2.3 Restricciones

Las restricciones que se toman para el análisis en de optimización son las siguientes:

- **Frecuencias Naturales:** estas frecuencias, tomadas de la referencia [10], nos dice que:

La frecuencia natural de los paneles, deben ser al menos 1.2 veces la frecuencias de operación del propulsor, que es una de las mayores Fuentes de excitación en el buque [9].

Estas frecuencias son calculadas mediante el método de elementos finitos usando el software ANSYS.

Para estimar la frecuencia natural de una plancha, usando la referencia [9], tenemos que:

$$f_n = 5.544 \frac{t}{ab} \sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 0.6045} \text{ [Hz]} \quad (100)$$

Siendo a y b el lado más largo y lado más corto de la plancha, que en el rayado estructural corresponderían a la separación entre refuerzos secundarios.

Para el caso del conjunto plancha más refuerzo, esta misma referencia [2] indica que la frecuencia natural se la puede aproximar mediante la siguiente formulación:

$$f_n = \frac{K_i}{2\pi L_p^2} \sqrt{\frac{EI}{m\left(1 + \frac{\pi^2 EI}{L_b^2 GA}\right)}} \quad [\text{Hz}] \quad (101)$$

Donde K_i es un coeficiente que está en función del modo de vibración que se desea aproximar, si se desea encontrar el primer modo, las reglas recomiendan usar $K_1=22.4$, mientras que si se desea encontrar el segundo modo, se recomienda usar $K_2=61.7$, E representa el módulo de Young del material, I la inercia seccional de la plancha más refuerzo, L_b representa la longitud no soportada del refuerzo, G el módulo de Rigidez del material, A el área seccional de la combinación área más refuerzo y m representa la masa por unidad de longitud.

Efecto masa añadida.- este efecto producido por el aumento de masa del sistema, produce un efecto en la frecuencia natural obligándola a disminuir.

Para el cálculo de este efecto, se recomienda utilizar la siguiente ecuación:

$$f_w = \Psi f_n \quad (102)$$

Donde el valor de Ψ viene dado por:

$$\Psi = \sqrt{\frac{K_p}{K_p + \frac{\rho_1}{\rho_2}}} \quad (103)$$

$\frac{\rho_1}{\rho_2}$ Es la relación de densidades entre el fluido y el material de construcción.

K_p está dado por la siguiente formula

$$K_p = \frac{\pi t}{1000ab} \sqrt{a^2 + b^2} \quad (104)$$

A y b son los valores de las dimensiones de la plancha, antes mencionados.

La frecuencia critica de vibración de las planchas y estructuras, dependiendo de cada bloque.

Las frecuencias críticas dependen de la Blade Frequency, a continuación se muestra los valores mínimas de las frecuencias críticas para zonas cerca de la hélice, es decir a todo elemento dentro de sala de máquinas o peak de popa:

Tabla CII.- Frecuencias Criticas para zonas cerca de la hélice

	$\alpha \geq 0.3$			$\alpha < 0.3$	
	$0 < dr \leq 1$	$1 < dr \leq 2$	$2 < dr \leq 3$	$0 < dr \leq 1$	$1 < dr \leq 3$
fplancha>	$4.40 * fpala$	$3.35 * fpala$	$2.40 * fpala$	$3.45 * fpala$	$2.40 * fpala$
frefuerzo>	$4.40 * fpala$	$3.35 * fpala$	$2.40 * fpala$	$3.45 * fpala$	$2.40 * fpala$

Fuente: Referencia [9]

Donde:

A: es una razón, definida como P/Δ (Potencia nominal/Desplazamiento)

Dr: es una razón, definida como r/dp (r es la distancia entre la plancha y la hélice, y dp es el diámetro de la hélice)

Para los sectores diferentes a sala de máquinas o peak de popa se usaran las siguientes restricciones:

Tabla CIII.- Frecuencias para zonas alejadas de la Hélice

Frecuencias Criticas	
Fondos	4.8·fbalde
Costados y mamparos	2.2· fbalde
Cubiertas y Superestructura	1.1· fbalde

Fuente: Referencia [9]

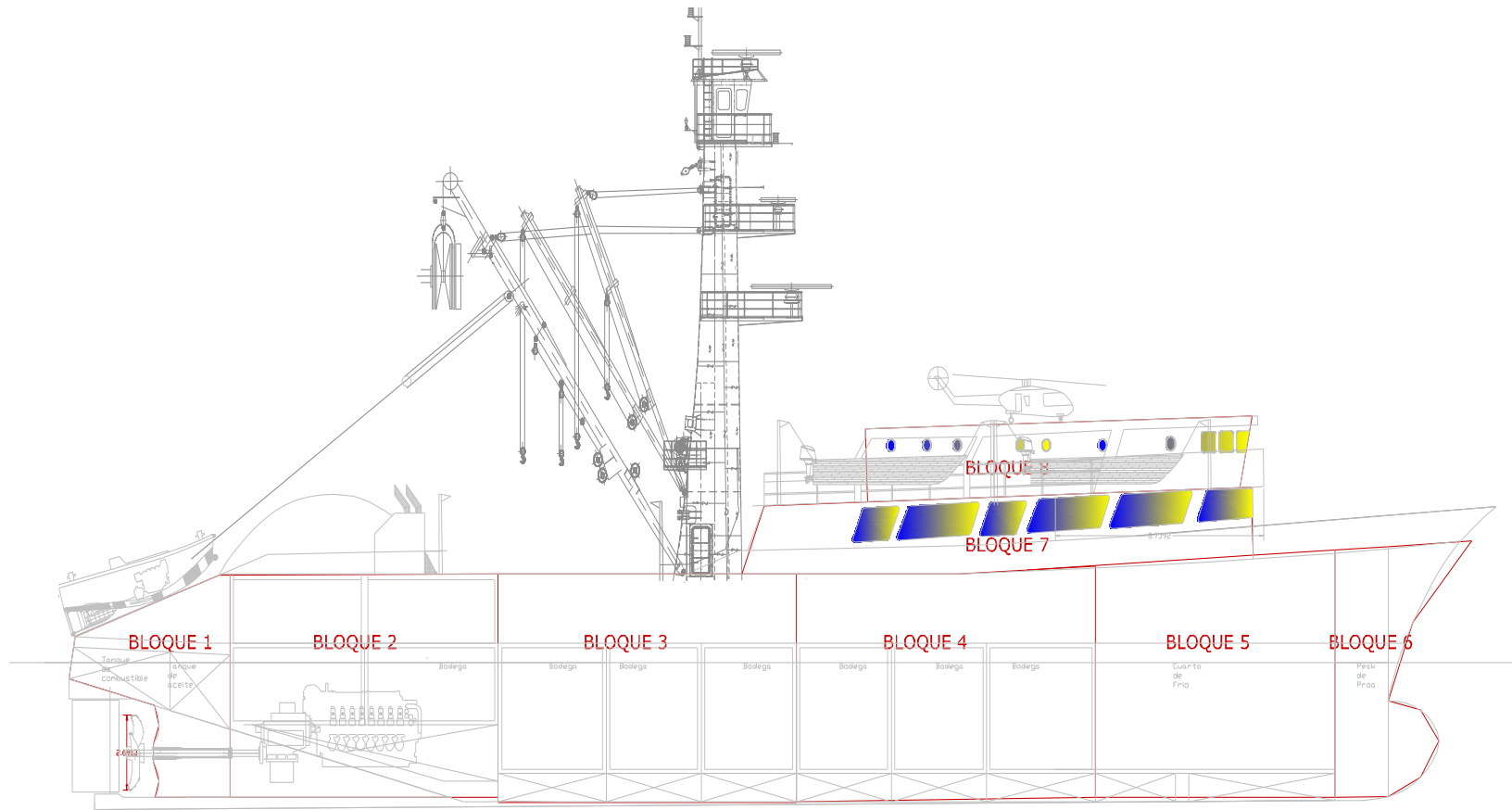
Razones de aspecto de las planchas

Las razones de aspecto a considerarse no serán mayores a 3 ni menores a 2.

Proceso de Optimización de los bloques.

Como ya se mencionó anteriormente, el estudio de la optimización se lo ha dividido en 8 grupos, para efectos prácticos se mostrara el proceso del bloque se sección media. Proceso de Optimización. A continuación se mostrara la forma en que se han dividido los bloques para su análisis

Figura No. 68.-Division en Bloques de la Embarcacion Don Timoshenko



Fuente: Elaboracion Propia

Datos de entrada:

A continuación se mostraran las dimensiones principales de la Bodega, y constantes a utilizarse en el proceso de cálculo:

Tabla CIV.- Datos de entrada del compartimento

Geometria del compartimento		
Eslora del Compartimento:	12,51	[m]
Manga del Compartimento:	11,2	[m]
Puntal de Compartimento:	8,32	[m]
Calado de Compartimento:	5,5	[m]
Peso Especifico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Especifico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,40	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,70	
Modulo de Rigidez del Material	2,85714E+11	[N/m ²]

Fuente: Elaboración Propia

Variable de diseño:

Como ya se mencionó anteriormente, las variables de diseño serán el número de refuerzos correspondientes a cada parte del bloque que se esté analizando.

Tabla CV.- Variables de diseño

Variables de diseño		REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	16	16	16
Número de Refuerzos Trans. Primario	7	7	5
Número de Refuerzos Long. Primario	5	5	5
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	1	1
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	0	0	0

Fuente: Elaboración Propia

Debido a que el SOLVER utiliza números tanto enteros como fraccionarios, y no se puede utilizar número fraccionarios para cantidad de refuerzos, se lo aproximó de la siguiente manera:

Si V es la variable fraccionaria de diseño, y $|V|$ es la variable entera de diseño, si $V - |V| > = 0,5$; el resultado será $|V| + 1$, caso contrario el resultado será $|V|$. Obtenido ya el número de refuerzos, se calcula el espaciamiento de cada refuerzo, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla CVI.- Espaciamiento entre Refuerzos

	OPTIMIZADO [m]	PRELIMINAR [m]
Espaciamiento entre Cuadernas	0,52	0,57
Espaciamiento entre Web Frame	1,56	1,71
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,87	1,20
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios Costado:	1,77	1,71

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CVII.- Longitudes no Soportada

Longitud no soportada de Cuadernas	4,39	[m]
Longitud no soportada de Web Frame	5,34	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios:	4	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios Costado:	4,00	[m]

Fuente: Elaboración Propia

Restricciones.- las restricciones a considerar están mostradas a continuación.

Tabla CVIII.- Restricción razón de aspecto

Item	Razones de aspecto Optimizadas	Razones de aspecto Preliminar
Mamparos estancos	0,950	1,425
Mamparos de bodegas	0,950	1,425
Cubierta Superior	3,581	2,105
Cubierta principal	3,581	2,105
Doble fondo	3,581	2,105
Fondo	3,581	2,105
Costados	3,402	3,000

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CIX.- Frecuencias naturales mínimas en cada sector

Frecuencias Naturales	(hz)
Cbta Superior	19,85
Cbta principal	19,856
Costados	36,10
Fondo	72,20
Doble Fondo	72,20
Mamparos estancos	19,85
Mamparos de Bodegas	19,85
Puntales	19,85

Fuente: Elaboracion Propia

Resultados del Calculo.- Utilizando las reglas de la referencia [34], se calcularon los módulos seccionales mínimos de cada elemento estructural.

Cubierta Principal

Tabla CX.- Módulos seccionales de los elementos

Baos Bularcamas	
SM=	504,38
c=	1,00
h=	1,98
s=	1,56
l=	4,57

Esloras	
SM=	327,57
c=	0,60
h=	1,98
s=	1,87
l=	3,48
b=	1,56

Baos Cuadernas	
SM=	168,13
c=	1,00
h=	1,98
s=	0,52
l=	4,57

Fuente: Elaboración Propia

Donde c es una constante, h es la altura calculada por la ecuación $0,02 \cdot L + 0,76$ m, s es el espaciamiento calculado en m, y l la longitud no soportada de cada elemento también en m.

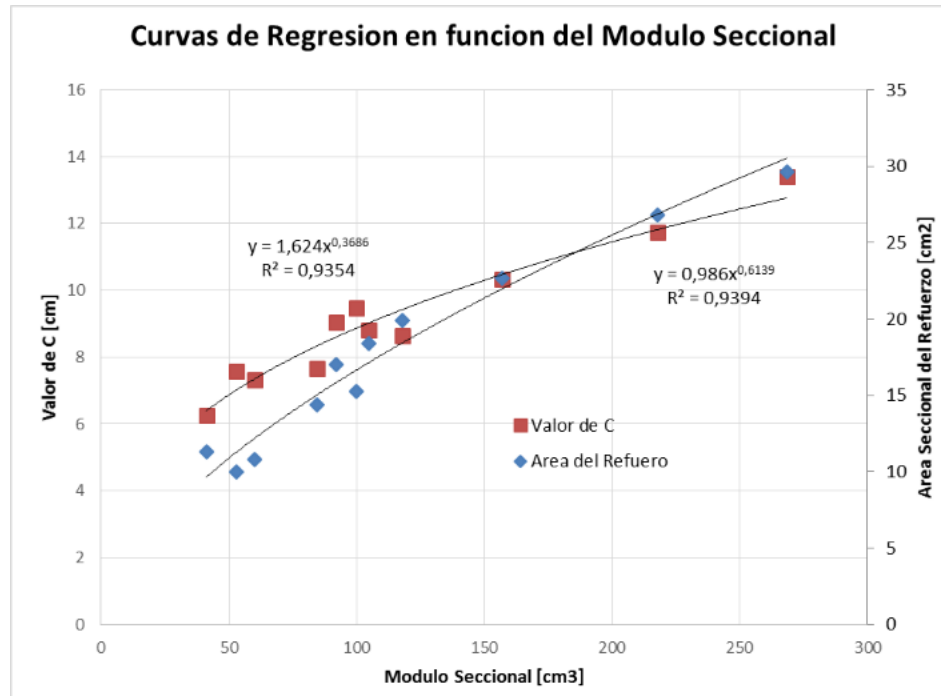
Tabla CXI.- Resumen de propiedades de los refuerzos

Cubierta Principal			
Presion de diseño		8,00	[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	327,57	[cm ³]
	I	0,00	[m ⁴]
Web Frames	SM	688,67	[cm ³]
	I	0,000124	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	155,14	[cm ³]
	I	0,000016	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Fuente: Elaboracion Propia

En el cuadro anterior se muestra un resumen de los módulos seccionales para esta parte del bloque, además se han calculado por medio de interpolación la Inercia y Área correspondiente al elemento incluyendo la plancha asociada.

Figura No. 69.- Curvas para calcular el Modulo Seccional



Fuente: Elaboracion Propia

El espesor de la plancha fue calculado mediante lo establecido por la referencia

[8]

Tabla CXII.-Calculo de espesores de Cubierta

espesor de cubierta principal		
s	1200	
h=	0,87	
t	6,91	mm

Fuente: Elaboración Propia

Donde s es el espaciamiento en mm y $h=0,014*L+0,87m$ y t el espesor de la plancha.

Tabla CXIII.- Cálculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada
Refuerzos Long. Primarios:	0,003451	0,0035 [m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,003820	0,0184 [m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,000831	0,0050 [m ²]
Superficie del Panel:	11,6400	140,11 [m ²]
Volúmenes		
Refuerzos Long. Primarios:		0,22 [m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		1,44 [m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,89 [m ³]
Plancha		0,97 [m ³]
Peso de Plancha		7,60 [Ton]
Peso de Refuerzos		19,99 [Ton]
Peso Total		27,59 [Ton]

Fuente: Elaboración Propia

La tabla No12 muestra el peso del refuerzo en base al área estimada multiplicado por la longitud del refuerzo; este volumen es multiplicado por la cantidad de elementos y por el peso específico del material usado, que es 7,8 ton/m³.

Tabla CXIV.- Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	25,16	69,30	19,86
Web Frames	59,61	164,20	19,86
Fn Ref Sec Trans	43,56	119,99	19,86
Fn Plancha	80,84	4216,32	19,86

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente se obtienen las frecuencias Naturales para cada elemento, como podemos observar cada frecuencia natural es mayor a la frecuencia mínima. Para las demás partes del bloque se realiza el mismo procedimiento. A continuación se muestran los resultados obtenidos en cada parte analizada.

Cubierta Superior

Tabla CXV.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos

Baos Bularcamas		Esloras		Baos Cuadernas	
SM=	504,38	SM=	327,57	SM=	168,13
c=	1,00	c=	0,60	c=	1,00
h=	1,98	h=	1,98	h=	1,98
s=	1,56	s=	1,87	s=	0,52
l=	4,57	l=	3,48	l=	4,57
		b=	1,56		

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXVI .- Resumen de propiedades de los refuerzos

Cubierta Superior			
Presion de diseño		8,00	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios			
ESLORAS	SM	327,57	[cm ³]
	I	0,00	[m ⁴]
Web Frames	SM	504,38	[cm ³]
	I	0,00	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	168,13	[cm ³]
	I	0,00	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		6,91	[mm]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXVII.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada
Refuerzos Long. Primarios:	0,0201	0,00345 [m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0202	0,01904 [m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0132	0,00644 [m ²]
Superficie del Panel:	11,64	140,11 [m ²]
Volúmenes		
Refuerzos Long. Primarios:		0,22 [m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		1,49 [m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		1,15 [m ³]
Plancha		0,97 [m ³]
Peso de Plancha		7,60 [Ton]
Peso de Refuerzos		22,47 [Ton]
Peso Total		30,06 [Ton]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXVIII.- Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	25,16	69,30	19,86
Web Frames	71,33	196,47	19,86
Fn Ref Sec Trans	332,53	457,97	19,86
Fn Plancha	80,84	4216,32	19,86

Fuente: Elaboracion Propia

Costado

Tabla CXIX.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos

Palmejares	
SM=	2512.79
c=	0.92
h=	3.18
s=	2.43
l=	6.75

Bularcamas	
SM=	694.63
c=	0.92
h=	3.89
s=	1.56
l=	4.00

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXX.- Resumen de propiedades de los refuerzos

Costado			
Presión de Diseño:		66.00	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Palmejares	SM	2512.79	
	I	0.00	
Web Frame	SM	694.63	
	I	0.00	
Espesor de la plancha [mm]			
to		8.63	[mm]
Kp	0.05		
ψ	0.54		

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXI.-Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Fn Ref Prim Long	90.41	249.03	36.10
Fn Ref Prim Trans	20.95	57.72	36.10
Fn Plancha	26.63		36.10

Fuente: Elaboracion Propia

Fondo

Tabla CXXII.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos

Varengas		Vagras		Refuerzos transversales secundarios (Cuadernas)	
SM=	1397.34 m ³	SM=	2372.45 m ³	SM=	283.92 m ³
c=	0.55	c=	0.92	c=	0.92
h=	5.05 m	h=	3.18 m	h=	3.18 m
s=	1.56 m	s=	1.87 m	s=	0.52 m
l=	4.38 m ²	l=	4.00 m ²	l=	2.00 m ²

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CXXIII.- Resumen de propiedades de los refuerzos

Region de Fondo			
Presion de diseño		101.00	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Vagras	SM	2372.45	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
Varengas	SM	1397.34	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario Trans	SM	283.92	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8.63	[mm]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXIV.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0.03	0.01	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0.03	0.01	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0.01	0.00	[m ²]
Superficie del Panel:	140.11	140.11	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0.65	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0.66	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0.57	[m ³]
Plancha		1.21	[m ³]
Peso de Plancha		9.50	[Ton]
Peso de Refuerzos		14.74	[Ton]
Peso Total		24.24	[Ton]

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CXXV.- Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Vagras	41.43	114.13	72.20
Varengas	31.86	185.55	72.20
Fn Ref Sec Trans	161.46	444.74	72.20
Fn Plancha	97.75		72.20

Fuente: Elaboracion Propia

Doble Fondo

Tabla CXXVI.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos

Vagras	
SM=	1538.70 m ³
c=	0.92
h=	3.18 m
s=	1.24 m
I=	6.75 m ²

Refuerzos transversales secundarios (Cuadernas)	
SM=	1811.49 m ³
c=	0.92
h=	3.18 m
s=	0.52 m
I=	1.75 m ²

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXVII.- Resumen de propiedades de los refuerzos

Region doble Fondo			
Presion de diseño		101.00	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Vagras	SM	1538.70	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario Trans	SM	1811.49	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8.63	[mm]
Kp	0.05		
ψ	0.54		

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXVIII.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0.03	0.01	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0.02	0.01	[m ²]
Superficie del Panel:	140.11	0.00	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0.00	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0.00	[m ³]
Plancha		1.21	[m ³]
Peso de Plancha		9.50	[Ton]
Peso de Refuerzos		0.00	[Ton]
Peso Total		9.50	[Ton]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXIX.- Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	32.21	88.73	72.20
Fn Ref Sec Trans	154.76	426.29	72.20
Fn Plancha	97.75		72.20

Fuente: Elaboracion Propia

Mamparos Estancos

Tabla CXXX.- Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos

Refuerzos verticales de Mamparos		
SM=	1988.37	cm ³
c	1.00	
h	5.05	m
s=	1.20	m
l=	8.32	m

Refuerzos transv de Mamparos		
SM=	1817.61	cm ³
c=	1.00	
h=	5.05	m
s=	2.43	m
l=	5.59	m

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXXI.- Resumen de propiedades de los refuerzos

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100.00	[KN/mm ²]
Espesor			
to		7.38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	1988.37	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	1817.61	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXXII.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.

Áreas Seccionales	
Refuerzos Verticales Primario:	0.01 [m ²]
Refuerzos Transversal:	0.01 [m ²]
Superficie del Mamparo:	93.18 [m ²]
Volúmenes	
Refuerzos Verticales:	0.43 [m ³]
Refuerzos transversales:	0.77 [m ³]
Plancha	0.69 [m ³]
Peso de Plancha	5.40 [Ton]
Peso de Refuerzos	9.49 [Ton]
Peso Total	14.89 [Ton]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXXIII.- Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	58.47	161.05	19.86
Fn Ref Transversal	31.23	86.02	19.86
Fn Plancha	11.93	11.93	19.86

Fuente: Elaboracion Propia

Mamparos de Bodegas

Tabla CXXXIV.-Cálculos de Modulo seccional de los refuerzos

Refuerzos verticales de Mamparos			Refuerzos transv de Mamparos		
SM=	230.76	cm ³	SM=	743.63	cm ³
c	1.00		c=	1.00	
h	3.35	m	h=	3.35	m
s=	1.20	m	s=	2.43	m
l=	3.48	m	l=	4.39	m

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXXV.- Resumen de propiedades de los refuerzos

MAMPAROS Bodegas			
Presion de Diseño		100.00	[KN/mm ²]
Espesor			
to		6.44	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	230.76	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	743.63	[cm ³]
	I	0.00	[m ⁴]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXXVI.-Calculo de Áreas, Volúmenes y Pesos.

Áreas Seccionales	
Refuerzos Verticales Primario:	0.00 [m ²]
Refuerzos Transversal:	0.01 [m ²]
Superficie del Mamparo:	86.29 [m ²]
Volúmenes	
Refuerzos Verticales:	0.12 [m ³]
Refuerzos transversales:	0.45 [m ³]
Plancha	0.56 [m ³]
Peso de Plancha	4.36 [Ton]
Peso de Refuerzos	4.42 [Ton]
Peso Total	8.78 [Ton]

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CXXXVII.- Tabla de Frecuencias Naturales

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	25.99	159.14	19.86
Fn Ref Transversal	22.30	61.43	19.86
Fn Plancha	10.40		19.86

Fuente: Elaboracion Propia

Puntales

Tabla CXXXVIII.- Tabla de Frecuencias Naturales

Puntales sobre cubierta principal			
Inercia	9.36E-06	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	21.36	58.83	19.86

Fuente: Elaboracion Propia

Selección de Refuerzos

Una vez obtenidos los módulos seccionales y áreas de todos los elementos, utilizaremos una base de datos (ver Anexo 1) de perfiles en la cual se compararan las Inercias y Áreas y se aproximara a las más cercanas.

Los datos a ingresar serán los Módulos seccionales y espesores de plancha asociada para el cálculo de ancho efectivo.

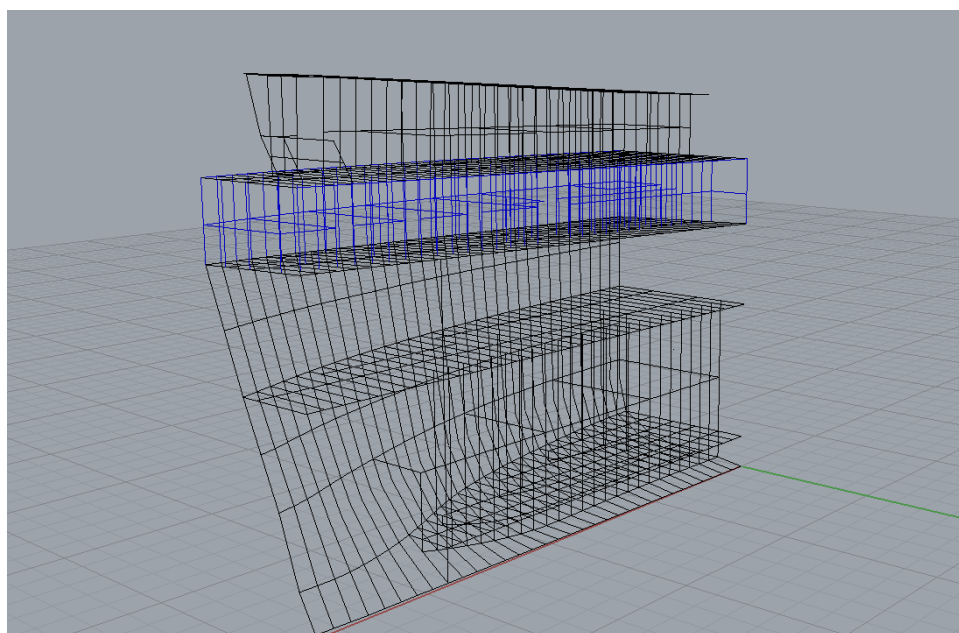
3.2.4 Analisis estructural de la embarcación don Timoshenko utilizando el Metodo de elementos finitos

Para este análisis se seleccionó un segmento equivalente al 30% de la longitud de la embarcación, debido a que es aquí donde se encuentran la mayor cantidad de cargas de gran magnitud en la direcciones x, y, z.

Para llevar a cabo este análisis se utilizó el Método de Elementos Finitos, mediante el Software estructural Sap2000 v16.

Se realizó el modelo 3D de las líneas en el Software Rhinno Ceros:

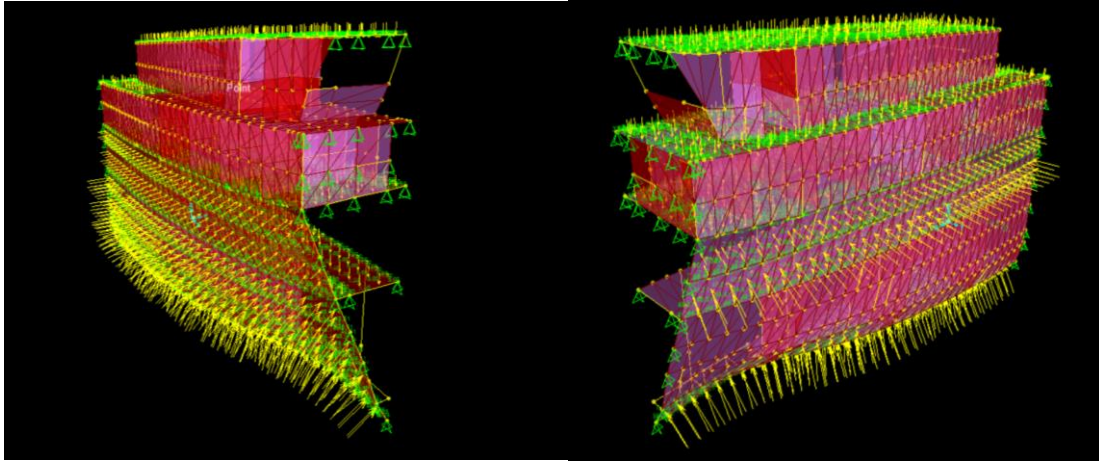
Figura No. 70.- Rayado estructural para importar a SAP



Fuente: Elaboracion Propia

Se lo importo a SAP como archivo IGS y se le agregaron las propiedades de los Frame, y Shell según lo calculado en el SSC y ABS.

Figura No. 71.- Distribución de presiones en la estructura del Buque



Fuente: Elaboracion Propia

Calculo de presiones:

Utilizando las normas de Det Norske Veritas [35], se calcularon las presiones en los diferentes sectores de las Shell. A continuación se muestran los valores utilizados para el análisis estructural:

Presión en costado Obra Viva:

$$P1 = 10ho + Pdp^l$$

Donde :

P=presión de diseño en el costado de la obra Viva

Ho= altura en m desde la flotación hasta un punto de carga a analizar

Pdp= 0,25

l = longitud del segmento de plancha entre mamparos, 4,5 m

reemplazando valores tenemos:

$$P2 = 56 \text{ Kn/m}^2$$

Presión en costado Obra muerta:

Esta presión esta calculada según la siguiente ecuación:

$$P = 6,25 + 0,025L$$

Donde L es la eslora de la embarcación, y reemplazando:

$$P2 = 7,75 \text{ KN/m}^2$$

Presion en Cubierta de Abrigo sin carga:

Esta presión la sugiere la Sociedad Clasificadora como un mínimo 5 KN/m², por lo tanto :

$$P3 = 5 \text{ KN/m}^2$$

Presion en Cubierta de Abrigo, zona de Acomodación

Para esta zona de la cubierta se utilizó el siguiente cálculo:

$$P4 = k * g_o * 0,35$$

$$K = 8$$

$$g_0 = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Reemplazando valores tenemos que:

$$P_4 = 27,44 \text{ Kn/m}^2$$

Presión sobre Cubierta de Caseta:

En esta zona la sociedad DNV sugiere un valor mínimo de 4 Kn/m²:

$$P_5 = 4 \text{ Kn/m}^2$$

Cubierta de helicóptero

Según la sociedad clasificadora ABS, las presiones a considerarse deben ser las siguientes:

2,01 Kn/m² , presión mínima para cubiertas

1,81 KN/m² debido a la presión de impacto en el aterrizaje del helicóptero

0,4 Kn/m² debido a elementos meteorológicos, lluvia, viento etc.

Y finalmente este total se lo multiplica por 1.15 según la referencia [] ABS.

Por lo que : $P_6 = 4,85 \text{ Kn/m}^2$

Presión en el Fondo

La presión en este sector se la calcula de la siguiente forma:

$$P_7 = 10T + Pdp \quad (105)$$

$$P8 = 56 \text{ KN/m}^2$$

Presión en el Doble fondo

$$P9 = \rho_{fish} * g * h_s \quad (106)$$

$$\rho_{fish} = 0,75 \text{ ton/m}^3$$

$$g = 9,8 \text{ m/seg}^2$$

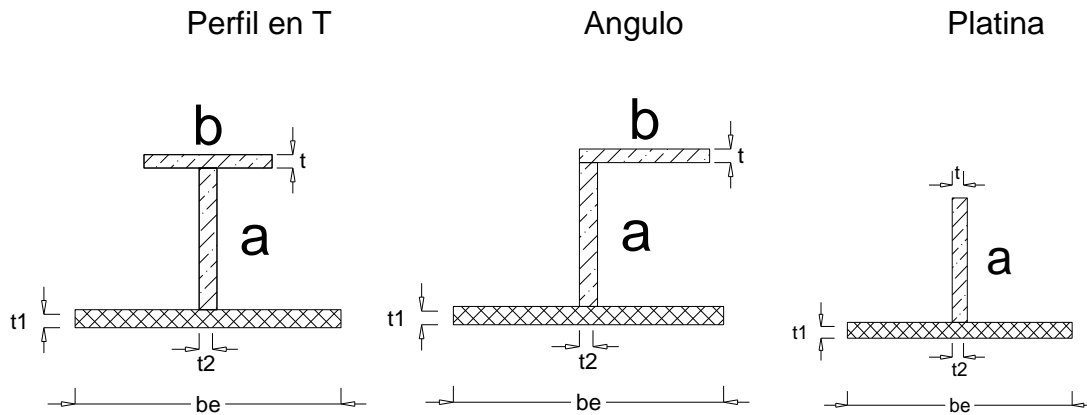
$$h_s = 5,6$$

$$P9 = 41,6 \text{ KN/ m}^2$$

Selección de elementos Frame

Se utilizaron los elementos calculado según los resultados obtenidos entre SSC y las reglas de ABS, pero estos fueron varian , en algunos casos ,según las necesidades estructurales del casco, por lo que finalmente se seleccionaron los siguientes elementos:

Figura No. 72.- Geometría de los frames a utilizarse en el diseño



Fuente: Referencia [35]

Tabla CXXXIX.- Seleccion de Elementos Estructurales

item	Frame	a	b	t	t2	be	t1	Porcentaje de refuerzo con plancha asociada
1	Web Frame bajo Cbta Principal / Perfil tipo T	200	100	9	9	270	9	0,526
2	Web Frame Sobre Cbta Principal / Perfil tipo T	200	100	9	9	270	9	0,526

3	Cuaderna Sobre Cbta Principal	100	100	9	9	270	9	0,426
4	Bao cbta principal	150	100	9	9	270	9	0,481
5	Cuaderna Bajo Cbta Principal	152	152	9	9	270	9	0,530
6	Bao cbta superior	110	110	9	9	270	9	0,449
7	Esloras Cubierta Superior / Perfil tipo T	150	76	9	9	270	9	0,456
8	Esloras Cbta Principal / Perfil tipo T	200	76	9	9	270	9	0,505
9	Esloras Doble	200	100	9	9	270	12,7	0,441

	Fondo/ Perfil tipo T							
10	Esloras Fondo/ Perfil tipo T	200	100	9	9	381	12,7	0,358
11	Palmejares Bajo Cbta Principal / Perfil tipo T	254	100	9	9	270	9	0,567
12	Palmejares Sobre Cbta Principal / Perfil tipo T	150	100	9	9	270	9	0,481
13	Platinas Doble Fondo	152	-	13	13	381	12,7	0,285
14	Platina Puente y caseta	101	-	6	6	180	6	0,359
15	Varengas fondo	152	101	13	13	381	12,7	0,399

16	Stifners transversales de fondo	101	101	9	9	381	12,7	0,273
17	Varengas doble fondo/ Perfil tipo T	152	101	13	13	381	12,7	0,399
18	Quilla/ Perfil tipo T	500	200	19	19	381	12,7	0,734
19	Costado de tanques/ang ulo	100	100	9	9	270	9	0,426
20	Baos primarios cbta principal/ Perfil Tipo T	152	100	9	9	270	9	0,483
21	Baos primarios cbta	127	100	9	9	270	9	0,457

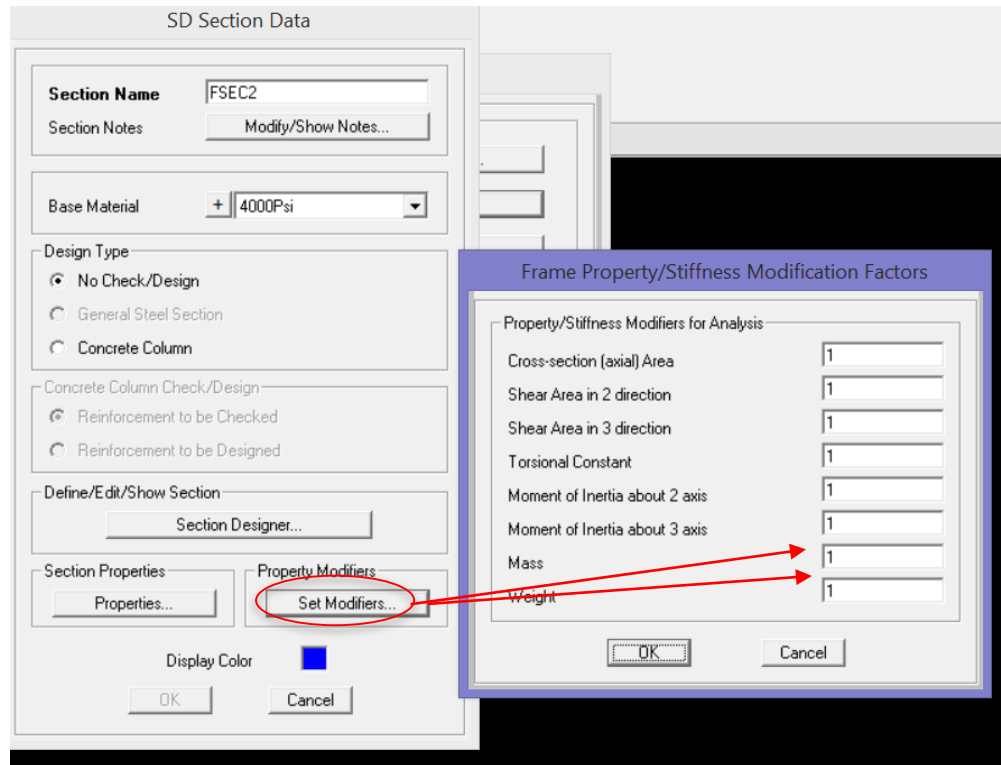
	superior/Perfil il Tipo T							
22	Esloras de caseta/Perfil Tipo T	125	76	8	8	240	6	0,528
23	Esloras de puente/Perfil Tipo T	125	76	8	8	240	6	0,528
23	Puntales 5"x ced 80							

Fuente: Elaboracion Propia

En la última columna se calculó el porcentaje de masa y peso que significa el refuerzo en el conjunto fríame-plancha asociada. Esto lo calculamos para ingresarlo como dato de entrada en el SAP para que los resultados no sean errados.

Los valores calculados se ingresan de acuerdo a Tabla CXL. A continuación:

Figura No. 73.- Modificación por conjunto plancha asociada



Fuente: Elaboracion Propia

Asignación de Cargas y Condiciones de Frontera

Para la simulación de planchas se utilizaron elementos Shell, los cuales varían según la ubicación y el material que se esté utilizando, en la siguiente tabla se muestran los Shell asignado según el tipo de planchaje:

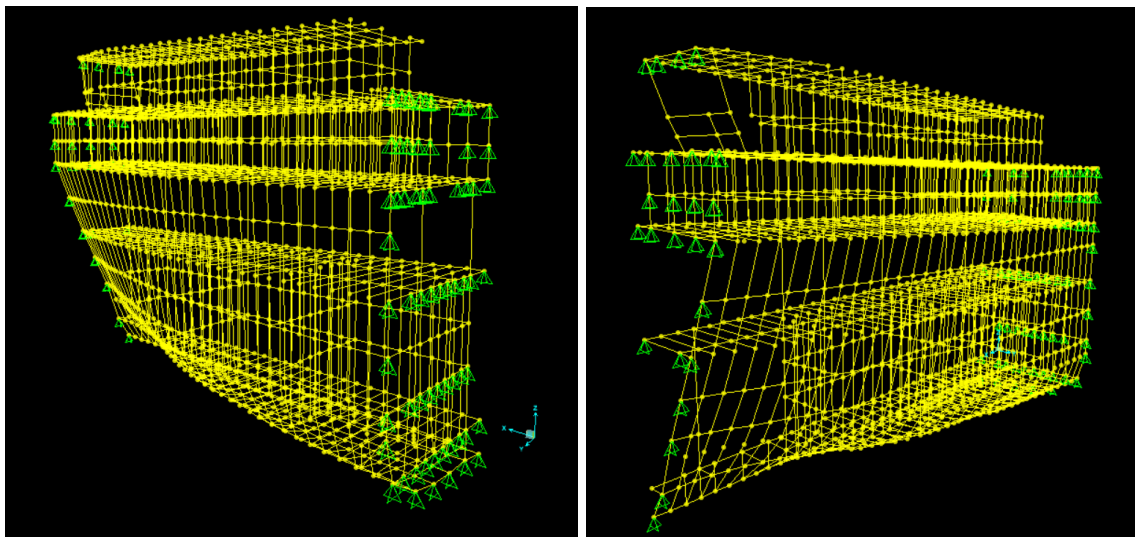
Tabla CXL.- Tabla de Espesores para los elementos Shell, según ABS

Shell	espesor (mm)	material
Fondo	12,7	A36
Doble fondo	9	A36
Obra viva	9	A36
Obra muerta	9	A36
Cubierta Principal	9	A36
Cubierta Superior	8	A36
Bodegas	8	A42
Planchaje de Caseta	6	Aluminio Naval 5086
Planchaje del puente	6	Aluminio Naval 5086
Cubierta de helicóptero	6	Aluminio Naval 5086

Fuente: Referencia [ABS]

Una vez asignado se ubican las presiones en cada Shell y se ubican las restricciones para el modelo, simplemente soportado, restringido en las 3 direcciones:

Figura No. 74.- Condiciones de Frontera para los Nodos



Fuente: Elaboracion Propia

Resultados Obtenidos

Según nuestra Blade Frequency, el valor de la primera frecuencia está por encima de 29 HZ, lo que nos garantiza que las operaciones de la embarcación, no producirían resonancias.

Figura No. 75.- Resultados de Sap200

```

TOTAL NUMBER OF CASES TO SOLVE      =      1
NUMBER OF CASES TO SOLVE PER BLOCK  =      1

LINEAR STATIC CASES TO BE SOLVED:

CASE: DEAD

E I G E N   M O D A L   A N A L Y S I S                                22:36:06

CASE: MODAL

USING STIFFNESS AT ZERO (UNSTRESSED) INITIAL CONDITIONS

NUMBER OF STIFFNESS DEGREES OF FREEDOM =      15744
NUMBER OF MASS DEGREES OF FREEDOM     =      7617
MAXIMUM NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT  =      12
MINIMUM NUMBER OF EIGEN MODES SOUGHT  =      1
NUMBER OF RESIDUAL-MASS MODES SOUGHT  =      0
NUMBER OF SUBSPACE VECTORS USED       =      24
RELATIVE CONVERGENCE TOLERANCE        =      1.00E-09

FREQUENCY SHIFT (CENTER) (CYC/TIME)   =      .000000
FREQUENCY CUTOFF (RADIUS) (CYC/TIME)  =      -INFINITY-
ALLOW AUTOMATIC FREQUENCY SHIFTING    =      YES

Original stiffness at shift : EV= 0.0000000E+00, f=      .000000, T=      -INFINITY-
Number of eigenvalues below shift =      0

Forming stiffness, new shift: EV= 3.7349275E+04, f=      30.758222, T=      0.032512
Number of eigenvalues below shift =      0
Found mode      1 of      12: EV= 3.9280974E+04, f=      31.543600, T=      0.031702
Found mode      2 of      12: EV= 4.4823100E+04, f=      33.695436, T=      0.029678
Found mode      3 of      12: EV= 4.9146272E+04, f=      35.282993, T=      0.028342
Found mode      4 of      12: EV= 5.3159571E+04, f=      36.695336, T=      0.027251
Found mode      5 of      12: EV= 5.4893134E+04, f=      37.288863, T=      0.026818
Found mode      6 of      12: EV= 5.6043927E+04, f=      37.677702, T=      0.026541
Found mode      7 of      12: EV= 5.9876471E+04, f=      38.944688, T=      0.025677
Found mode      8 of      12: EV= 6.0988666E+04, f=      39.304719, T=      0.025442
Found mode      9 of      12: EV= 6.5426603E+04, f=      40.709645, T=      0.024564
Found mode     10 of      12: EV= 6.5741062E+04, f=      40.807359, T=      0.024505
Found mode     11 of      12: EV= 6.9903994E+04, f=      42.079554, T=      0.023765
Found mode     12 of      12: EV= 7.3634679E+04, f=      43.187825, T=      0.023155

NUMBER OF EIGEN MODES FOUND          =      12
NUMBER OF ITERATIONS PERFORMED       =      22
NUMBER OF STIFFNESS SHIFTS           =      1

```

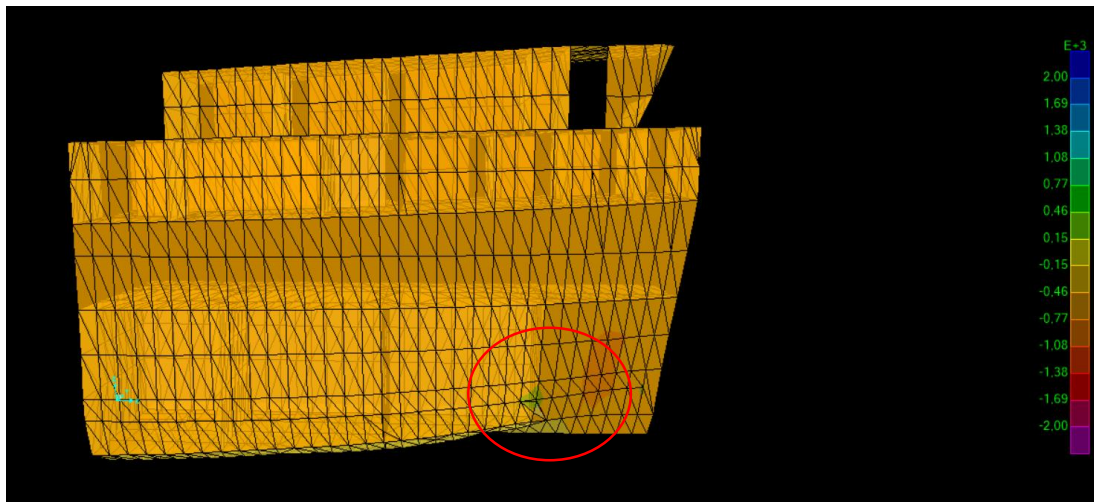
Fuente: SAP2000 v16

Análisis de Planchas.

El planchaje de fondo, es el que soporta la mayoría de las presiones debido a su ubicación, donde actúan presiones hidrostáticas, dinámicas y de agentes externos como olas y otros.

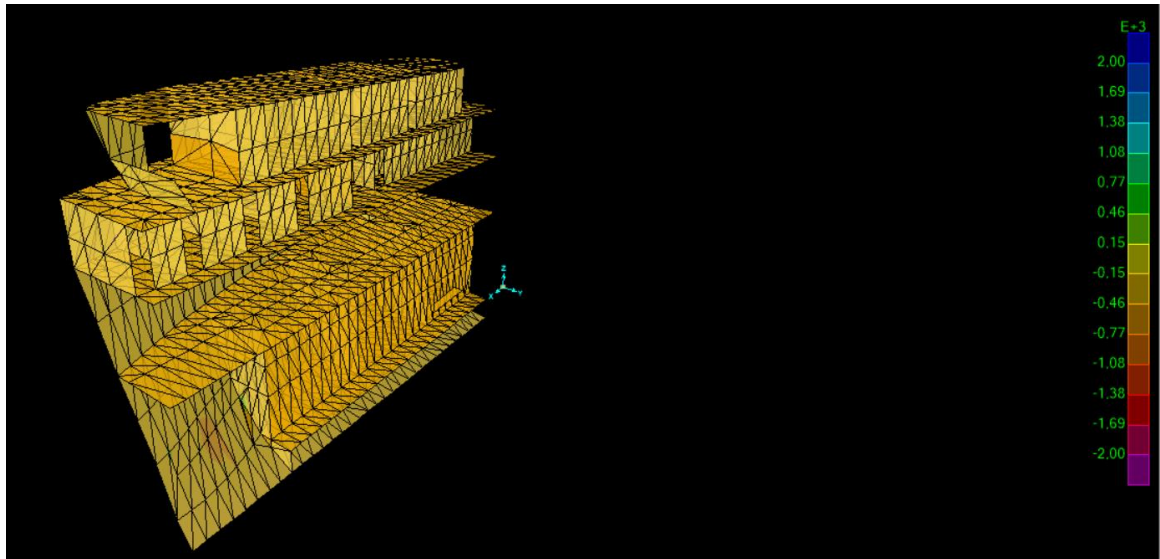
En el gráfico de la Figura se muestran los esfuerzos presentes en las planchas, siendo la zona de proa en el sector del fondo donde hay concentrada la mayor cantidad de esfuerzos que alcanzan los 231 Kg/cm².

Figura No. 76.- Esfuerzo σ_y sobre planchas de costado



Fuente: Elaboracion Propia

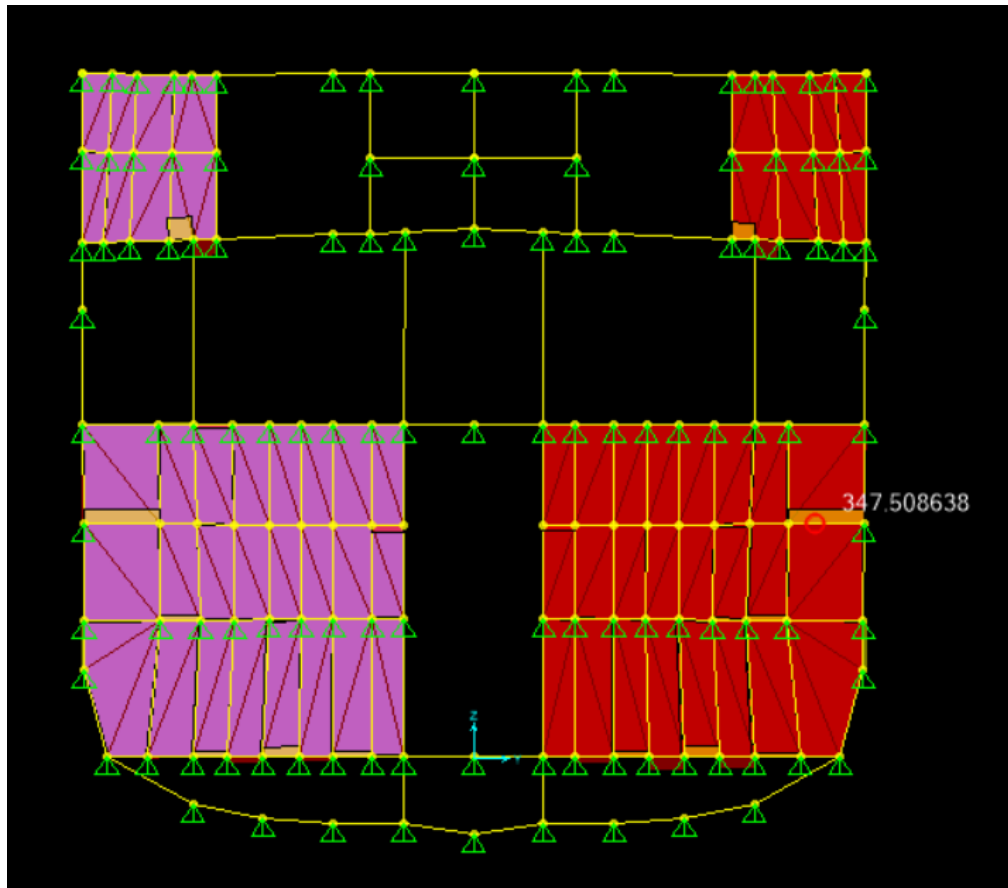
Figura No. 77.- Esfuerzo σ_y sobre planchas de la embarcacion



Fuente: Elaboracion Propia

Esfuerzo en Frame Cuaderna Maestra

Figura No. 78.-Esfuerzo sobre vigas de cuadernas Maestra



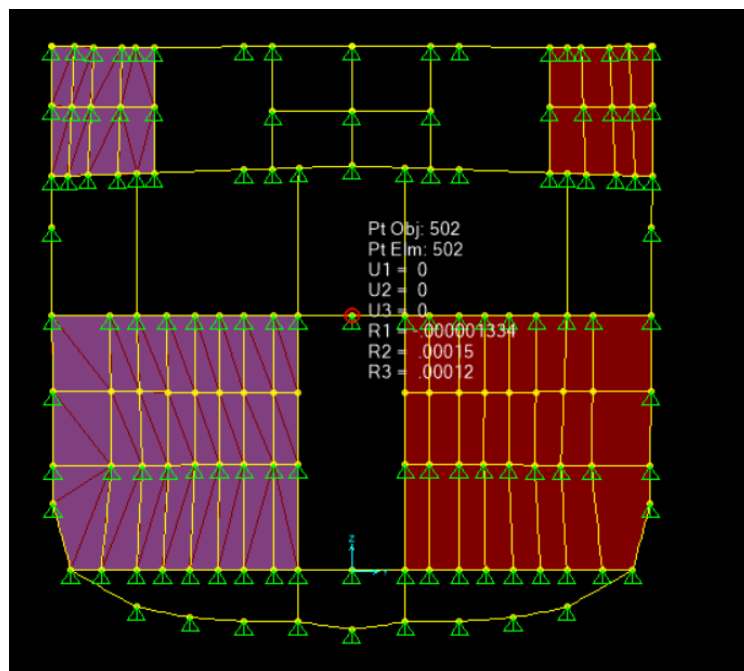
Fuente: Sap2000 v16

Para el análisis de esta zona se pudo encontrar que el frame 2536 tiene la mayor concentración de esfuerzos, con un valor de 347,5 KG/cm², muy lejos del permisible 2500 Kg/cm².

Analisis de Deformacion en nodos

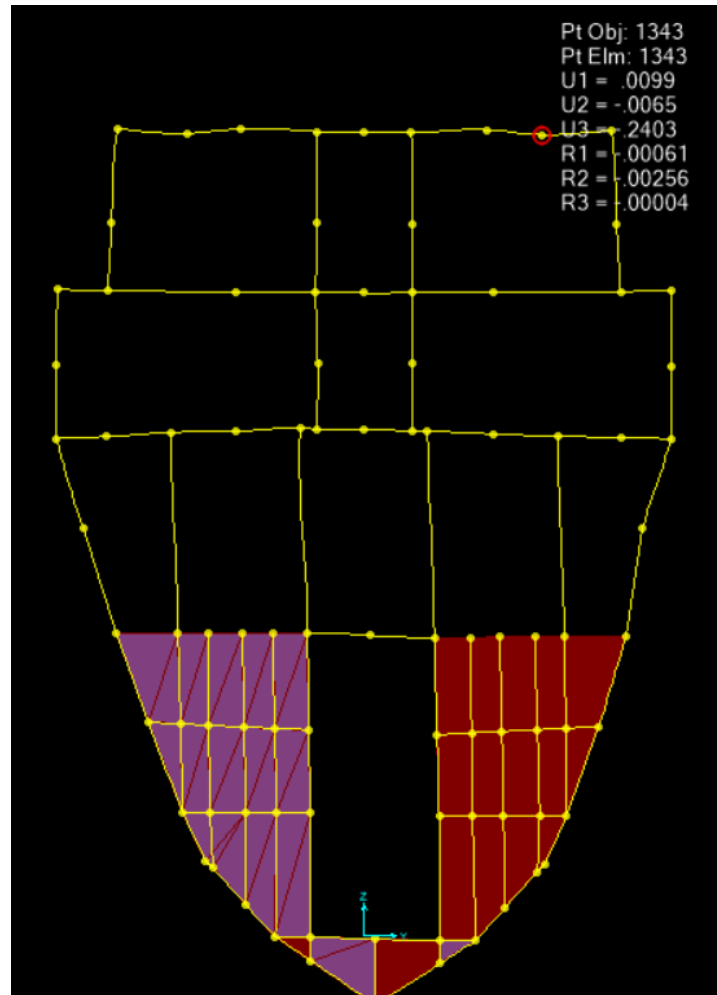
En la figura No. 73, se aprecia la deformación en los nodos, donde en las direcciones (x,y,z) las deformaciones U1,U2 y U3 respectivamente poseen una baja defdeformación es casi 0.

Figura No. 79.-Deformacion en Nodos Cuaderna Maestra



Referencia: Sap2000

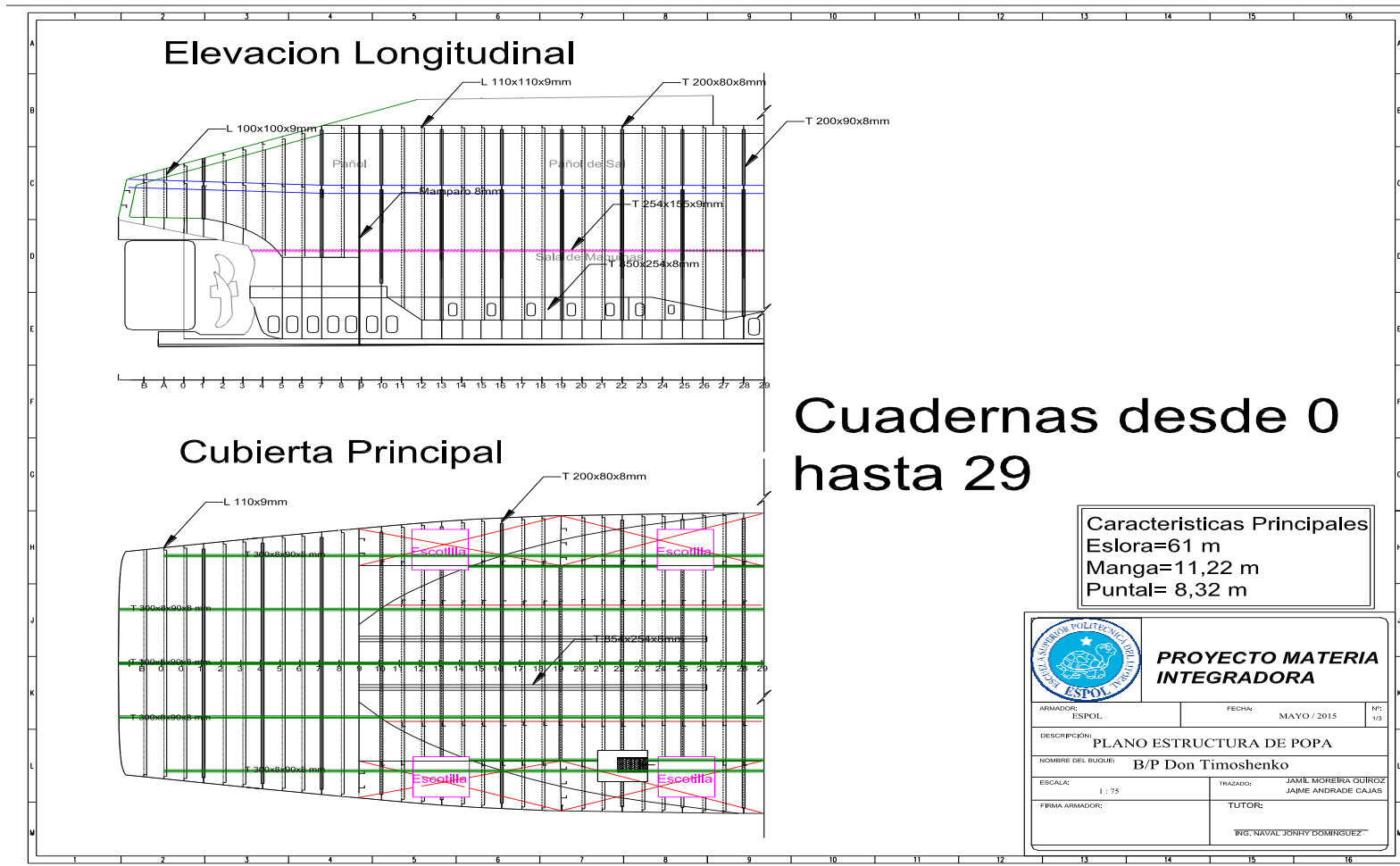
Figura 2.- Deformacion en Nodos, Cuaderna 70



Referencia: Sap2000

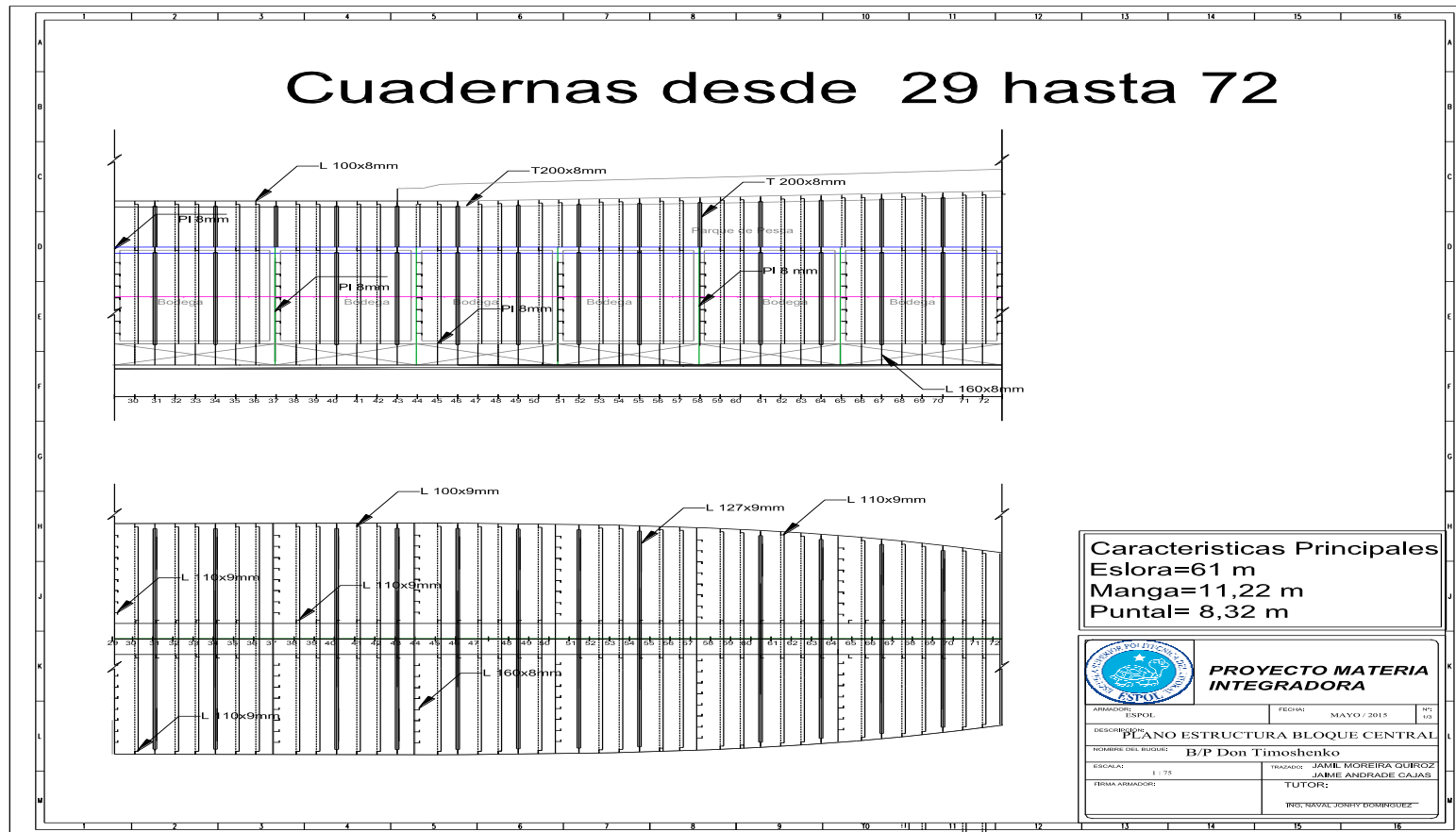
De igual forma se seleccionó la cuaderna 70, y un nodo donde Sap muestra una aparente deflexión, pero observamos en el nodo que la máxima es -0,2 cm en dirección vertical Z.

Figura 3.- Planos estructurales cuadernas 0 – 29



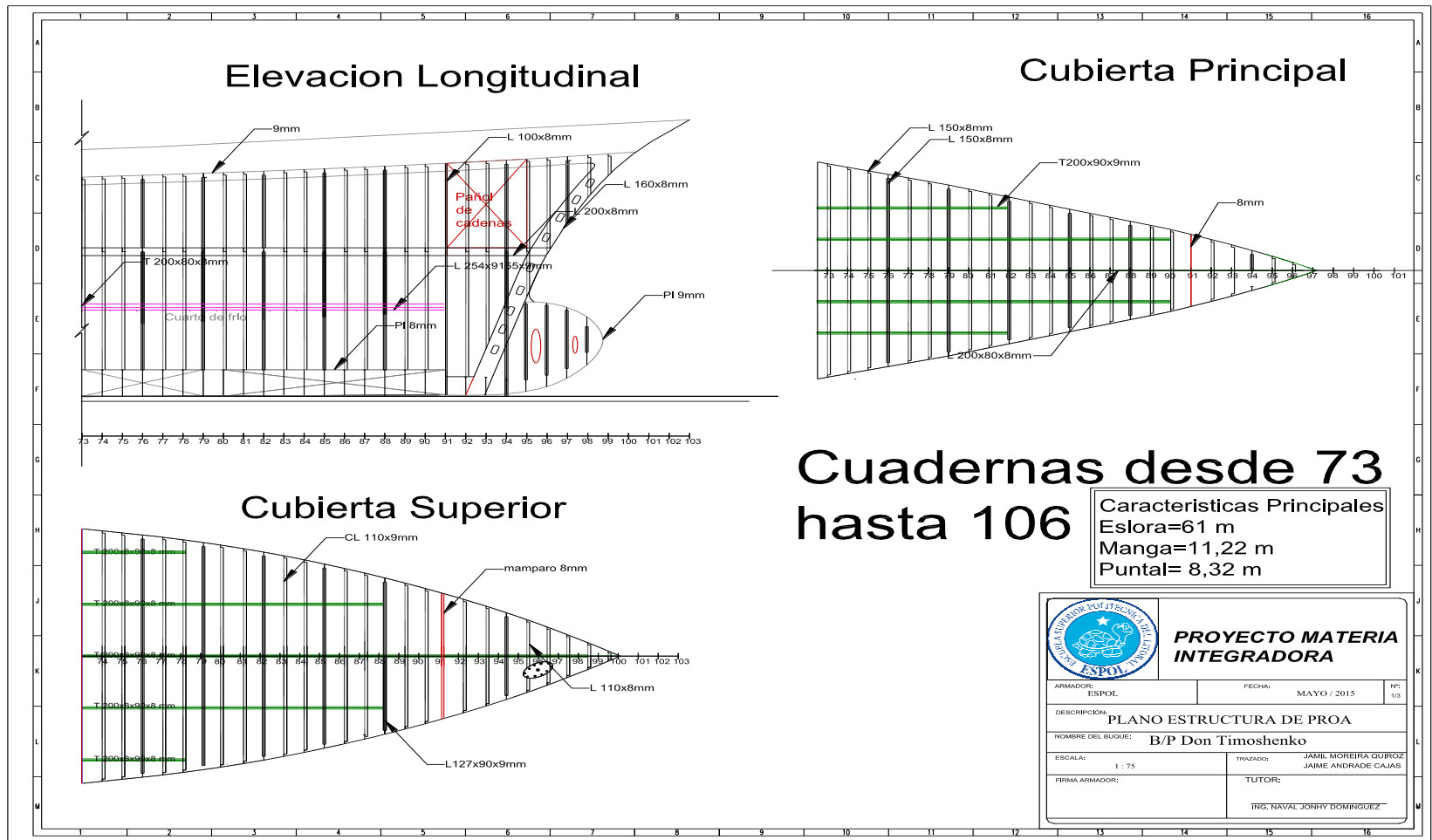
Fuente: Elaboración Propia

Figura 4.- Planos Estructurales Cuadernas 29 – 72



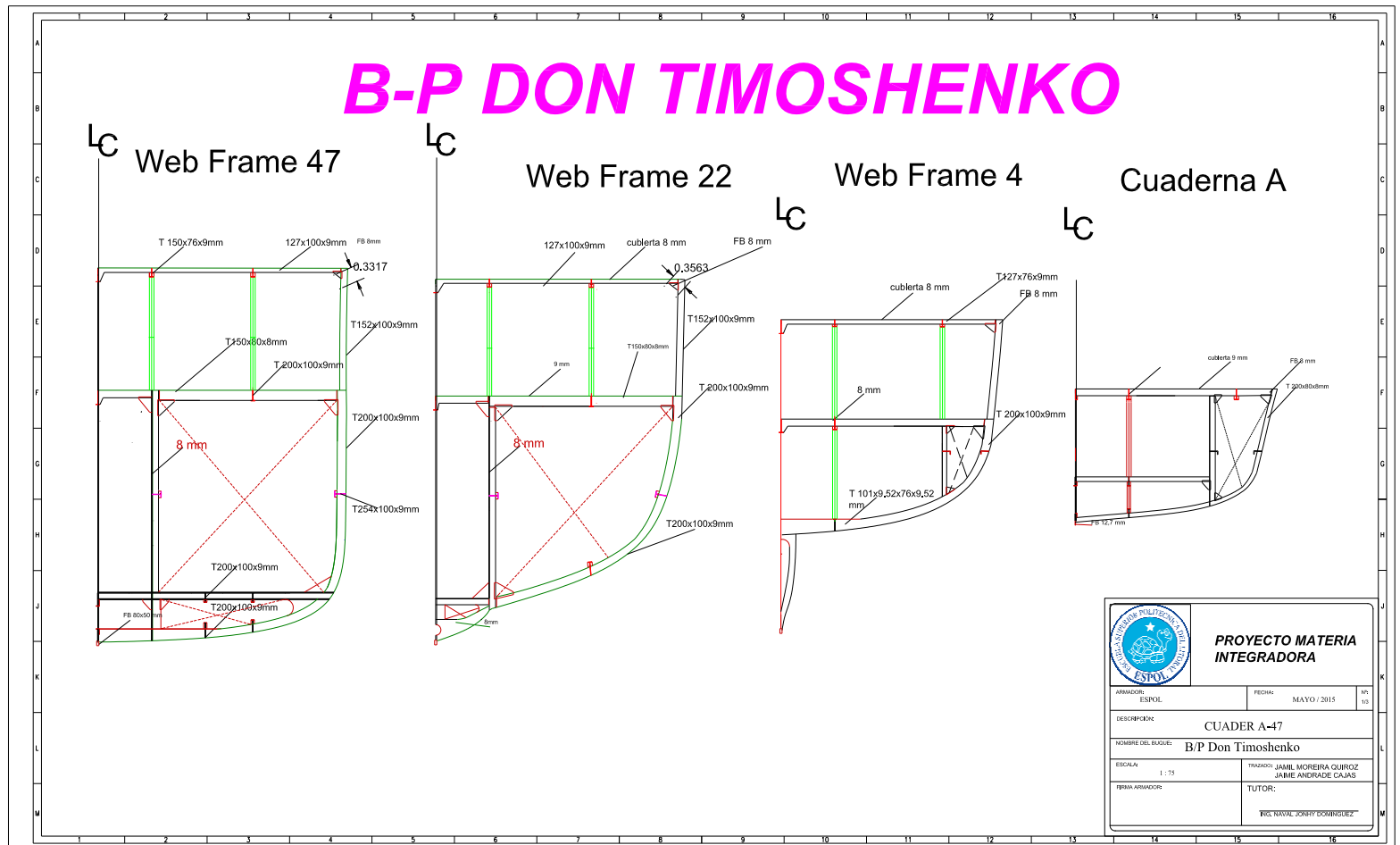
Fuente: Elaboración Propia

Figura 5.- Planos Estructurales Cuadernas 73 – 10



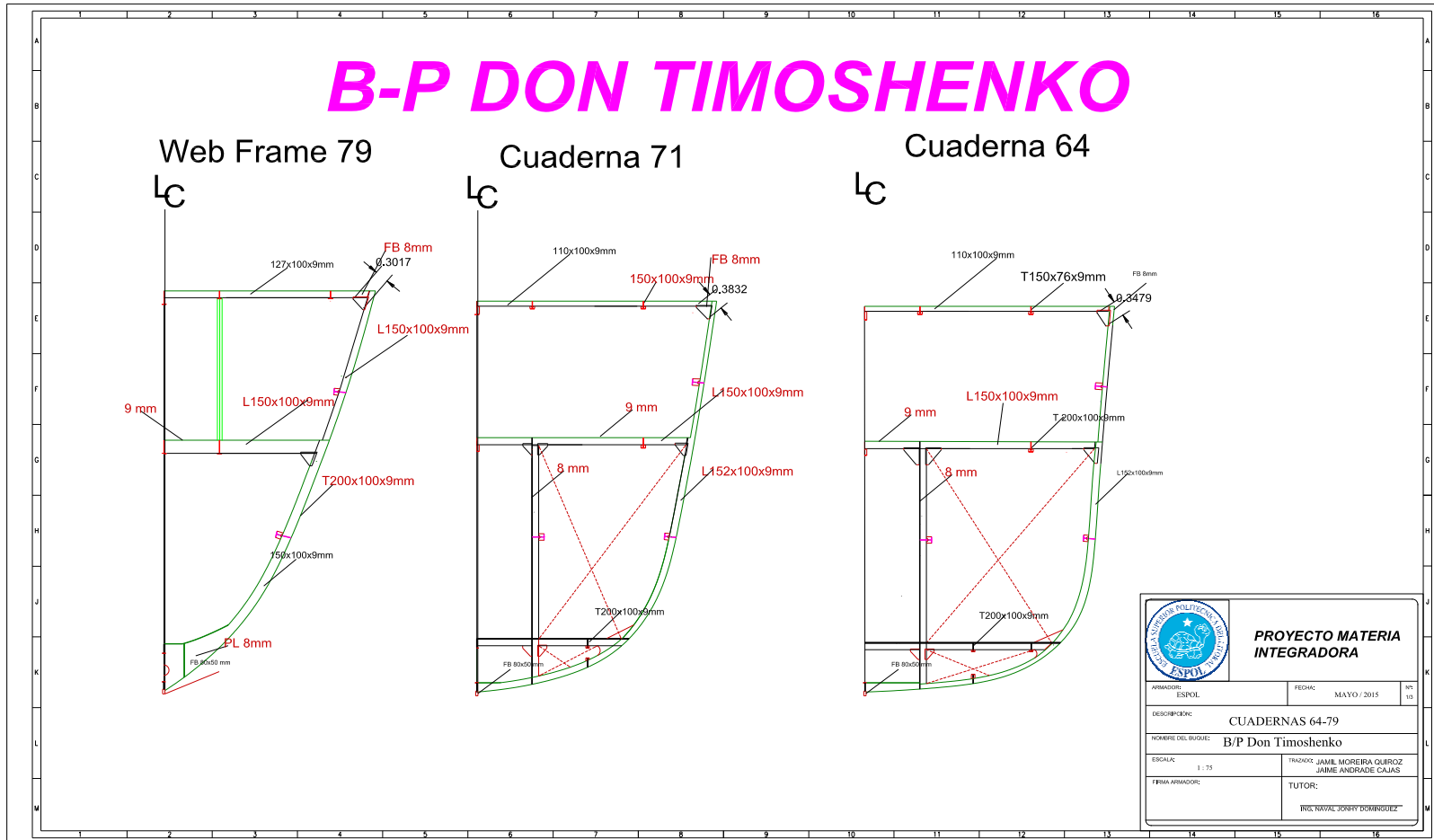
Fuente: Elaboración Propia

Figura 83.- Planos Estructurales Cuadernas



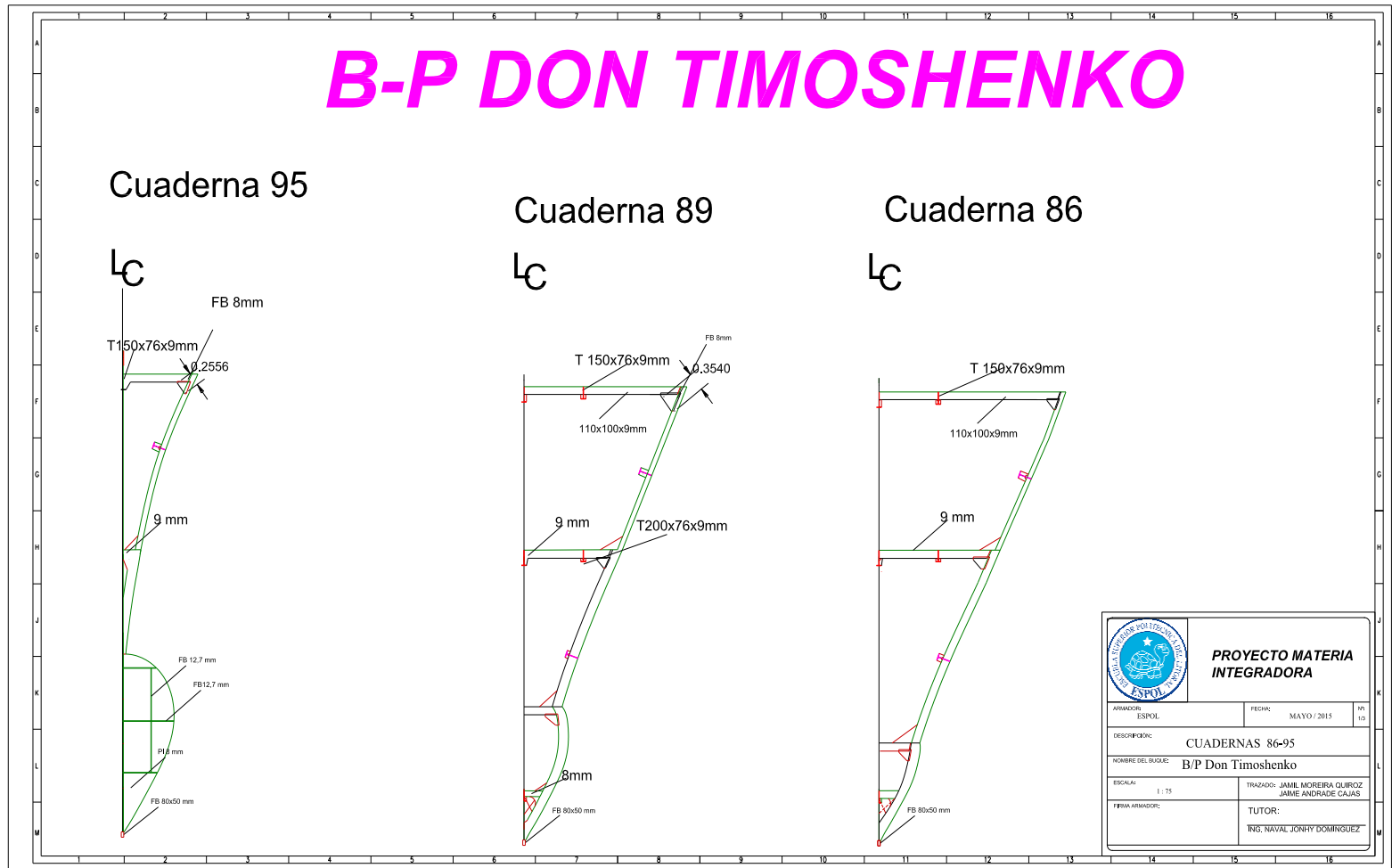
Fuente: Elaboración Propia

Figura 84.- Planos Estructurales Cuadernas



Fuente: Elaboración Propia

Figura 85.- Planos Estructurales Cuadernas



Fuente: Elaboración Propia

3.3 Espacios de Habitabilidad y Confort

Toda embarcación debe ir de acuerdo a lo establecido en SOLAS para poder navegar, por ello siempre se hace primero un aislamiento térmico, sin embargo de la bibliografía de vio que estos materiales que realizan aislamiento térmico también cumplen la función de aislante acústico puesto que permiten una reducción en los niveles de decibeles de la habitación, esto se tendrá muy en cuenta más adelante.

EL convenio SOLAS establece que hay tres tipos de divisiones según la clase:

- Clase A
- Clase B
- Clase C

3.3.1 Proceso de Aislamiento

Para el proceso de aislamiento se emplean las tablas del anexo F, en ellas se explica el tipo de aislamiento según el sector de la embarcación, como se ve a continuación:

- Sala de Maquina de categoría A
- Otro espacio de Maquina
- Cocina
- Comedor
- Espacios de acomodación
- Espacios de control

Sala de Máquina de Categoría A

Esta es la sala en la que encontramos el motor principal, el reductor y los generadores eléctricos, a más de esto en esta sala tenemos taques de agua y bodegas de pescado, esta es la sala más propensa a tipo de daño por ello es la primera en ser tratada. Según Solas estos espacios deberían ser de categoría A-60, puesto que el material debe tener mucha resistencia al fuego.

Otros espacios de Maquinas

Nos referiremos a otros espacios de maquina como la sala de maquinaria en proa, esta contienen las bombas y equipos auxiliares de la embarcación así como los equipos para el sistema de frío de la embarcación atunera, estos espacios de maquina serán A-0, más sin embargo sí tendrán aislamiento acústico.

Cocina

La cocina al ser un fuerte nicho para el incendio se lo tendrá como Espacio de Servicio, se le dará un aislamiento A-30.

Comedor

El comedor también es un espacio de servicio, sin embargo no es fuerte nicho para el incendio, este espacio tendrá un aislamiento A-0

Espacio de acomodación

En el espacio de acomodación, podemos colocar las habitaciones y los pasillos, sin embargo se decidió que las habitaciones tengan aislamiento A-0 y los pasillos tengan aislamiento A-30, por conveniencia de la embarcación. Cuando nos referimos a los pasillos, nos referimos exclusivamente a los pasillos en la superestructura, el pasillo que se encuentra entre las bodegas de pescado tendrá aislamiento A-0 puesto que las bodegas ya están aisladas con poliuretano y este es un buen aislante térmico y acústico.

Espacios de Control

Con espacios de control nos referimos al puente de mando de la embarcación, esto si bien no es un área que sea nicho de incendio es un área muy importante, por ellos se le dará un aislamiento A-60. Una vez definidos el tipo de aislamiento, se procede a seleccionar el material aislante para cada espacio previamente tratado.

A continuación se presentan los materiales que servirán de aislante térmico con todas sus propiedades tales como:

- Densidad
- Dimensiones
- Factor de absorción
- Reducción de contaminación acústica

3.3.1.1 Espacios de Maquinaria

Sabiendo el espacio de maquinaria de requiere construcción A-60 se escogieron aislantes de esta categoría para los mamparos y las cubiertas.

Material:

Mamparos

Tabla CXLI.- Material para sala de maquina

SeaRox SL 620	
Dimensiones (mm)	
Espesor	60
Reducción de Sonido (dB)	
Rw	45
Coefficiente de Absorción	
α_w	0.9
Densidad (kg/m³)	
ρ	100-115
Precio	
\$/m²	27.03

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.2 Cocina y Corredores

Como se indicó anteriormente la cocina utilizará un aislamiento térmico A-30

Mamparo y Cubierta:

Tabla CXLII.- Materiales para cocina y corredor

SeaRox SL 740	
Dimensiones (mm)	
Espesor	50

Reducción de Sonido (dB)	
Rw	45
Coefficiente de Absorción	
α_w	0.75
Densidad (kg/m³)	
ρ	45
Precio	
\$/m²	12.29

Fuente: elaboración propia

3.3.1.3 Espacios de control

Mamparos y Cubierta

Tabla CXLIII.- Materiales para espacios de control

SeaRox WM 620	
Dimensiones (mm)	
Espesor	30

Reducción de Sonido (dB)	
R_w	38
Coefficiente de Absorción	
α_w	0.8
Densidad (kg/m³)	
ρ	90
Precio	
\$/m²	13.58

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.4 Aislamiento Acústico

Una vez que se cumple el aislamiento térmico para las distintas ubicaciones es necesario proseguir con el aislamiento acústico de la embarcación, para ello seguiremos el procedimiento presentado en un documento de la bibliografía [36]. Para ello se debe determinar el ruido que se produce por efecto de los generadores, el reductor y el motor principal, recordando que nuestra sala de

máquinas tiene 3 generadores, 1 reductor, 1 motor principal. Procedemos entonces al cálculo del ruido por los equipos.

3.3.1.4.1 Generador

$$L_w = 57 + 10 \log(hp) \quad (107)$$

$$L_w = 57 + 10 \log(536)$$

$$L_w = 84.29 \text{ dB}$$

Puesto que son 3 generadores tendremos este valor 3 veces.

3.3.1.4.2 Motor Principal

De la bibliografía se tienen diferentes fórmulas para el cálculo de los niveles de presión acústica de los motores Marinos:

$$L_p = 10 \log(D) - 20 \log(C) + 91 \text{ dB}(A) \quad (108)$$

$$L_p = 15.8 \log \left(N(D * C)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\left(\frac{Z}{6} \right)^{0.5}}{k} \right) \right) + 75.5 \text{ dB}(A) \quad (109)$$

Donde:

N = RPM

D = Diámetro de pistón, m

C = Carrera del Pistón, m

Z = Número de Pistones

De aquellos valores se escogerá el mayor de ellos para el análisis del ruido, el valor mayor se obtuvo de la ecuación número 2.

$$L_p = 105.89 \text{ dB}$$

En el anexo G, se puede ver otro proceso que se llevó a cabo para determinar el ruido del motor, de cuyo cálculo se obtuvo que el ruido del motor debe de ser de:

$$L_p = 117.5 \text{ dB}$$

De los dos valores mostrados se toma el mayor de ellos como ruido del motor.

3.3.1.4.3 Reductor

$$L_w = 69 + 3.4 \log(hp) + 3.4 \log(rpm) \quad (110)$$

$$L_w = 69 + 3.4 \log(3266) + 3.4 \log(750)$$

$$L_w = 90 \text{ db}$$

Una vez realizados estos cálculos del nivel de ruido que experimenta la sala de máquinas procedemos a calcular el nivel total de ruido dentro de ella, para esto realizamos el siguiente procedimiento:

Tabla CXLIV.- Decibeles por aparatos

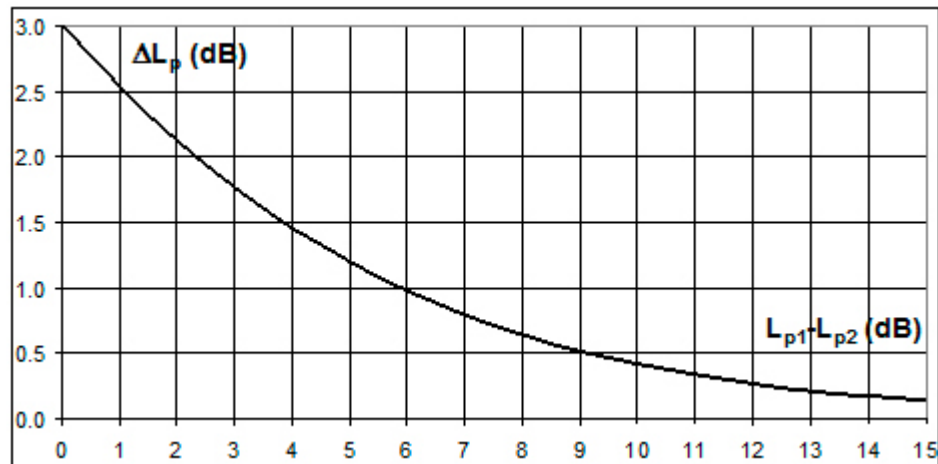
	dB
Generador	84
Generador	84
Generador	84
Reductor	90
Motor	117.5

Fuente: Elaboración propia

3.3.1.4.4 Suma de Decibeles

Para sumar los niveles de decibeles se utiliza el siguiente procedimiento obtenido de la web. Este es un método gráfico que permite sumar los decibeles de 2 en 2 empezando por los más bajos y subiendo hacia el mayor. **REVISAR ANEXO I.**

Figura No. 80.- Método gráfico para la suma de decibeles



FUENTE: REFERENCIA [35]

En el proceso se suman los 2 valores contiguos y esa diferencia se la coloca en el axial y se la suma al mayor, siguiendo este proceso llegamos a un total de decibeles de:

Resultado de la sumatoria de decibeles = 117.98 Db

3.3.1.4.5 Nivel de Campo sonoro reverberante

$$L_p = L_w - 10 \log S + k \quad (111)$$

Donde:

S = Superficie de la habitación y

$$k = 10 \log \left[1 + \frac{4}{\left(\frac{A}{S}\right)} \right] \quad (112)$$

$$A = 0.16 \frac{V}{Tr}$$

$$A = \alpha S$$

A = Área Equivalente

α = Coeficiente de absorción

V = Volumen de la sala de Máquinas

Tr = Tiempo de reverberación

De la ecuación de arriba podemos determinar que el valor de K será:

$$k = 10 \log \left[\frac{\alpha + 4}{\alpha} \right] \quad (113)$$

Este Factor K se calcula para todos los espacios a analizar, se lo presenta a continuación en la siguiente tabla:

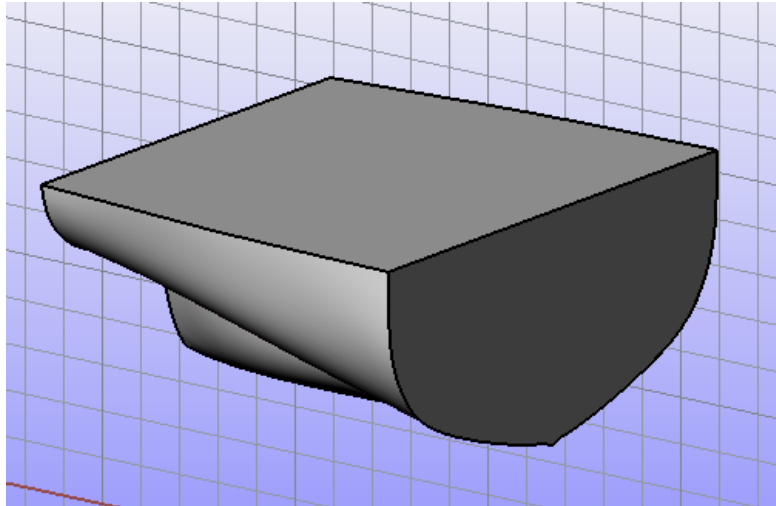
Tabla CXLV.- Factor K por espacios

	Factor K
Sala de Maq.	7.36
Cocina	8.02
Pasillos	8.02
C. Mando	7.78

FUENTE: REFERENCIA [35]

Para poder proseguir con el cálculo se necesita la superficie de todas las caras de las habitaciones que se estudiarán. Para ello las modelamos en el programa rhinoceros.

Figura No. 81.- Modelado de espacio de sala de máquinas



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Una vez determinados estos valores, podemos determinar el nivel del campo reverberante en Sala de máquinas, que es la habitación que se está estudiando, ahora podemos simplemente reemplazar valores en la ecuación.

$$L_p = 105.89 - 10 \log(260.47) + 7.36$$

$$L_p = 85.2 \text{ dB}$$

Puesto que este valor es menor que el nivel sonoro de la sala de máquinas, tomaremos el valor mayor para los análisis del nivel de ruido que llega a cada cuarto y el nivel de ruido que debería estar en cada cuarto, a continuación

presentamos una tabla en la que se encuentran las áreas de las habitaciones y el nivel de ruido en cada una.

Tabla CXLVI.- Ruidos por espacios habitables según IMO

Espacio	Ruido Normal_IMO
Sala de Maquinas	90
Lazareto	75
cuarto de bombas	90
Pasillo de bodegas	90
Cocina	75
Comedor	60
Bodega	60
Enfermería	60
Lavandería	60
gambuza de frio	75
camarote visita	60
baño 1	60
Jefe de Maquinas	60
Baño 2	60
Cuarto 1	60
Cuarto 2	60
Cuarto 3	60
Cuarto 4	60
Cuarto 5	60
Cuarto 6	60
Cuarto 7	60
Cuarto 8	60
Baño 3	60
Sala de Descanso	60
Pasillo	60
Capitán de Altura	60

Jefe de cubierta	60
Patrón de pesca	60
Patrón Costanero	60
Oficial de Maquina	60
Baño 4	60
Baño Capitán	60
puente de gobierno	65
Pasillo	60

FUENTE: REFERENCIA [20]

Tabla CXLVII.- Área de cada habitación

Habitaciones	Pp [m2]	Pr[m2]	Bb[m2]	Eb[m2]	Cub. Sup.[m2]	Cub. Inf.[m2]	Área T [m2]
Sala de Maquinas	16.25	21.77	58	58	75	45	274.02
Lazareto	13.5	20.5	13.54	13.54	56	49.5	166.58
cuarto de bombas	30	5.7	93.3	93.3	60	25.59	307.89
Pasillo de bodegas	6.28	6.28	47	47	40.38	40.38	187.32
Cubierta de trabajo							
Cocina	7.5	7.5	9.37	9.37	11.24	11.24	56.22
Comedor	10.18	9.7	19.83	19.82	31.9	31.9	123.33
Bodega	7.5	7.5	5.9	5.9	7.08	7.08	40.96
Enfermería	7.5	7.5	4.55	4.55	5.46	5.46	35.02
Lavandería	4.9	4.85	9.11	9.12	7.16	7.16	42.3
gambuza de frio	2.77	2.77	6.75	6.75	3	3	25.04
camarote visita	7.63	7.43	6.16	6.16	7.43	7.43	42.24
baño 1	7.43	7.2	4.47	4.48	5.24	5.25	34.07
Jefe de Maquinas	7.2	5.43	11.12	10.16	10.44	10.44	54.79
Baño 2	5.26	5.26	4.1	4.1	3.45	3.45	25.62
Cuarto 1	10.69	10.23	4.17	4.2	7	7	43.29
Cuarto 2	10.23	9.6	4.42	4.47	7.03	7.03	42.78
Cuarto 3	9.6	8.78	4.85	4.92	7.15	7.15	42.45
Cuarto 4	8.78	7.55	5.36	5.5	7.03	7.03	41.25
Cuarto 5	8.78	7.55	5.5	5.36	7.03	7.03	41.25
Cuarto 6	9.6	8.78	4.92	4.85	7.15	7.15	42.45
Cuarto 7	10.23	9.6	4.47	4.42	7.03	7.03	42.78
Cuarto 8	10.69	10.23	4.2	4.17	7	7	43.29
Baño 3	5.26	5.26	4.1	4.1	3.45	3.45	25.62

Sala de Descanso	6.2	5.43	10.08	10.05	9.4	9.4	50.56
Pasillo	5.27	3.98	65.56	55.73	36.43	36.43	203.4
Nivel de Superestructura							
Capitán de Altura	3.28	5.62	13.15	10.7	8.79	8.79	50.33
Jefe de cubierta	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	6.52	37.52
Patrón de pesca	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	6.52	37.52
Patrón Costanero	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	6.52	37.52
Oficial de Maquina	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	6.52	37.52
Baño 4	5.76	5.76	2.95	2.95	3.1	3.1	23.62
Baño Capitán	2.4	2.4	4.4	4.4	1.8	1.8	17.2
puente de gobierno	12.14	6.24	8.16	8.16	13.52	13.52	61.74
Pasillo	2.16	2.16	23.74	23.74	8.81	8.81	69.42

Fuente: Elaboración Propia

3.3.1.4.6 Nivel de Ruido por cuartos

Para encontrar el ruido en cada habitación es necesario que se analice cada habitación y cada una de las entradas a la misma, es decir es necesario revisar cada pared y luego realizar un promedio logarítmico para sacar el ruido promedio en cada habitación.

10*LOG10 (Promedio del ruido)

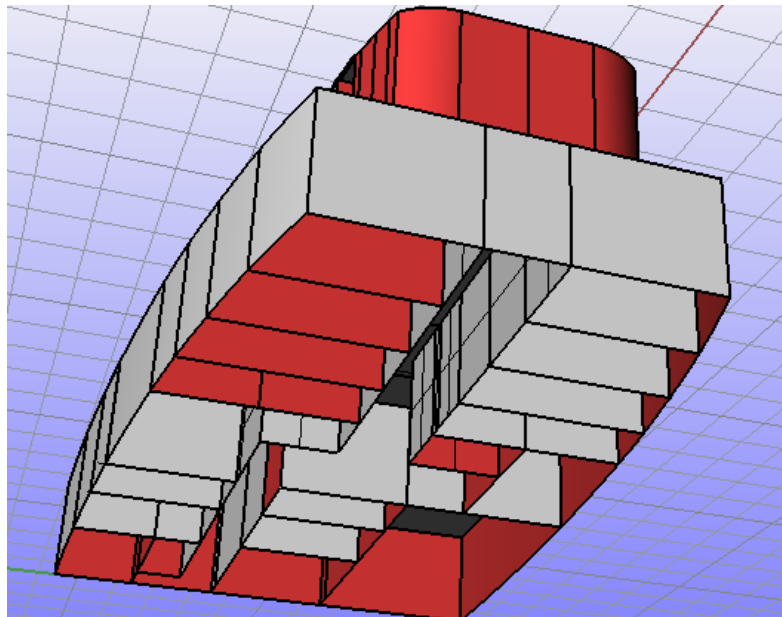
Con esta ecuación se encontrar el promedio logarítmico, estos resultados se pueden ver en el **ANEXO J** a continuación se muestra la tabla del ruido que se obtiene por cada habitación. Los cálculos de cada habitación se muestran en el **ANEXO K**.

3.3.2 Cálculo de pesos y centroide

3.3.2.1 Peso de la caseta

Para determinar el peso de la caseta, las planchas de acero, es necesario hacer el modelado de la caseta en el programa rhinoceros, a continuación mostramos el modelado de la caseta que se realizó para determinar las áreas de las planchas de acero.

Figura No. 82.- Caseta del buque pesquero



Fuente: Elaboración Propia

Puesto que el espesor de las planchas de la caseta es de 6mm y la densidad del acero es de 7800Kg/m³, el peso de las planchas de acero es:

Tabla CXLVIII.- Peso de las planchas de caseta

Área acumulativa caseta(m²)	846
espesor (m)	0.006
volumen(m³)	5.07
densidad(kg/m³)	7800
Peso(kg)	39592.8

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Una vez determinado el peso de las planchas de acero de la caseta se hace el cálculo del peso del aislante añadido y los centroides tanto en x como en y de la caseta para poder realizar la ubicación de la misma en la embarcación.

3.3.2.2 Centroide de la caseta y costo del aislante

A continuación presentamos el centroide de la embarcación, y el peso total de la misma, para más detalles revisar el **ANEXO L**.

Tabla CXLIX.- Centroide de la caseta

Centroide de Caseta	
x	10.06
y	1.84

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla CL.- Peso total caseta con aislante

Peso caseta(kg)	T.	51938.4
Peso caseta (tons)		51.9

FUENTE ELABORACIÓN PROPIA

3.3.3 Ergonomía

Utilizando ABS [19], y los espacios disponibles en la embarcación damos la siguiente tabla sobre los espacios de acomodación:

Tabla CLI.- Área establecida para dormitorios de tripulación

ÁREAS ESTABLECIDAS PARA DORMITORIOS-HABITABILIDAD TRIPULANTES					
		DISP.	MÍNIMO		
		DISP.	MÍNIMO		
CAPITÁN DE ALTURA			JEFE DE MAQUINAS		
#	1			#	1
L[m]	4.47			L[m]	4.05
h[m]	2.37			h[m]	2.70
Área[m2]	10.59		6.50	Área[m2]	10.94
PATRÓN DE PESCA DE ALTURA			OFICIAL DE MAQUINA		
#	1			#	1
L[m]	2.52			L[m]	2.00
h[m]	2.59			h[m]	2.75
Área[m2]	6.53		6.50	Área[m2]	5.50
PATRÓN COSTANERO			ELECTROMECAÁNICO		
#	1			#	1
L[m]	2.52			L[m]	2.85
h[m]	2.59			h[m]	2.88
Área[m2]	6.53		6.50	Área[m2]	8.21
TIMONEL			Maquinista		
#	2			#	2
L[m]	2.52			L[m]	3.54
h[m]	2.59			h[m]	2.40
Área[m2]	6.53		6.50	Área[m2]	8.50
JEFE DE CUBIERTA			Motorista		
#	1			#	2
L[m]	2.52			L[m]	4.39
h[m]	2.59			h[m]	1.94
Área[m2]	6.53		6.50	Área[m2]	8.52
MARINERO PESCADOR			OPERADOR DE MAQUINAS		
#	3			#	3
L[m]	3.00			L[m]	4.39
h[m]	2.52			h[m]	1.94
Área[m2]	7.55		7.00	Área[m2]	8.52

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Tabla CLII.- Otros detalles de acomodación

SANITARIOS SEGÚN ABS			
	MÍNI MO	DIS P.	
Urinario			
e[m]	0.38	0.4 8	Distancia mínima desde el urinario al mamparo adyacente
h[m]	0.455	-	Altura mínima desde la cubierta inferior al urinario
d[m]	0.69	-	Distancia mínima entre dos urinarios
A[m ²]	0.75	3	El área mínima libre sin obstáculos para el baño
COMEDORES			
MESA			
a(m)	0.61	-	ancho de mesa por persona
e(m)	0.38	-	profundidad de mesa
d(m)	1.19	-	distancia entre mesas
Atotal(m ² /per)	1.5	1.5 5	Área requerida por persona para el comedor
ÁREAS DE RECREACIÓN			
A[m ² /pers]	1	1	Área de recreación debe contar con mínimo
GENERAL			
Lavamanos			
d(m)	7.5	7	La distancia máxima que una persona debe caminar a un baño, lavabo
Atotal(m ²)	1	1.5 8	área mínima considerada en el diseño de cuarto de estar
Puertas			
a(m)	0.71	0.7 5	Ancho mínimo de la puerta
h(m)	1.9	1.9	Alto mínimo de la puerta
Pasamanos			
h(m)	0.915	0.9 2	alto mínimo del pasamano
e(m)	0.75	0.7 5	espacio del pasillo donde este un pasamano
Escaleras			

a'(m)	0.61	0.6 1	ancho mínimo de escalera pasando 1 personas
b[m]	0.28	0.2 25	
u	0.6	0.6	
Grados	38-50	50	
p(m)	0.23	0.2	
e[mm]	25	25	
MÍNIMO DIS			
Escaleras en áreas restringidas			
b[m]	0.1	0.1 5	Ancho mínimo del escalón
u	0.6	0.6	Coefficiente de fricción mínimo en la escalera
Grados	45-60	55	Angulo de inclinación de la escalera
p(m)	0.2	0.2 25	Distancia mínima vertical entre peldaños
e[mm]	25	25	Distancia máxima saliente del peldaño
Pasillos			
a(m)	0.71	0.7 5	ancho para dos personas en área restringida
a'(m)	0.915	1.6	ancho para dos personas en área normal

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4 Sistema de propulsión Optimizado

Con la finalidad de realizar una optimización del sistema propulsor se siguió el proceso explicado en SNAME[22], el mismo busca realizar la optimización igualando los valores de B_p , puesto que cuando los B_p sean iguales se habrá

encontrado la eficiencia más alta de la hélice, esta búsqueda toma como sus variables principales, las siguientes:

- Diámetro
- Paso
- Número de revoluciones

Sin embargo existen otras variables secundarias en el proceso y que deben ser calculadas para poder alcanzar nuestro cometido, las mismas son:

- Relación de áreas A_e/A_o
- Potencia del Propulsor (DHP)
- Eficiencia detrás del casco, η_b
- Eficiencia del casco, η_h
- Eficiencia del propulsor detrás del casco η_d

A continuación se presenta un proceso de como calcular estos datos.

- Relación de áreas A_e/A_o

$$\frac{A_e}{A_o} = \frac{(1.3+0.3Z)T}{(P_o-P_v)*D^2} + 0.2 \quad (114)$$

La ecuación anterior es la ecuación que obtuvo Keller [19] estudiando la cavitación, la relación de área de la hélice no debe ser menor a este valor.

Donde:

T: Empuje de la embarcación

D: Diametro de la Hélice

(Po-Pv): 171.8 Kn/m²

Z: Número de Palas

-Potencia del Propulsor

$$DHP = \frac{Pe}{nb} \quad (115)$$

Donde:

Pe: Potencia efectiva; Rt x V

Nb: Eficiencia detrás del casco

-Eficiencia del Casco (nh)

$$nh = \frac{Pe}{Pd} \quad (116)$$

-Eficiencia detrás del casco (nb)

$$nb = \frac{TVa}{2*\pi*n*Q} \quad (117)$$

-Eficiencia del propulsor detrás del casco (nd)

$$nd = \frac{Pe}{Pd} \quad (118)$$

Con estos valores ya podemos encontrar los datos previamente explicados para poder realizar el cálculo, se tomaron de [24], se utilizó el procedimiento explicado por Holtrop para embarcaciones de desplazamiento.

En el capítulo dos, muchos de los valores se obtuvieron de acuerdo a la experiencia y asunción, en este capítulo, se optimizará el sistema teniendo como dato de entrada aquellos valores del capítulo dos. Con la finalidad de encontrar un valor óptimo para el sistema.

Con las condiciones del capítulo dos, se obtiene que el sistema propulsor tiene una eficiencia de 56%, ANEXO M, este es un valor típico en sistemas de propulsión del país, se intenta encontrar un sistema propulsor más eficiente. Con la función Solver, del programa Excel, se pudo encontrar los valores óptimos para el sistema de propulsión, con la optimización, explicada en el anexo M, se obtuvieron diferentes valores de paso, potencia requerida, razón de reducción y sobre todo eficiencia. La eficiencia final obtenida fue de 0,62 para el sistema de propulsión. La tabla, muestra los datos de entrada del sistema propulsor junto con los datos optimizados del mismo.

Tabla CLIII.- Comparación de resultados del sistema propulsor.

	Optim.	Ingres.
D,diametro Hélice,m	2.70	2.7
P,paso Hélice, m	2.200	2.15
P/D	0.81	0.80
Ae/Ao	0.55	0.80
Z	4	4
#hélice	1	1
Potencia al freno,BHP	2548	3393
RPM,motor	900	900
Razón de reducción	3.66	3.5
Inmersión de la hélice,m	3.5	3.5
n, rpm de hélice	246.16	257.14
Angulo de inclinación	0	0
conventional ster	1	1
Hub Diameter,m	0.45	0.4500

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

3.4.1 Tip Speed

Tip speed es la velocidad a la que va la punta de la hélice esta es muy crítica puesto que una tip speed muy elevada indica mayor consumo de combustible y también indica que la existencia de cavitación en la hélice. Para determinar la tip speed hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$T = \frac{D \times \text{shaft RPM} \times 60 \times \pi}{12 \times 5280} \times 0.44704 \left(\frac{m}{s}\right) \quad (119)$$

Con esta ecuación podemos calcular la tip speed de nuestra hélice, este resultado optimizado se muestra a continuación.

Tabla CLIV.- Tip Speed de la hélice

Tip (m/s)	Speed
	34.80

Fuente: Elaboración Propia

Hydrocomp Navcad recomienda que la tip speed para hélices de 4 palas debería tener como límite superior 53 m/s, como se puede ver este valor es muy superior al obtenido con nuestro propulsor, esto indicará que no hay inconvenientes, Caterpillar también dice que los problemas de cavitación en el propulsor ocurren cuando la tip speed alcanza una velocidad de 57.2 m/s. Puesto que este propulsor no alcanza esa velocidad podemos decir que no existirá cavitación.

3.4.2 Cavitación

El criterio de cavitación que se emplea en este libro es el recomendado por Keller [19] para el cálculo de la relación de área de la hélice.

$$A_e/A_0 = \frac{(1.3+0.3Z)T}{(P_0-P_v)D^2} + 0.2 \quad (120)$$

$$P_0-P_v = 171.8 \text{ Kn/m}^2$$

Siguiendo el criterio de keller se obtiene el valor de la relación de áreas adecuada para que no exista la cavitación, este es el valor que se tiene en las tablas de propulsor. Siguiendo este criterio de cavitación aseguramos que no existirá cavitación en la embarcación.

3.4.3 Comprobación con NAVCAD

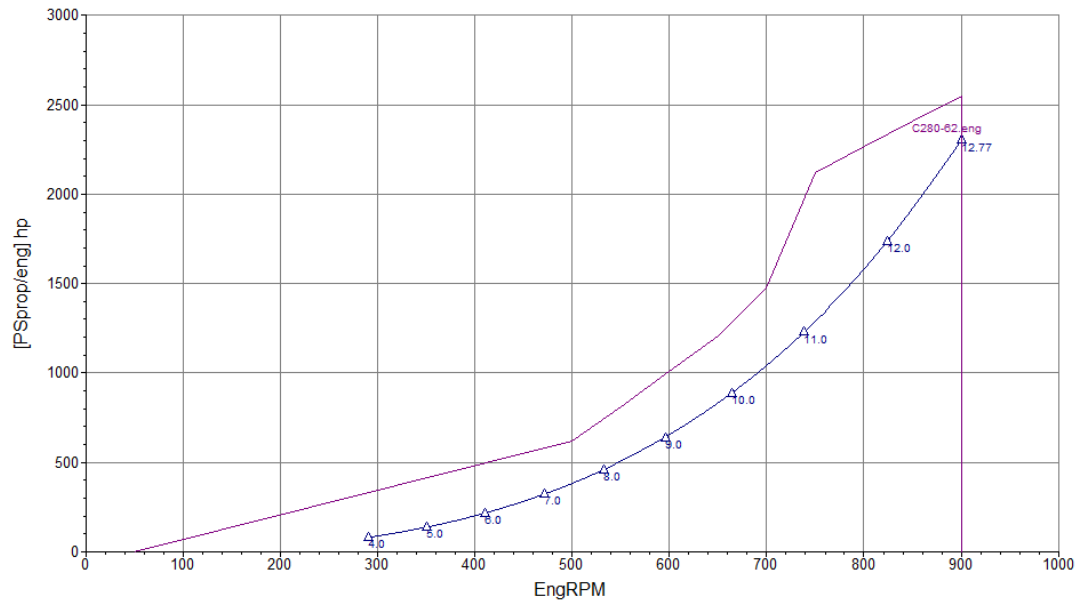
Estos valores se ingresaron en el software navcad para el diseño del propulsor, a continuación se muestran los valores ingresados en el programa y la curva del propulsor resultante.

El software navcad tiene diversas consideraciones tales como son la eficiencia del eje y margen de diseño del 10%, estas consideraciones debieron de ser tomadas en cuenta en el Excel para poder realizar la optimización, de no ser así lo más probable es que tengamos una hélice en condición ligera o que Cavite, en fin que tenga diversos problemas que eventualmente causarían muchas dificultades a la embarcación.

Para poder comparar la curva de la hélice con la curva del motor fue necesario ingresar las características del motor [11] en el software. Se puede verificar que las características que se ingresaron en el software navcad son las mismas que las que se obtuvieron en la optimización utilizando el programa Excel y que las características del nuevo motor ya fueron ingresadas en el software, es muy importante verificar que efectivamente estas características aquellas que se obtuvieron y que la curva de resistencia sea la verdadera resistencia de la embarcación puesto que así si podemos comprobar si la hélice es la efectiva o no.

Es importante comprobar también que exista cierto margen libre entre la máxima potencia del motor y la potencia del propulsor, esto es un margen de 10%, este es el margen de diseño que se comprobó anteriormente.

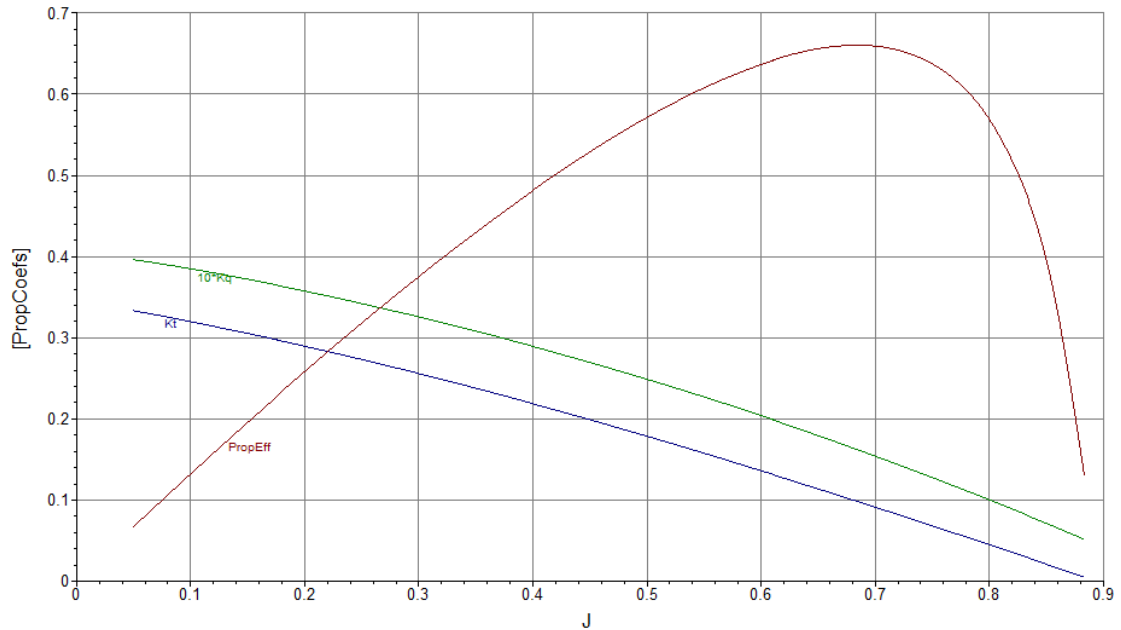
Figura No. 83.- Curva optimizada de motor y hélice



FUENTE: NAVCAD

Se puede verificar que la hélice es verdaderamente óptima y que el sistema selecto es adecuado, esto es que la optimización fue llevada con éxito. Se adjunta la curva de la eficiencia y las curvas k_t y k_q para la respectiva hélice.

Figura No. 84.- Curva de eficiencia y coeficientes K_t y K_q



FUENTE: NAVCAD

3.4.4 Comprobación de la resistencia mediante CFD

Para poder hacer el análisis en CFD (Computational Fluid Dynamics) se eligió el programa Ansys puesto que presenta una interfaz bastante adecuada, el programa posee dos plataformas en las que permite realizar el análisis, estas son, CFX y FLUENT, de las cuales se ha escogido FLUENT puesto que presenta una mejor aproximación para el cálculo. El anexo W muestra ventanas del proceso hecho en el programa.

Ansys permite desarrollar el programa en tres etapas las cuales son: Pre-Proceso, Solver, Post-Proceso, ahora se explicaran las tres etapas de desarrollo.

Pre-proceso: En esta etapa se define si se quiere realizar un análisis en estado estable o transiente, se desarrollan las condiciones de frontera y los datos de entrada para el cálculo además de la metodología que se quiere emplear en los cálculos a seguir. También se definen el número de iteraciones que se consideran convenientes para realizar el cálculo.

Solver: Esta etapa tiene poca interacción con el usuario puesto que es el programa el que se encarga de desarrollarla, una vez entradas todas las condiciones de entrada y de frontera, el tiempo que tome realizar el cálculo dependerá de la capacidad de memoria ram del computador, es un proceso que puede tomar desde horas hasta días.

Post-proceso: En este proceso se analizan los resultados obtenidos en el cálculo, puesto que ahora intentaremos comprobar la resistencia al avance, este es un dato puntual, pues el programa nos da la fuerza al avance a diferentes valores de velocidad. Además puede verse de manera gráfica el tren de olas formado por la interacción del buque con el ambiente.

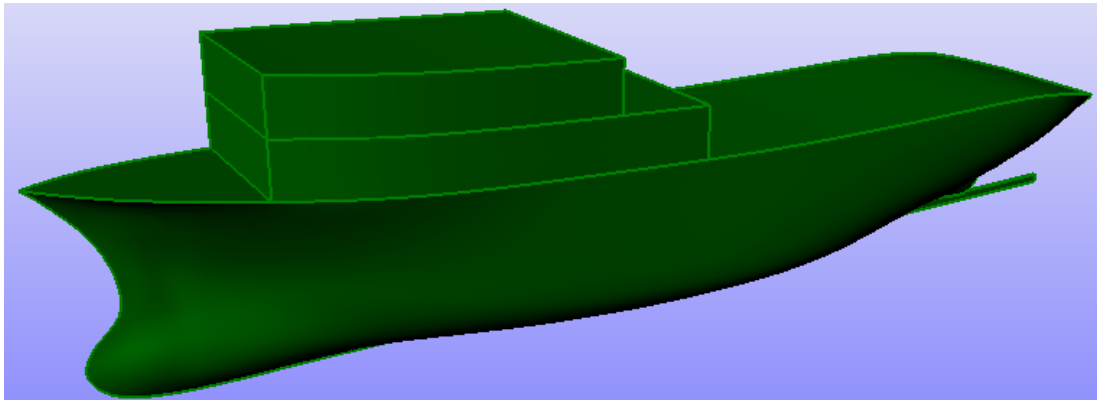
3.4.4.1 Modelo Geométrico y Mallado

3.4.4.1.1 Modelo Geométrico

Antes de entrar en el pre-proceso es importante definir el modelo geométrico y el mallado. Para el desarrollo del modelo geométrico se utilizó el programa rhinoceros. Se modeló el casco y la superestructura de la embarcación, procurando que el programa lo reconozca como un cuerpo cerrado, este proceso puede tardar un tiempo dependiendo de la complejidad de las formas. Una vez hecho sólido el modelo es importado al programa ANSYS, este debe reconocerlo como un sólido.

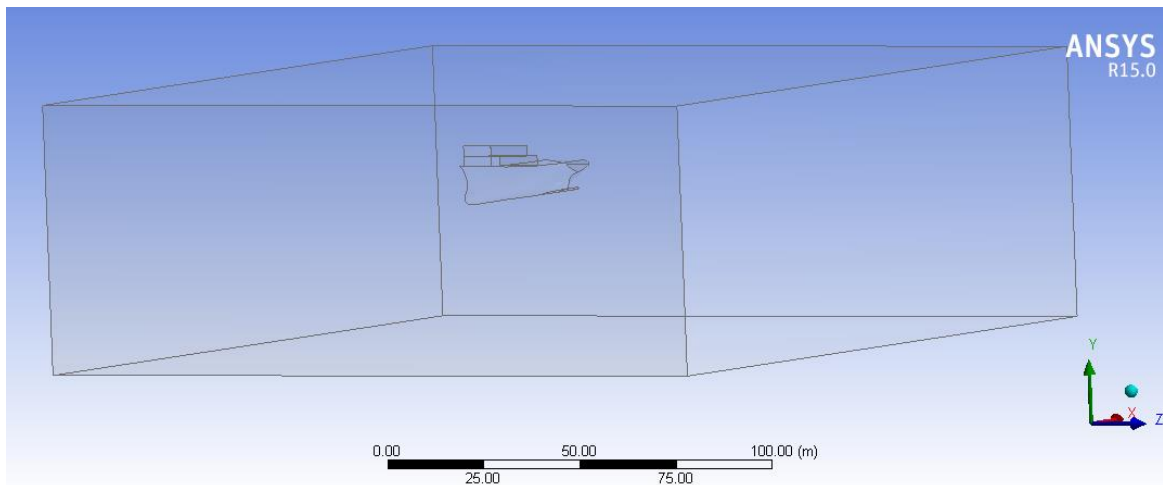
A continuación se presenta el modelo en rhino y el modelo trabajado en la etapa de geometría de Ansys fluent.

Figura No. 85.- Modelo volumétrico en Rhinoceros



Fuente: Elaboración Propia

Figura No. 86.- Modelo en ANSYS GEOM



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

En la figura No. 45 se puede apreciar al modelo dentro de una caja, esto forma parte del proceso, la caja misma tiene dimensiones que deben ser tomadas en cuenta de [37] se tomó que las dimensiones deberías ser las siguientes:

Hacia proa: 1 L

Hacia Popa: 1.5L

Costados: 2 L

Hacia arriba: 0.5 L

Hacia abajo: 0.6 L

Una vez calculados colocado el ambiente hexahédrico y realizando una extracción booleana, esto es dejar el ambiente hueco con la forma de la embarcación, tendremos un solo cuerpo y podemos pasar al enmallado del sólido.

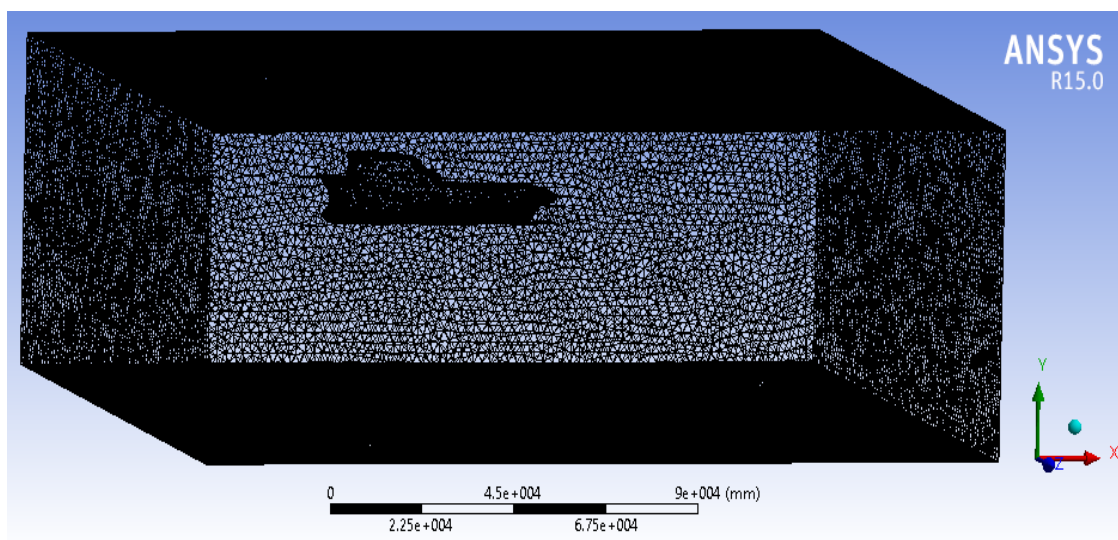
3.4.4.1.2 Mallado

El proceso de mallado es bastante complejo, la malla debe tener una buena calidad para poder realizar un correcto análisis, para ello es necesario saber que existen varios tipos de malla, gruesa, media y fina, en estudios

anteriores se ha revelado que la mejor para trabajar es la malla fina puesto que la aproximación es mucho mejor.

Por ello para un mejor trabajo se ha optado por una malla fina y se cambiaron los valores por defecto de la malla haciéndola más fina, esto es con la finalidad de tener mayor cantidad de elementos y una mejor aproximación, es de considerar que estos cambios, según las capacidades del computador ralentizan el cálculo o lo vuelven inviable. La siguiente imagen muestra el mallado realizado.

Figura No. 87.- Mallado del modelo



FUENTE: ANSYS MESH

Es necesario conocer las características de la malla, mismas que se presentan a continuación:

Tabla CLV.- Características de la malla

Relevancia	80
Función Avanzada de Tamaño	En Curvatura
Centro de Relevancia	Fino
Angulo normal de curvatura	Por defecto (12.24°)
Tamaño mínimo	Por Defecto (30.49 mm)
Máximo tamaño de cara	2200 mm
Máximo tamaño	2600 mm

FUENTE: ANSYS MESH

Finalmente es importante conocer las estadísticas de a malla, sabiendo que es un análisis CFD esta malla debe ser analizada con calidad ortogonal, estas se presentan a continuación:

Tabla CLVI.- Características de la malla

Nodos	346251
Elementos	1969028
Medida del mesh	Calidad Ortogonal

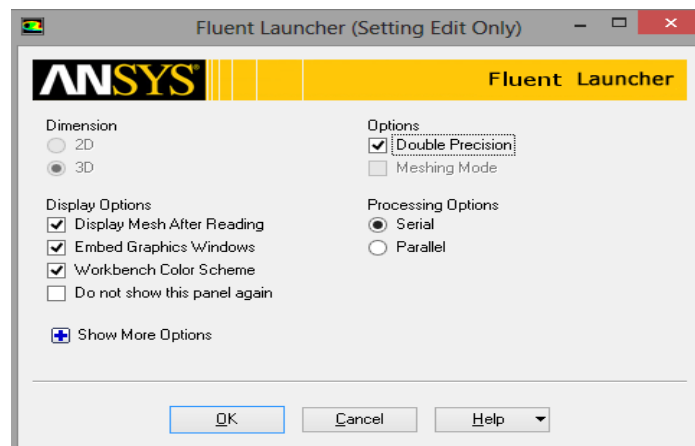
Min	2.15
Max.	0.99
Promedio	0.86

FUENTE: ANSYS MESH

3.4.4.2 Ansys Fluent

Para empezar el análisis el programa, se comienza por el “Launcher”, en el cual debemos colocar “Doble precisión y dejar los valores por defecto, esto iniciará el programa para que podamos trabajar en el, la tabla CXXVI lo resume los proceso que se realizan en el programa.

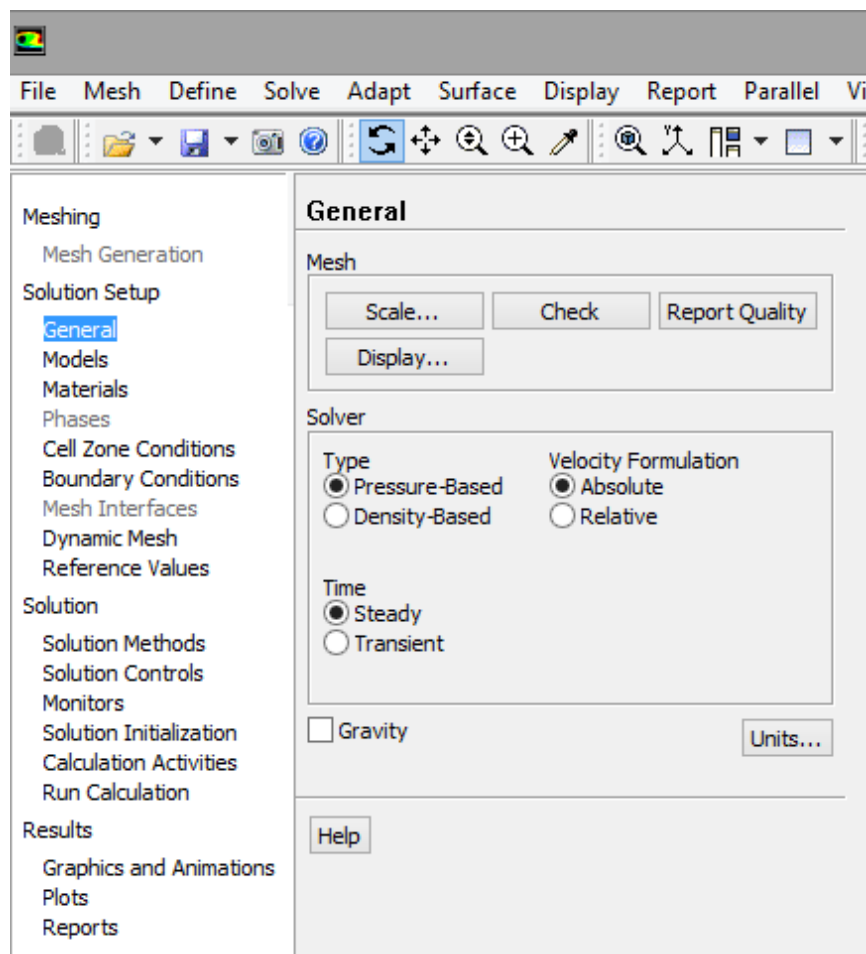
Figura No. 88.- Fluent Launcher



Fuente: Ansys Fluent

Una vez iniciado el fluent, el proceso que debe seguirse es relativamente sencillo, deben llenarse los datos de entrada y las condiciones de la embarcación, esto valores se ingresan en el lado izq. de la ventana.

Figura No. 89.- Elementos a completar en el fluent



FUENTE: ANSYS FLUENT

Tabla CLVII.- Etapas del Fluent

Etapas	Pasos
Modelo	-Multifase-Volumen de Fluido: Canal abierto Ola BC -Viscoso: K-epsilon(2eqn)
Materiales	-Aire -Agua (densidad 1025 kg/m3)
Fase	- Aire (Fase primaria) -Agua (Fase secundaria) -Interacción: Tensión Superficial en la pared 0.07 (n/m)
Malla dinámica	-Suavidad -Remallado (valores por defecto)
Valores de Referencia	-Computado desde "Entrada" -Valores de referencia de la embarcación.
Método de solución	-Gradiente: Green Gauss Cell Based -Volumen Fraction: Compresive -El resto de los valores "Second order upper wind"
Controladores de Solución	Valores por defecto
Inicialización	Inicializar desde "Entrada"
Correr Cálculo	-Pasos de tiempo: 0.01 -Número de pasos de tiempo: 500 -Max Interacciones/paso de tiempo: 20

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

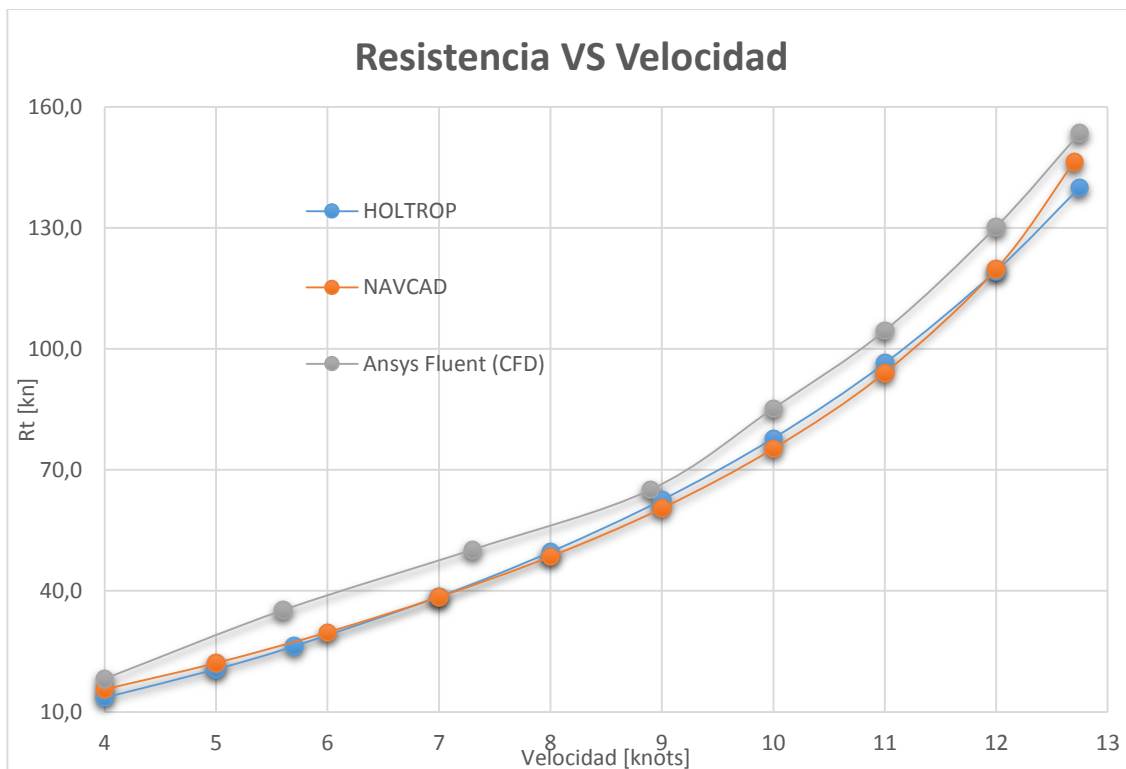
Tabla CLVIII.- Condiciones de Frontera

Condiciones de Frontera	Entrada	Se ingresa la velocidad de los fluidos de entrada y se dejan los valores por defecto, en multifase se analiza la ola y se ingresan las características de la misma.
	Salida	Se dejan los valores por defecto.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

Con todas estas consideraciones, se puede correr el programa y se procede al post-proceso, se hicieron dos tipos de análisis, en estado estable y transiente en el tiempo, los primero fueron para determinar la fuerza de arrastre a diferentes velocidades y el segundo para ver el movimiento de las partículas a travez del cuerpo. La resistencia obtenida a las diferentes velocidades, se a muestra en el siguiente gráfico, comparándola con la resistencia obtenida por los otros métodos.

Figura No. 90.- Comparación de resultados CFD



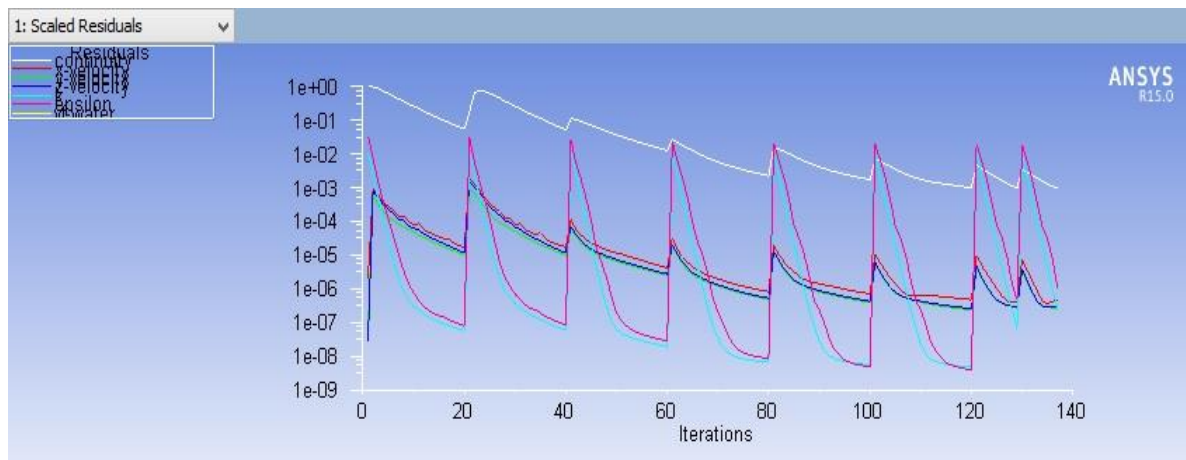
FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

De las curvas podemos ver que la resistencia obtenida en el cálculo por puntos de velocidad, no tiene una tendencia perfecta, sin embargo la tendencia general es la misma que la que tienen las curvas de resistencia obtenidas por los otros métodos, si bien en muchos puntos la resistencia obtenida es diferente, la resistencia obtenida en otros es muy similar, dando una diferencia de hasta 15KN en algunos puntos de la curva, si bien la mayor resistencia obtenida en el CFD Tiene un valor de 152.32 Kn, esta es una resistencia que el motor si puede

vencer, siendo sometido a toda su potencia, por lo que se deduce que esta no será una velocidad la que el barco trabaje regularmente, la velocidad deseada de 12.1 Nudos, es una velocidad accesible a la embarcación sin muchas dificultades, por lo que se deduce que la embarcación podrá trabajar a mayores rangos de velocidad, dando como valor recomendable 12.4 nudos, pues en este punto la resistencia de CDF es muy similar a la máxima resistencia obtenida por los otros métodos.

A continuación se presentan la curva de convergencia y el flujo de las partículas a través de la embarcación.

Figura No. 91.-Curva de convergencia



FUENTE: ANSYS FLUENT

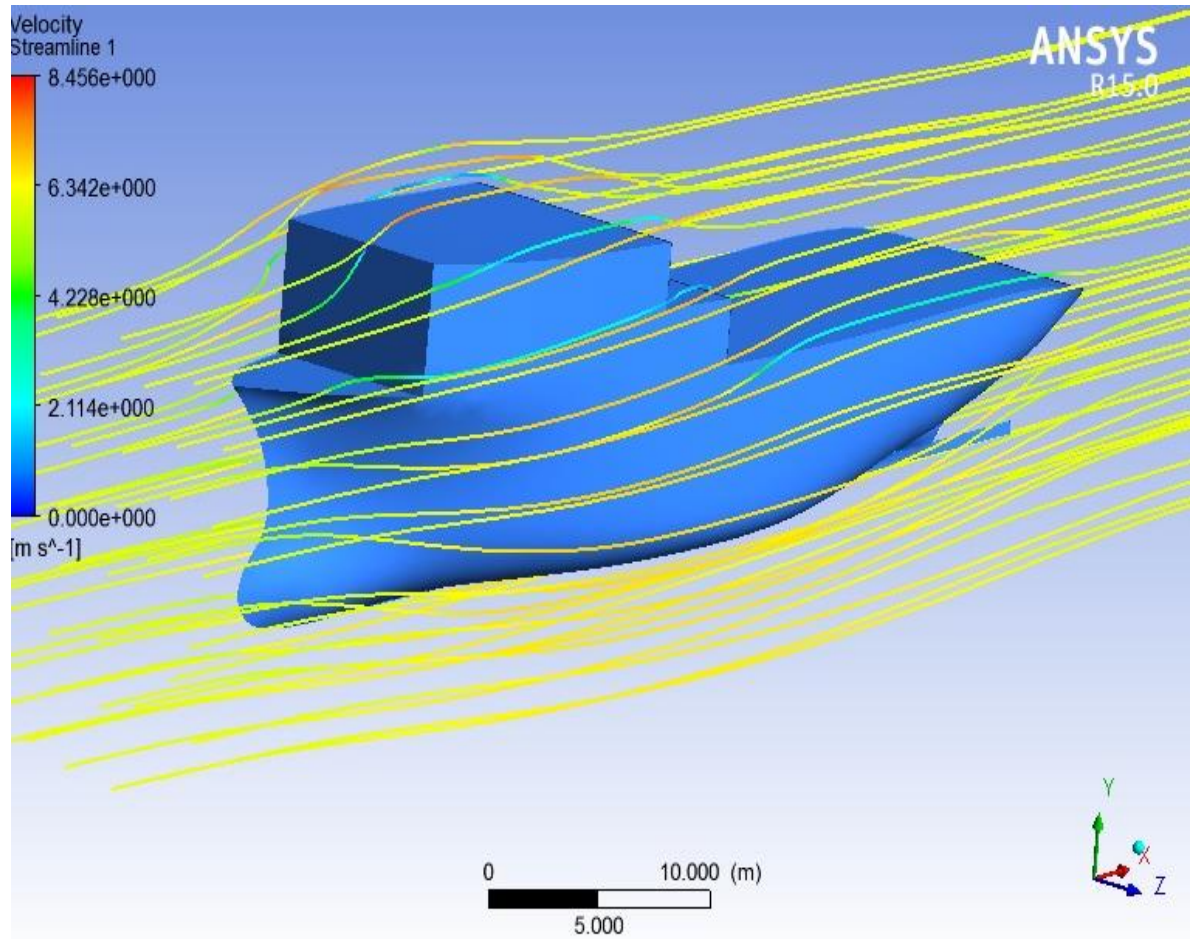
Para que el análisis tenga una buena convergencia, es necesario que la escala de residuales siempre tenga una tendencia descendente, y que descienda a valores menores de $1e-2$ [36], como se puede ver durante las 20 iteraciones que dura el ciclo, la tendencia de los residuales es descendente y descienden a valores mucho menores de $1e-2$, esto quiere decir que el cálculo tiene una buena convergencia.

Analisis de la variación de la velocidad de las partículas

Se encontró que diferentes zonas de la embarcación hacen que las partículas que se aproximan a la embarcación disminuyan su velocidad, como lo el bulbo de proa y el bulbo de popa, también se notó cambios drásticos en la velocidad en las partículas de la superestructura, pero esto se debe a la forma que se utilizó para el modelo.

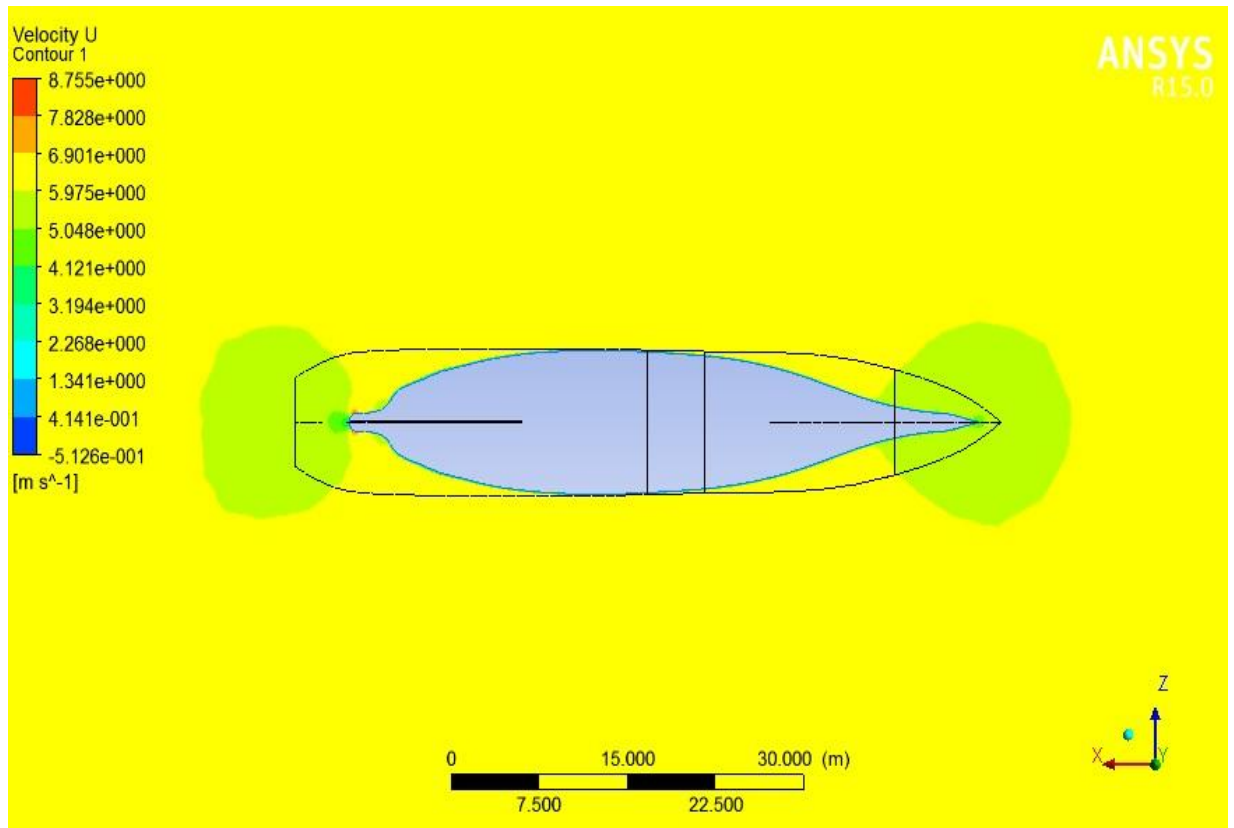
La disminución de la velocidad en las partículas en zonas de bulbos es de hasta 1 m/s , eso quiere decir que las formas de la embarcación están rompiendo con la velocidad de las partículas que vienen hacia el buque, lo que representa en una disminución de la resistencia como se tenía previsto puesto que las formas del bulbo de proa y popa ayudan a disminuir la resistencia.

Figura No. 92.- Variación de la velocidad de las partículas



FUENTE: ANSYS POST-PROCESOR

Figura No. 93.- Cambio de la velocidad en a la entrada y la salida del modelo.



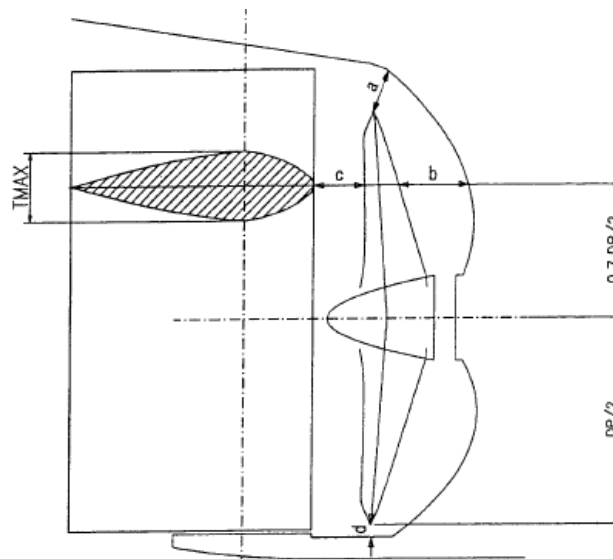
Fuente: Ansys Fluent

Como se puede ver de la figura No. 93, tanto en el bulbo de proa como en el bulbo de popa se disipa la velocidad del agua que fluye en el modelo, la mayor disminución se da justo en la entrada y salida respectivamente siendo una disminución de casi 2 m/s, esto es muy bueno pues como se dijo anteriormente se representa disminución de la resistencia al avance, la figura No. 93, permite ver de mejor manera el efecto explicado en la figura no. 92.

3.4.5 Huelgos de la Hélice

Para determinar los huelgos de la hélice se siguió la referencia [2], como se sigue a continuación:

Figura No. 94.- Huelgos de la hélice



FUENTE: REFERENCIA [2]

Posteriormente presentamos las ecuaciones que sirven para calcular los huelgos de la hélice.

$$a = (0.24 - 0.01 * Z) * DP \quad (121)$$

$$b = (0.35 - 0.02 * Z) * DP \quad (122)$$

$$c = 0.1 * DP \quad (123)$$

$$d = 0.035 * DP \quad (124)$$

La siguiente tabla muestra los valores calculados en el programa Excel.

Tabla CLIX.- Huelgos de la hélice optimizados

a	0.54
b	0.729
c	0.27
d	0.095

Fuente: Referencia [25]

3.4.6 Cálculo del Peso de La hélice

Para determinar el peso de la hélice se emplearon 3 métodos distintos y se seleccionó el mayor de los 3 resultados. Los métodos se obtuvieron de la referencia [25]

3.4.6.1 Método de Schoenherr

$$W_{prop} = 1.982 * (t/D) * (Ae/Ao) * \gamma * R^3 \quad (125)$$

Donde:

Y = Peso Específico del Material (8.33 ton/m³)

R = Radio de la manzana

T/D = razón de espesor de la pala

W = peso de la pala, sin la manzana.

3.4.6.1.1 Determinación de las variables de la fórmula de Schoenherr

-Radio de la manzana: Según [25] el diámetro de la manzana es D/6, donde D es el diámetro de la hélice.

3.4.6.1.2 Razón de espesor de la pala

Según [25], la razón de espesor se puede determinar con la siguiente ecuación:

$$t/D = A_r - (B_r * Z) \quad (126)$$

Tabla CLX.- Valores Ar y Br

RADIUS	Ar	Br
0.2	0.0526	0.004
0.3	0.0464	0.0035
0.4	0.0402	0.003
0.5	0.034	0.0025
0.6	0.0278	0.002
0.7	0.0216	0.0015
0.8	0.0154	0.001
0.9	0.0092	0.0005
1	0.003	0

Fuente: Referencia [25]

Con radio de 0.9, obtenemos que la relación t/D es:

$$\frac{t}{D} = 0.0072$$

Si multiplicamos este valor por el diámetro obtendremos el máximo espesor de la pala:

$$t = 0.019 \text{ m}$$

Por tanto el peso utilizando la ecuación de Schoenherr es en toneladas:

$$W = 1.982 * 0.019 * 0.445 * (D/6)^3 * 8.33 \quad (127)$$

$$W = 0.019 \text{ tons}$$

El peso encontrado no es realista por tanto se toma como errado.

3.4.6.2 Método de Lamb

Lamb propone ecuaciones para el peso de hélices de paso fijo y hélices de paso variable, en nuestro caso nuestra hélice es de paso fijo y utilizaremos la siguiente ecuación:

$$W = 0.004 (Ae/Ao) * D^3 \quad (128)$$

$$W = 1.542 \text{ tons}$$

Con esta ecuación se obtiene un resultado más realista para el peso de hélice.

3.4.6.3 Método de Geer (2001)

$$W = 0.00323 * D^{3.05} \quad (129)$$

$$W = 2.5 \text{ lb}$$

Este proceso también muestra resultados incoherentes por lo que tomaremos el resultado que se obtuvo por la ecuación de Lamb.

$$\mathbf{W = 1.542 \text{ tons}}$$

3.4.7 Diseño del Eje

Para el diseño del eje se utilizaron las regulaciones de ABS como se explican en [24], La ecuación para determinar el diámetro del eje propulsor es definida en la referencia como:

$$D = 100 * K * \sqrt[3]{\left(\frac{H}{R}\right) * \left[\frac{c1}{U+c2}\right]} \quad (130)$$

Todos los componentes de la ecuación se explican en la referencia [23] y se puede ver en el Anexo N. Del cálculo de diámetro se obtienen los siguientes diámetros para el eje propulsor.

Tabla CLXI.- Diámetros para el eje propulsor

Eje de Cola [pulg.]	9.16
Eje Intermedio [pulg.]	7.81

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA

La Figura No. 42 muestra la disposición que se tiene para el eje propulsor, ofreciendo para este una longitud de 5.506m, para esta longitud solo se requiere un eje de cola.

En [23] también se añade la fórmula para el cálculo del diámetro de la camisa que cubriría al eje propulsor.

$$d = 0.013 * D + 7.5 \text{ (mm)} \quad (131)$$

Donde D es el diámetro del eje en mm

Tabla CLXII.- Diámetro de la camisa del eje

Diámetro mínimo de la camisa	
s[mm]	14.41

Fuente: Elaboración Propia

3.4.7.1 Cálculo de la Frecuencia del Eje y la Frecuencia de la pala del propulsor.

3.4.7.1.1 Frecuencia del Eje

Para determinar la frecuencia del eje se debe de realizar el cálculo de 3 momentos como se indica en [38] y finalmente determinar la frecuencia por el método de Raley explicado en [39]

3.4.7.1.1.1 Método de 3 Momentos

Para poder realizar el cálculo del método de 3 momentos se debe de dividir el eje del propulsor en 3 secciones importantes o claros que se definen en los puntos en los que serán calculadas las reacciones de los bocines.

Para determinar estas distancias se deben considerar los valores máximos y mínimos permisibles para la ubicación de los descansos.

3.4.7.1.2 Bocín de arbotante

3.4.7.1.3 Características

$$L_{\text{bocin}} = 4 * \text{Deje}$$

Máxima separación de la manzana = 1Deje

Mínima separación de la manzana = 3Deje/4

3.4.7.1.4 Primer Bocín

3.4.7.1.5 Características

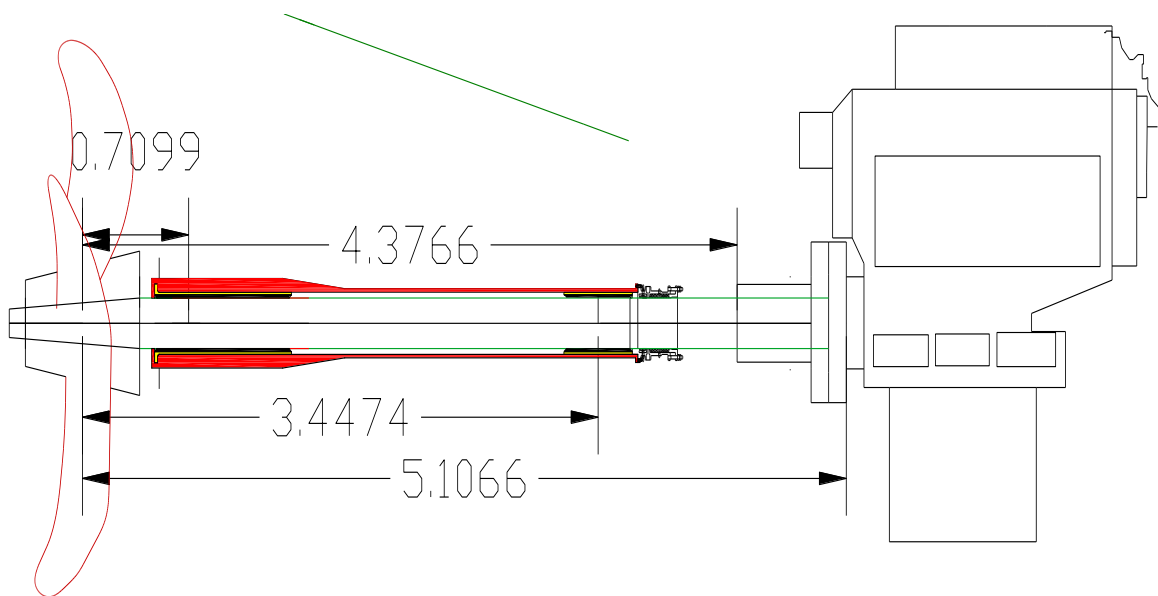
$$L_{\text{bocin}} = 2 * \text{Deje}$$

Máxima separación al reductor = 20*Deje

Mínima separación al Reductor = 10*Deje

La siguiente imagen muestra al eje con sus claros.

Figura No. 95.- Disposiciones para el eje propulsor



Fuente: Elaboración Propia

Una vez conocidas es características se puede emplear la ecuación de los 3 momentos:

$$M_1 L_1 + 2M_2(L_1 + L_2) + M_3 L_2 + \frac{6A_1 a_1}{L_1} + \frac{6A_2 b_2}{L_2} = 0 \quad (132)$$

Para poder dar uso de la ecuación Primero debemos encontrar el valor de los momentos M_1 y M_3 para encontrar el momento en M_2 . Para ello llamamos M_1 a la primera reacción de la izq. y M_3 a la primera reacción de la derecha.

Tabla CLXIII.- Característica del Eje

R eje [m]	0.1172
Densidad [Kg/m ³]	7850.00
Área eje	0.04
w [n/m]	3320.48
W hélice [n]	14283

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CLXIV.- Claros utilizados para la ecuación de 3 momentos

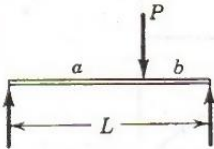
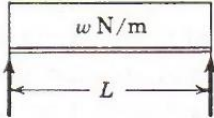
CLAROS DEL EJE	
L eje [m]	5.50
CLARO 0 [m]	0.709
CLARO 1 [m]	2.74
CLARO 2 [m]	1.66
D hélice [m]	2.7

Fuente: Elaboración Propia

$$M_3 = 0$$

Para dar uso de la ecuación de 3 momentos se emplea la siguiente tabla para obtener los últimos valores de la ecuación:

Figura No. 96.- Tabla para los valores de la ecuación de 3 momentos

CASO No.	TIPO DE CARGA SOBRE EL TRAMO	$\frac{6A\bar{a}}{L}$	$\frac{6A\bar{b}}{L}$
1		$\frac{Pa}{L}(L^2 - a^2)$	$\frac{Pb}{L}(L^2 - b^2)$
2		$\frac{wL^3}{4} = \frac{WL^2}{4}$	$\frac{wL^3}{4} = \frac{WL^2}{4}$

Fuente: Referencia [36]

Haciendo uso de estos valores podemos obtener las deflexiones y los momentos por tramos, tal como se muestran en las siguientes tablas donde se analiza el eje por tramos:

Tabla CLXV.- Momentos y deflexiones en el primer tramo

TRAMO Lo									
X/L1	x	Mo	X'	A	B	delta [m]	Masa [ton]	M_delta	M_delta ²
0	0.00	0.00	0.93	0.07	0.8673	2.8E-04	1.4E+00	3.8E-04	1.1E-07
0.1	0.09	-0.13	0.84	0.05		2.5E-04	3.0E-02	7.7E-06	2.0E-09
0.2	0.19	-0.25	0.74	0.03		2.3E-04	3.0E-02	6.9E-06	1.6E-09
0.27	0.25	-0.35	0.68	0.03		2.1E-04	3.0E-02	6.3E-06	1.3E-09
0.4	0.37	-0.52	0.56	0.01		1.7E-04	3.0E-02	5.2E-06	8.9E-10
0.5	0.46	-0.66	0.46	0.01		1.4E-04	3.0E-02	4.3E-06	6.2E-10
0.6	0.56	-0.80	0.37	0.00		1.1E-04	3.0E-02	3.4E-06	3.9E-10
0.7	0.65	-0.94	0.28	0.00		8.4E-05	3.0E-02	2.5E-06	2.1E-10
0.8	0.74	-1.09	0.19	0.00		5.5E-05	3.0E-02	1.7E-06	9.1E-11
0.9	0.84	-1.23	0.09	0.00		2.7E-05	3.0E-02	8.1E-07	2.2E-11
1	0.93	-1.38	0.00	0.00		0.0E+00	4.5E-02	0.0E+00	0.0E+00

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CLXVI.-Momentos y Deflexiones del segundo tramo

TRAMO L1											
X/L1	x	M1	X'	A	B	delta [m]	Masa [ton]	M_delta	M_delta ²		
0	0.00	-1.38	2.20	0.00	0.87	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
0.1	0.22	-1.15	1.98	0.00	0.63	5.0E-05	1.1E-01	5.4E-06	2.7E-10		
0.2	0.44	-0.93	1.76	0.01	0.44	8.0E-05	7.2E-02	5.7E-06	4.6E-10		
0.3	0.66	-0.72	1.54	0.02	0.30	9.3E-05	7.2E-02	6.7E-06	6.2E-10		
0.4	0.88	-0.54	1.32	0.06	0.19	9.4E-05	7.2E-02	6.8E-06	6.4E-10		
0.5	1.10	-0.36	1.10	0.11	0.11	8.6E-05	7.2E-02	6.2E-06	5.3E-10		
0.6	1.32	-0.21	0.88	0.19	0.06	7.1E-05	7.2E-02	5.1E-06	3.7E-10		
0.7	1.54	-0.06	0.66	0.30	0.02	5.3E-05	7.2E-02	3.8E-06	2.0E-10		
0.8	1.76	0.06	0.44	0.44	0.01	3.4E-05	7.2E-02	2.4E-06	8.2E-11		
0.9	1.98	0.17	0.22	0.63	0.00	1.5E-05	7.2E-02	1.1E-06	1.7E-11	Σ M_delta	Σ M_delta ²
1	2.20	0.26	0.00	0.87	0.00	0.0E+00	1.1E-01	0.0E+00	0.0E+00	4.61E-04	1.16E-07

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CLXVII- Momentos y deflexiones del tercer tramo

TRAMO L2											
X/L1	x	M2	X'	A	B	delta [m]	Masa [ton]	M_delta	M_delta ²		
0	0.00	0.26	2.38	0.00	1.09	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00		
0.1	0.24	0.37	2.14	0.00	0.79	-4.6E-05	1.2E-01	5.3E-06	2.4E-10		
0.2	0.48	0.45	1.90	0.01	0.56	-8.4E-05	7.7E-02	6.5E-06	5.5E-10		
0.3	0.71	0.52	1.66	0.03	0.37	-1.1E-04	7.7E-02	8.8E-06	1.0E-09		
0.4	0.95	0.56	1.43	0.07	0.24	-1.3E-04	7.7E-02	1.0E-05	1.4E-09		
0.5	1.19	0.59	1.19	0.14	0.14	-1.4E-04	7.7E-02	1.1E-05	1.5E-09		
0.6	1.43	0.60	0.95	0.24	0.07	-1.4E-04	7.7E-02	1.0E-05	1.4E-09		
0.7	1.66	0.59	0.71	0.37	0.03	-1.2E-04	7.7E-02	9.2E-06	1.1E-09		
0.8	1.90	0.57	0.48	0.56	0.01	-9.0E-05	7.7E-02	7.0E-06	6.3E-10		
0.9	2.14	0.52	0.24	0.79	0.00	-5.1E-05	7.7E-02	3.9E-06	2.0E-10	ΣM_delta	ΣM_delta^2
1	2.38	0.46	0.00	1.09	0.00	0.0E+00	1.2E-01	0.0E+00	0.0E+00	5.33E-04	1.24E-07

Fuente: Elaboración Propia

Con esto se puede graficar la curva de las deflexiones a lo largo del eje propulsor.

Figura No. 97.- Deformación del eje propulsor



Fuente: Elaboración Propia

3.4.7.2 Reacciones

Para determinar las reacciones se utilizó el anexo 2, todo el proceso que se llevó a cabo está explicado con más detalle ahí.

Tabla CLXVIII.- Valores de las reacciones

	Reacciones
R1 [KN]	30.5
R2 [Kn]	0.08
R3 [Kn]	3.96

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente una vez calculadas las deformaciones se puede aplicar el método de rayleigh como se explica en [39].

La fórmula de Rayleigh es:

$$w^2 = \frac{g \sum my}{\sum my^2} \quad (133)$$

Haciendo uso de esta ecuación podemos determinar la frecuencia natural del eje, esta se muestra a continuación:

$$w \text{ [hertz]} \quad 30.85$$

Este valor que se propone arriba es la frecuencia de la línea del eje, sin embargo no es la frecuencia crítica, para determinar la frecuencia crítica del sistema hacemos uso de la siguiente ecuación:

$$f = \frac{w * ratio}{z} \quad (134)$$

Donde:

W= frecuencia del sistema

Ratio= es la razón de reducción

Z es el número de palas

$$f = \frac{30.85 * 3.66}{4}$$

$$f = 28.2 \text{ Hz}$$

Este valor debe ser al menos 20% mayor que a blade frequency o frecuencia de la pala, esto servirá para evitar problemas de vibraciones.

3.4.7.3 Cálculo de la frecuencia de la Pala

Para calcular la frecuencia de la pala se utiliza la siguiente ecuación

$$F = \frac{N*Z}{ratio} \quad (135)$$

De donde:

N: Número de revoluciones del Motor en ciclos/segundo

Z: número de palas de la hélice

Ratio: es el ratio del reductor

$$f = \frac{\left(\frac{900}{60}\right) * 4}{4.1}$$

$$F = 16.41 \text{ [Hertz]}$$

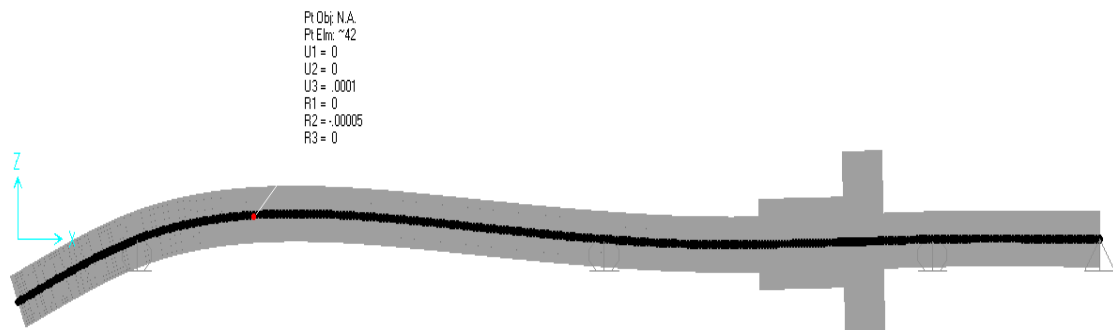
Como podemos ver la frecuencia crítica si es mayor que el 20% más de la blade frequency. Si comparamos ambos valores de frecuencia, la frecuencia de la pala y la frecuencia del eje vemos que la frecuencia del eje es mayor a la frecuencia de la pala por lo que decimos que no habrá resonancia entre las dos frecuencias y por tanto no habrá, vibración.

3.4.7.4 Comprobación con SAP 2000

Estas características fueron ingresadas al programa sap2000 y las imágenes que se muestran a continuación muestran los resultados que se obtuvieron del mismo.

3.4.7.4.1 Deformación en SAP 2000

Figura No. 98.- Deformación del Eje



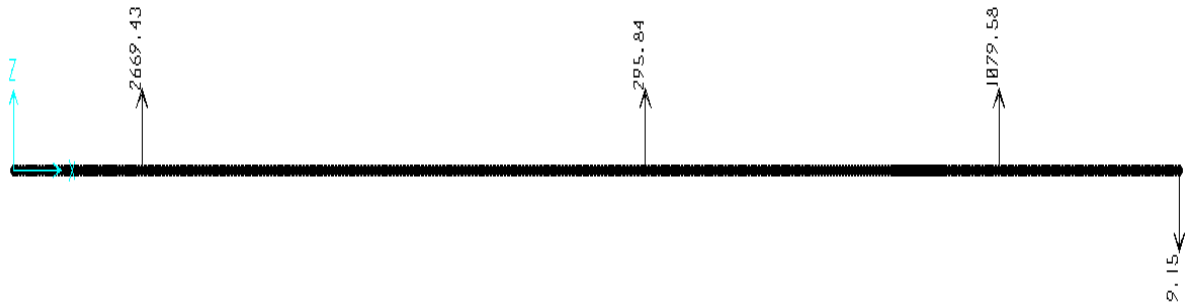
Fuente: Sap 2000

La deformación que se obtiene en el eje, es bastante similar a la deformación que se obtuvo mediante el cálculo realizado por el método anteriormente descrito, lo que indica que los resultados son relativamente cercanos.

Se puede ver que las máximas deformaciones no superan los 3 mm y ocurren en la sección en la que se encuentra la hélice.

3.4.7.4.2 Reacciones

Figura No. 99.- Reacciones por SAP2000



Fuente: SAP2000

Los valores de las reacciones leídos en el programa son:

$$R1 = 2669 \text{ Kg}$$

$$R2 = 295.84 \text{ kg}$$

$$R3 = 1079.58 \text{ kg}$$

Algunos de los valores mostrados en el cálculo de sap son distintos a los valores que se obtienen en el cálculo por el método numérico, la reacción 3, que es la que discrepa es la reacción que se da dentro del reductor, no en los bocines, por ello tomaremos el cálculo de sap 2000 como el más acertado.

3.4.7.5 Frecuencia Natural del sistema

Tabla CLXIX.- Frecuencias por SAP2000

OutputCase Text	StepType Text	StepNum Unitless	Period Sec	Frequency Cyc/sec	CircFreq rad/sec	Eigenvalue rad2/sec2
MODAL	Mode	1	0.035824	27.914	175.39	30762
MODAL	Mode	2	0.014537	68.789	432.21	186810
MODAL	Mode	3	0.010291	97.176	610.57	372800
MODAL	Mode	4	0.006492	154.05	967.91	936850
MODAL	Mode	5	0.005959	167.82	1054.4	1111800
MODAL	Mode	6	0.005144	194.39	1221.4	1491800
MODAL	Mode	7	0.004971	201.17	1264	1597600
MODAL	Mode	8	0.003382	295.68	1857.8	3451500
MODAL	Mode	9	0.003122	320.33	2012.7	4051000
MODAL	Mode	10	0.001983	504.18	3167.8	10035000
MODAL	Mode	11	0.001966	508.6	3195.6	10212000
MODAL	Mode	12	0.001959	510.44	3207.2	10286000

Fuente: Sap 2000

Como podemos ver la frecuencia natural, la frecuencia natural que se obtiene con SAP es mayor a la blade frequency y solo difiere un poco de la frecuencia que se obtiene con el Excel, lo que nos lleva a decir que el programa está bien hecho.

Puesto que nuestro interés es el primer nodo de vibración, este valor se tiene como 27.91Hz, bastante similar al que se obtuvo por el cálculo en Excel, sin embargo con este valor también debe determinarse la frecuencia crítica puesto que como se dijo con anterioridad esta es la frecuencia del sistema.

$$f = \frac{w*ratio}{z} \quad (136)$$

Donde:

W= frecuencia del sistema

Ratio= es la razón de reducción

Z es el número de palas

$$f = \frac{31.18 * 3.66}{4}$$

$$f = 28.53 \text{ Hz}$$

Como podemos ver estos valores son mayores a la blade frequency e incluso son mayores que el 20% más del mismo.

3.4.7.6 Restricciones de frecuencia para los componentes estructurales

De la referencia [10] se toman los factores para determinar la frecuencia mínima para los componentes estructurales en los diferentes sectores del buque, los diferentes componentes estructurales no deben tener frecuencias menores a las que se proponen a continuación.

Tabla CLXX.- Restricciones de frecuencias en estructurales.

estructura	hz	hz
Fondo	4.4*fblade	72.21
costado y mamparo	2.2*fblade	36.10
Cubierta y Superestructura	1.1*fblade	18.05

Fuente: Referencia [10]

3.5 Cálculo de arqueo

El objetivo del arqueo [40] es medir el tamaño del buque y se lo utiliza para determinar mediante reglas, muchas de sus características técnicas, así mismo para poder aplicarse tarifas o uso de muelles, puertos canales etc.

Ahora, el cálculo se divide en la siguiente forma:

3.5.1 Arqueo en Bruto.

A continuación presentamos las variables a usarse y la forma de cálculo del Arqueo en Bruto. Este valor se lo calcula en base a los volúmenes de espacios cerrados bajo la cubierta de intemperie y Superestructura.

El Coeficiente K1 viene dado por la siguiente ecuación, según el convenio de arqueo:

$$K1=0,2+0,02*\text{LOG}10 (\text{VOL.}) \quad (137)$$

Tabla CLXXI.- Cálculo de TRB

Tonelaje de Registro Bruto		
Volumen Bajo Cubierta Superior	4585	m3
Volumen de Superestructura	754	m3
Coeficiente K1	0,274	
Volumen Total(VOL.)	5339	m3
TRB=	1465,81	

Fuente: Elaboración Propia

3.5.2 Arqueo Neto (TRN)

Para el Arqueo Neto (Tonelaje de Registro Neto) realizamos el mismo procedimiento que para el TRB.

TRB

$$TRN = K2.VCAR \frac{4T^2}{3D} + k2(N1 + \frac{N2}{10}) \quad (137)$$

Siendo:

K2: $0.2 + 0.02\log_{10} (VCAR)$

K3: $1.25 (GT+10000)/10000$

N1: Número de pasajeros que no tengas más de 5 literas

N2: Numero de los demás pasajeros

Tabla CLXXII .- Calculo de TRN

Arqueo Neto	
K2=	0,27
k3=	1,46
N2=	21,00
N1=	0
VCAR(m3)=	2471,04
factor(4t/3D)^2	0,65
k2xvcar(4t/3d)^2	433,51
TRN(TM)=	436,584

Fuente: Elaboración Propia

3.6 Dotación Mínima de Seguridad

De acuerdo al documento otorgado por la Autoridad Marítima Ecuatoriana [40], (ver Anexo A), la cantidad de tripulantes a bordo será la siguiente:

Tabla CLXXIII.- Dotación mínima-Personal de Cubierta

Personal de Cubierta							
Tonelaje de Registro Bruto	Capitán de Pesca u Oficial de Cubierta	Patrón de Pesca o Patrón de Altura	Patrón de Pesca o Costanero o Patrón Costanero	Timonel de Pesca o Costanero o Timonel	Jefe de Cubierta de Buque o pesquero o Contramaestre	Marinero o Pescador o Marinero	Total
1465 TM	1	1	1	2	1	3	9

Fuente: Referencia 40

Tabla CLXXIV.- Dotación Mínima – Personal de Maquinas

Personal de Maquinas							
Potencia BHP	Jefe de Máquinas u Oficial de maquinas	Primer Oficial de Maquinas u Oficial de Maquinas	Electricista	Maquinista B-P o Maquinista	Motorista B/P o Motorista	Operador de Maquinas B/P o Aceitero	Total
3339	1	1	1	2	2	3	10

Fuente: Referencia [40]

Finalmente utilizando el dato de Tonelaje de Registro Bruto y la Potencia estimada de forma Regresional, según las Tablas 45 y 46 la dotación mínima de seguridad será de 19 Tripulantes. A esto le debemos sumar el Cocinero y la persona que representa al armador en la embarcación. Finalmente la dotación mínima será de 21 tripulantes.

3.7 Maniobrabilidad y Gobierno

3.7.1.1 Análisis del plano diametral

Como primer análisis para la maniobrabilidad, se presenta el análisis del plano diametral de la embarcación.

Para un correcto análisis del plano diametral, se deben tomar las áreas bajo la línea de flotación, tanto de la embarcación como de la pala y la hélice, debemos tener en consideración que debido la pequeña separación existente entre la pala y el casco de la embarcación se obtiene un factor K que tiende a 2, por ello el área de la pala ingresada en el documento Excel, donde se realizó el cálculo, es el área virtual, es decir, el área de la pala multiplicada por el factor K.

A cada área considerada se le debe agregar el brazo a su respectivo centroide de área, esto se hace con el fin de obtener un único centroide para un área total, este centroide debe estar ubicado entre en el rango de LCB y LCF que

se obtiene con el cálculo del software hydromax, si esto ocurre quiere decir que la embarcación no tendrá problemas de ladeo.

Tabla CLXXV.- Análisis de Plano diametral

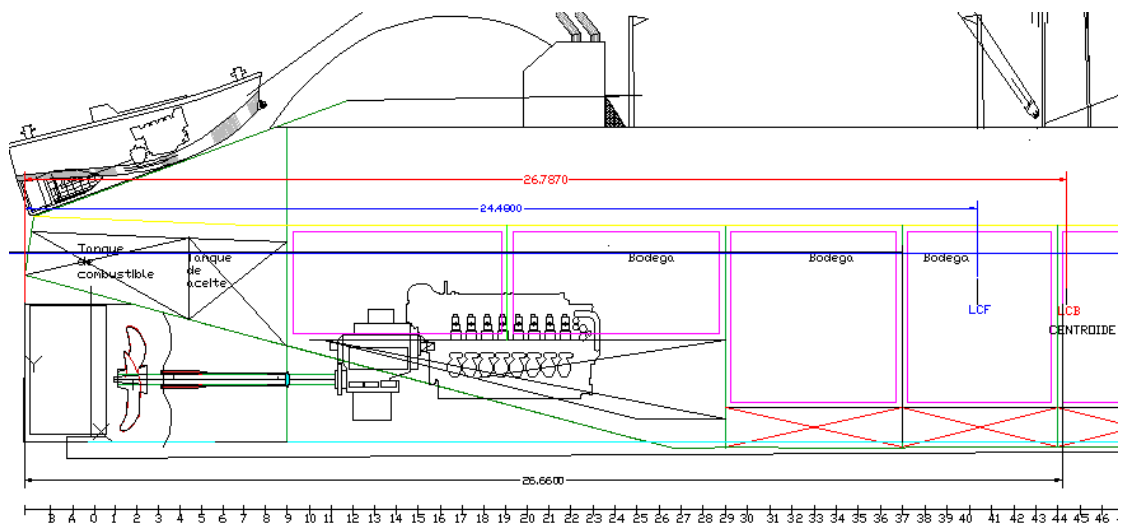
Análisis del plano diametral			
Item	Área[A] (m2)	Centroide respecto al extremo de popa [d] (m)	Ad
buque	262	28	7336
enquilladura	2	0,83	1,37614
pala	13	1,4	18,2
helice	1,5	2	3
$\Sigma =$	278,158	$\Sigma =$	7358,57614
		d(m)=	26,45

Fuente: Elaboración Propia

Como se puede ver en la tabla superior, el centroide del total de área está ubicado a 26.45 metros del extremo de popa, de los cálculos de estabilidad realizado en el cuadernillo 4 se obtiene que el LCF y el LCB están ubicados a 24.487 y 26.787 metros respectivamente, por lo que podemos asegurar que nuestro centroide de área está ubicado dentro del rango adecuado.

A continuación se presenta la sección de popa de la embarcación, mostrando ubicados los valores antes mencionados.

Figura No. 100.- Analisis de plano diametral



Fuente: Elaboración Propia

Para cumplir los criterios de Maniobrabilidad es necesario cumplir con los estándares de ABS para maniobrabilidad como se indica en [27]. Estos estándares están relacionados con el diseño del timón, este cálculo se presenta en los anexos. La siguiente tabla muestra los criterios a comprobar para que se pueda cumplir con la maniobrabilidad.

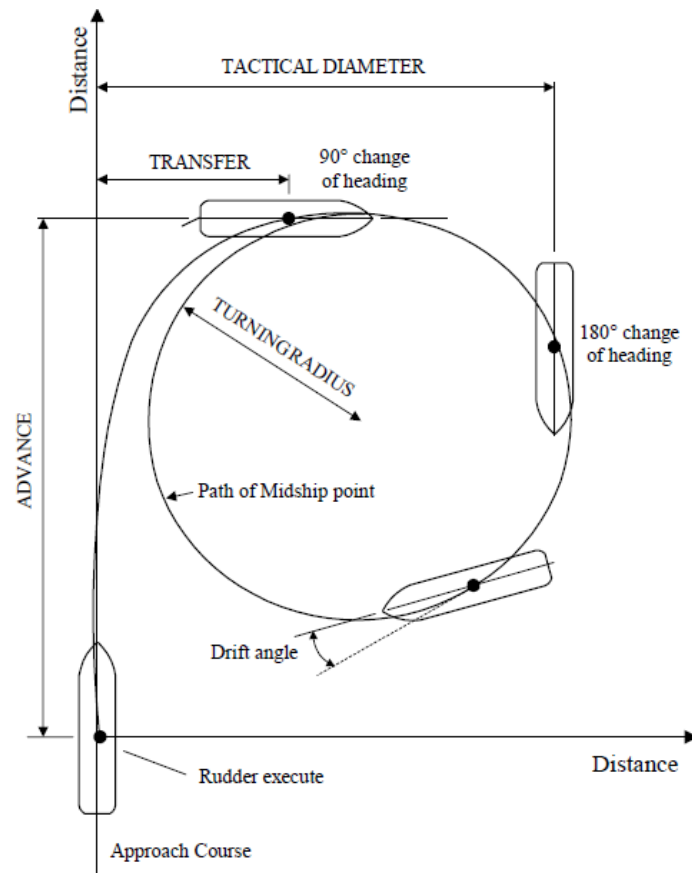
Tabla CLXXVI.- Criterios de Maniobrabilidad

Medida de Maniobrabilidad	Creiterios	Maniobra	IMO Estándar	Requerimiento de la guía ABS
Requerimiento para notación de clase opcional				
Abilidad para virar	Diametro tactico	Giro Circular	TD<5L	Calificado ≥1
	Avance		Ad<4.5L	No calificado Ad<4.5L
Cambio deCurso y comprobación de guiñada	Primer angulo excedente	10/10 Zig-Zag	$\alpha_{10} \leq f_{101}(L/V)$	calificado Rt α ≥ 1
	Segundo Angulo excedente		$\alpha_{10} \leq f_{102}(L/V)$	No calificado $\alpha_{10} < f_{102}(L/V)$
	Primer angulo excedente	20/20 Zig-Zag	$\alpha_{20} \leq 25$	calificado Rt α ≥ 1
Habilidad Inicial para girar	Distancia viajada despues de cambiar el curso 10°	10/10 zig-zag	l10<2.5L	calificado Rt α ≥ 1
Habilidad de parada	pista de alcance	parada brusca	TR<15L	No calificado TR<15L
			Ninguna	Calificado Rts ≥ 1
Recomendado, no requerido por Notación de clase opcional				
Habilidad para mantenerel curso y estabilidad	Rango de giro residual	prueba de tirada	r=0	No calificado r=0
	anchura de bucle de estabilidad	Espiral Simplificada	$\alpha \leq f(L/V)$	No calificado $\alpha \leq f(L/V)$

FUENTE: REFERENCIA [27]

La siguiente imagen muestra los valores que deben ser analizados en este sub capitulo.

Figura No. 101.- Datos a comprobar en maniobrabilidad



Fuente: Referencia [2]

3.7.2 Optimización

Puesto que lo que se desea es que el valor de la maniobrabilidad sea mayor o igual 2.5, el rating será nuestra función objetivo. Se variarán los valores del área del timón y el ángulo del timón puesto que son los únicos datos con los que se puede jugar, hay que tener en cuenta que la variación de

estos valores tiene sus propias restricciones. A continuación se presentan los datos de entrada del programa y los criterios evaluados.

Tabla CLXXVII.- Datos de entrada para el análisis de maniobrabilidad

	Dimensiones optimizadas
LPP [m]	52.86
B [m]	11.00
T [m]	5.05
TRI [m]	0
CB	0.56
AR [m]	4.48
AB [m]	8.25
V [m/s]	6.43
DELR[°]	30

Fuente: Elaboración Propia

Las ecuaciones para realizar los cálculos de diámetro táctico y diámetro de giro son expresadas en la referencia [2]. A continuación se presentan los valores obtenidos con ayuda de las ecuaciones mostradas en la referencia.

Tabla CLXXVIII.- Resultados obtenidos

DIAMETRO DE GIRO [m]	DG	236.1
DIAMETRO TACTICO [m]	DT	261.48
AVANCE [m]	ADVC	206.0
CAIDA DE TRANSFERENCIA [m]	TRANS	126.5

Fuente: Elaboración Propia

Dentro de estos valores hay ciertas condiciones, estas son:

- Diámetro Táctico no debe ser mayor que 5 veces la eslora entre perpendiculares.

$$261.48 \leq 5 * 52.86$$

$$261.48 \leq 264.3$$

Al cumplirse esta condición decimos que el diámetro táctico pasa a prueba.

- El Avance no debe ser mayor que 4.5 veces la eslora entre perpendiculares.

$$206 \leq 4.5 * 52.86$$

$$261.48 \leq 237.87$$

Al cumplirse estas dos propiedades podemos continuar con la comprobación de los criterios.

3.7.2.1 Criterio para el diámetro táctico

La siguiente tabla muestra los criterios que se deben considerar para el análisis del diámetro táctico, como se indica en [27].

Tabla CLXXIX.- Criterios para comprobar el rating del diámetro táctico

CRITERIO PARA EVALUAR EL DIAMETRO TACTICO (TD= 405.63 [m])			
CRITERIO	COMPROBACION		EVALUACION
$(4.26 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq 5 \cdot L$	$368.22 < 261.48 \leq 264.3$	n o	Rtd = 1
$(3.63 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq (4.26 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	$313 < 261.48 \leq 368.22$	N O	Rtd = 2

$(2.79 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq (3.63 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	$239.37 < 261.48 \leq 313$	si	Rtd = 3
$(2.16 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L < TD \leq (2.79 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L$	$184.15 < 261.48 \leq 239.37$	N O	Rtd = 4
$(2.16 - 1.62 \cdot 10^{-6} \Delta) \cdot L > TD$	$184.15 > 261.48$	N O	Rtd = 5

FUENTE: REFERENCIA [27]

3.7.2.2 Criterio para Primer ángulo de rebasamiento

La ecuación para determinar el primer ángulo de rebasamiento, se indica en [24] es la siguiente:

$$\alpha 10^\circ = 2.33 * DELR * \left(\frac{(Cb*B)}{Lpp} + 0.1 \right) \quad (138)$$

$$\alpha 10^\circ = 15.14$$

Tabla CLXXX.- Primer ángulo de rebasamiento

CRITERIO PARA EVALUAR EL PRIMER ANGULO DE REBASAMIENTO ($\alpha_{101} = 13.38$)			
CRITERIO	COMPROBACION		EVALUACION
$10.04 + 2.22Cb < \alpha_{101} \leq f_{101}(L/V)$	$11.28 < 15.14 < 15.14$	n o	R α_{10} = 1
$7.42 + 2.22Cb < \alpha_{101} \leq 10.04 + 2.22Cb$	$8.66 < 15.14 \leq 11.28$	si	R α_{10} = 2

FUENTE: REFERENCIA [24]

3.7.2.3 Criterio para el segundo ángulo de rebasamiento

La ecuación para determinar el segundo ángulo de rebasamiento es:

$$\alpha_{10^\circ} = 14.29 * DELR * \left(\frac{(Cb*B)}{Lpp} - 0.047 \right) \quad (139)$$

$$\alpha_{10^\circ} = 29.81$$

Tabla CLXXXI.- Segunda Prueba del primer ángulo de rebasamiento

CRITERIO PARA EVALUAR EL PRIMER ANGULO DE REBASAMIENTO ($\alpha_{20} = 27.45 [^\circ]$)			
CRITERIO	COMPROBACION		EVALUACION
$20.09 + 4.44Cb < \alpha_{201} \leq 30$	$22.58 < 29.81 \leq 30$	si	R$\alpha_{20} = 1$
$14.84 + 4.44Cb < \alpha_{201} \leq 20.09 + 4.44Cb$	$17.33 < 29.81 \leq 22.58$	N O	R $\alpha_{20} = 2$
$7.84 + 4.44Cb < \alpha_{201} \leq 14.84 + 4.44Cb$	$10.33 < 29.81 \leq 17.33$	N O	R $\alpha_{20} = 3$
$2.59 + 4.44Cb < \alpha_{201} \leq 7.84 + 4.44Cb$	$5.08 < 29.81 \leq 10.33$	N O	R $\alpha_{20} = 4$
$\alpha_{201} \leq 2.59 + 4.44Cb$	$29.81 \leq 5.08$	no	R $\alpha_{20} = 5$

FUENTE: REFERENCIA [24]

Después de realizar esta comprobación se obtiene un valor promedio para determinar el rating de esta prueba.

Tabla CLXXXII.- Rating del primer ángulo de rebasamiento

Resultante de la calificación a los ángulos de rebasamiento	
R α_{10}	2
R α_{20}	1
R$\alpha = 0.5(R\alpha_{10} + R\alpha_{20})$	1.5

FUENTE: REFERENCIA [24]

3.7.2.4 Criterio para facilidad de parada

El criterio de facilidad de parada se explica en la referencia [24], a continuación se muestran los datos de entrada para el análisis, y los resultados de los análisis del criterio.

Tabla CLXXXIII.- Datos de entrada para el cálculo de facilidad de parada

FACILIDAD DE PARADA		
PP	Parámetro de potencia	463.41
V	velocidad en nudos	12.7
DISW	desplazamiento muerto [ton]	1786.00
Pot	Potencia [hp]	2548
PBA	máxima potencia [hp]	891.8
DP	Diámetro del propulsor [m]	2.70
RH	distancia recorrida [m]	345.79
LPP	Eslora entre perpendiculares [m]	52.86
Δ	desplazamiento	1786.00
g	gravedad m/seg ²	9.807
Fn	Numero de froud	0.29

FUENTE: REFERENCIA [27]

Tabla CLXXXIV.- Valor a comparar con los criterios

HR/LPP
6.54

FUENTE: REFERENCIA [27]

Tabla CLXXXV.- Verificación del rating

CRITERIO PARA EVALUAR LA FACILIDAD DE PARADA			
CRITERIO	COMPROBACION		EVALUACION
$F_n(64.9 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L$	$18.91 < 6.54$	N O	Rts = 1
$F_n(56.2 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(64.9 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$16.41 < 6.54 \leq 18.91$	N O	Rts = 2
$F_n(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(56.2 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$8.81 < 6.54 \leq 16.41$	N O	Rts = 3
$F_n(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$5.01 < 6.54 \leq 8.81$	SI	Rts = 4
$HR/L \leq F_n(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta)$	$6.54 \leq 5.01$	N O	Rts = 5

FUENTE: REFERENCIA [27]

3.7.2.5 Criterio para evaluar la capacidad de giro Inicial

Finalmente se verifica la capacidad de giro inicial de la embarcación, a continuación se muestran los criterios a considerar en el análisis.

Tabla CLXXXVI.- Criterios para evaluar la capacidad de giro inicial

Criterio para evaluar la capacidad de giro inicial			
Criterio	Comprobación		Rating
$2.24L < l_0 \leq 2.5L$	$118.4064 < 108.8916 \leq 132.15$	NO	1
$2.07 < l_0 \leq 2.24L$	$109.4202 < 108.8916 \leq 118.4064$	NO	2
$1.89L < l_0 \leq 2.07L$	$99.9054 < 108.8916 \leq 109.4202$	SI	3
$1.63 < l_0 \leq 1.89L$	$86.1618 < 108.8916 \leq 99.9054$	NO	4
$l_0 \leq 1.63L$	$108.8916 \leq 86.1618$	NO	5

FUENTE: REFERENCIA [27]

Una vez realizadas estas comprobaciones se puede verificar el rating de la embarcación este valor debe ser mayor a 2.5. Si la embarcación no tiene el rating necesario entonces se debe cambiar el diseño del timón.

3.7.3 Rating de la embarcación

Una vez realizados los cálculos se analiza el rating de la embarcación, como se indica en la referencia [27], para determinar si la embarcación tiene buenas condiciones de maniobrabilidad.

Tabla CLXXXVII.- Rating de la embarcación

EVALUACION DE MANIOBRABILIDAD						
MEDIDAS DE MANIOBRABILIDAD	CRITERIOS Y ESTANDAR	MANIOBR A	INDICES DE MANIOBRA OBTENIDOS	NORMAS OMI	REQUISIT O ABS	REQUISIT O ABS
CAPACIDAD DE GIRO	DIAMETRO TACTICO	261.7	$239.37 < 261.66 \leq 313$	TD <5L	3	Rated Rtd ≥ 1
	AVANCE	206.1	$206.11 < 237.87$	Ad<4.5L	Pasado	Not rated Ad < 4.5L
CAMBIO DE RUMBO	PRIMER ANGULO DE REBASAMIENT O PRUEBA ZIG-ZAG 10/10	15.14	$11.28 < 15.14 < 15.14$	$\alpha_{101} \leq f_{101}(L/V)$	Rt$\alpha_{10} = 1$	Rated Rt $\alpha_{10} \geq 1$
	SEGUNDO ANGULO DE REBASAMIENT O ZIG-ZAG 10/10	29.81	$13.38 < 27.45$	$\alpha_{102} < f_{102}(L/V)$	Pasado	Not rated $\alpha_{102} < f_{102}(L/V)$
	PRIMER ANGULO DE REBASAMIENT O PRUEBA ZIG-ZAG 20/20	20	$22.58 < 29.81 \leq 30$	$\alpha_{201} \leq 25$	Rt$\alpha_{20} = 1$	Rated Rt $\alpha_{20} \geq 1$
	Resultante de la calificación a los ángulos de rebasamiento					1

CAPACIDAD DE GIRO INICIAL	CAPACIDAD DE RECORRIDA ANTES DE HACER UN CAMBIO DE 10 GRADOS DE CURSO		$I10 \leq 132.15$	$I10 \leq 2.5L$	3	Rated Rti \geq 1
CAPACIDAD DE PARAR	SEGUIMIENTO DE ALCANCE		$463.41 \leq 1057.2$	$TR < 20L$	Pasado	Not rated $TR < 20L$ (1)
	JEFE DE ALCANCE		$5.01 < 6.54 \leq 8.81$	$F_n(16.6 + 0.000139 \cdot \Delta) < HR/L \leq F_n(29.8 + 0.000139 \cdot \Delta)$	4	Rated Rts \geq 1
RESULTADO RATING					2.75	

FUENTE: REFERENCIA [27]

Como se puede ver, el rating de la embarcación es mayor a 2.5 que es el valor que se debe superar para que la embarcación sea avalada por la clase.

3.7.4 Dimensiones del Timón

El timón se ha diseñado acorde a las regulaciones dadas, en la documentación.

Tabla CLXXXVIII.- Dimensiones del timón

TIMÓN	
ÁREA PROYECTADA [m ²]	4.48
ALTURA DEL CODASTE [m]	3.20
H codaste-timón [m]	0.10
H timón - línea base [m]	0.20
H timón [m]	2.90
Cuerda [m]	1.54
relación de aspecto [1.4-2]	1.88

Fuente: Elaboración Propia

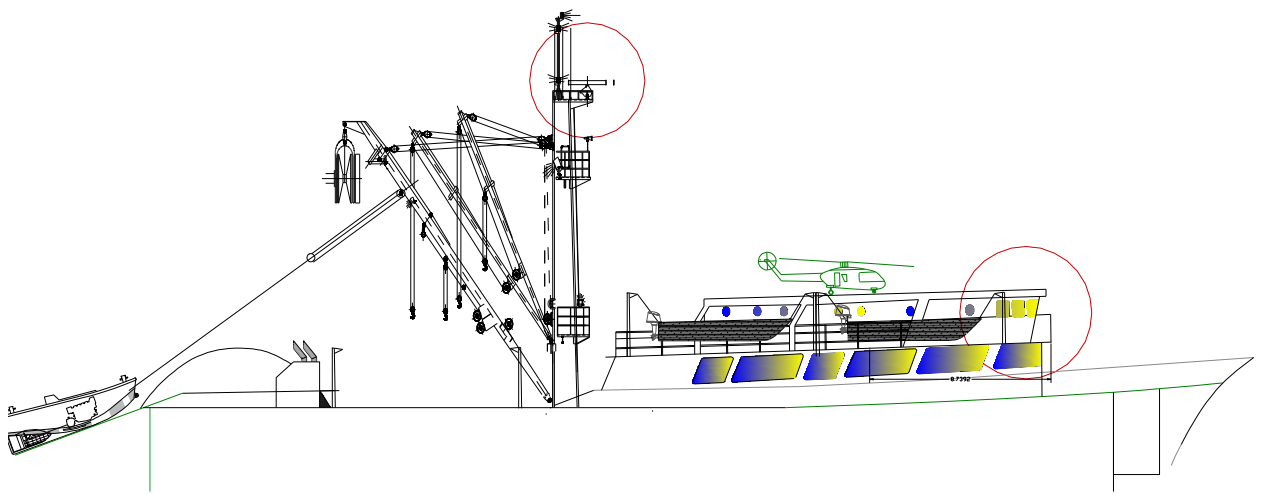
3.8 Análisis de comportamiento del buque en el mar.

Para este análisis se utilizó el software Max surf, en su módulo “Motions Avanced” o más conocido como “Seakeeper”.

A continuación se muestran los lugares en los que se produciría la mayor aceleración, dichos lugares son muy frecuentados por los tripulantes:

Extremo del Mástil para identificar manchas de peces y el puente de Gobierno:

Figura 6.- Zonas de análisis de aceleración vertical



Fuente: Elaboración Propia

Las coordenadas de dichos lugares fueron ingresados en Maxsurf:

Lugares Críticos

Tabla CLXXXIX .-Ingreso de Datos en “Motions Avanced”

12, 12,1 kn Ola en proa, 3,142 rad estado mar 5 (JONSWAP: 9,696 s, 3) Mastil Section 1 0,400 rad/s All Panels											
	Name	Long. Pos. [m]	Offset [m]	Height [m]	Long. Pos. fro	Offset from CG	Height from CG	MI slide frictio	MI tip fore/aft.	MI tip side/sid	Exposure time
1	Mastil	26,65	0,00	24,65	-0,08	0,00	20,31	0,70	0,17	0,25	120
2	Puente	40,87	0,00	12,96	14,14	0,00	8,62	0,70	0,17	0,25	120

Fuente: Elaboración Propia

Luego se ingresó un rango de velocidades y los tipos de estado de mar en el que navegara nuestra nave. Así mismo la altura significativa fue calculada como lo explica la referencia [18]:

Espectro de la Ola

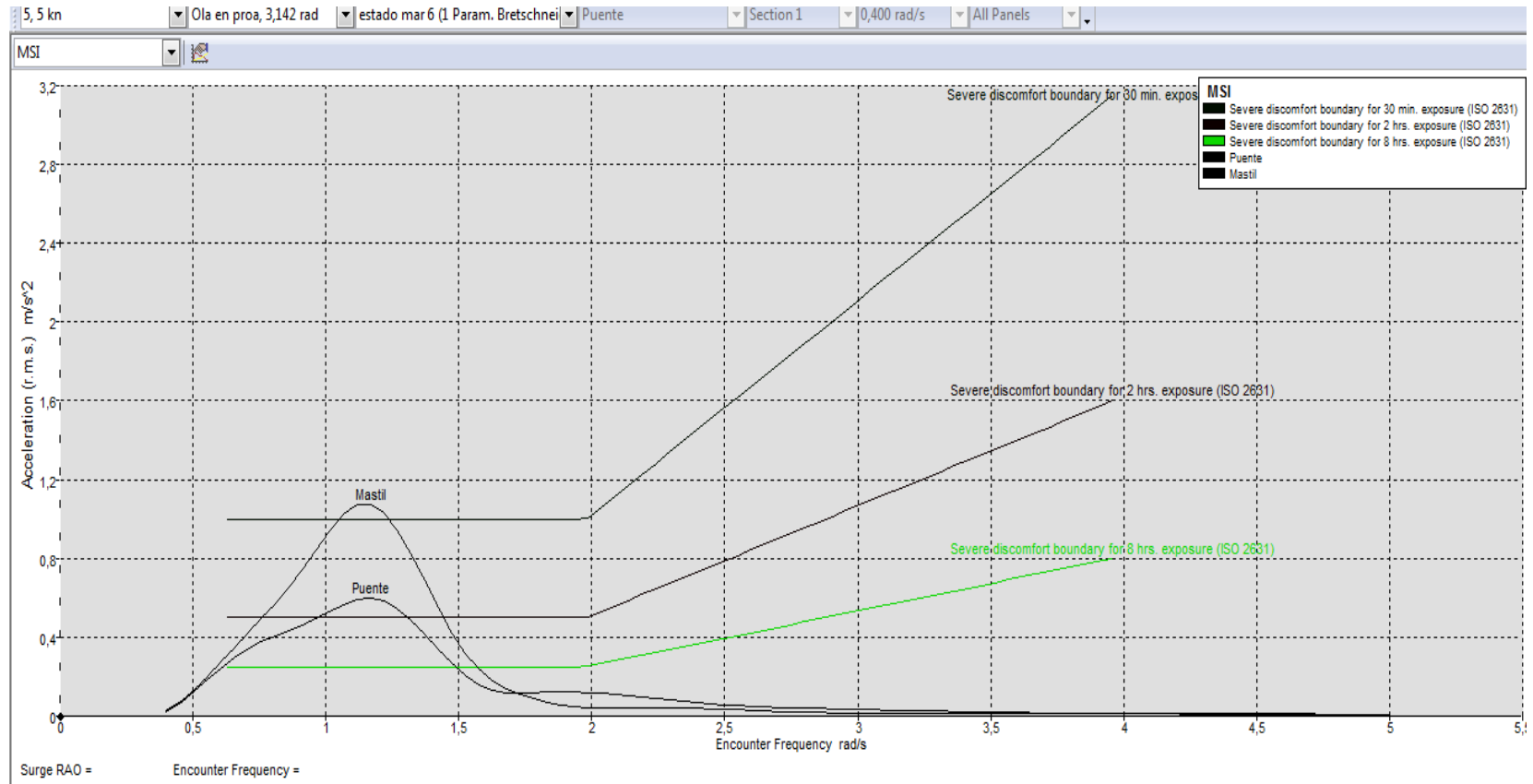
Tabla CXC.- Ingreso de datos para el Espectro de la Ola

5, 5 kn Ola en proa, 3,142 rad estado mar 6 (1 Param. Bretschnei) Puente Se							
	Name	Type	Char. height [m]	Modal period [Average period	Zero crossing	Peak enhance
1	estado mar 3	JONSWAP	0,900	7,494 s	6,275 s	5,906 s	3,30
2	estado mar 4	JONSWAP	1,900	8,791 s	7,361 s	6,928 s	3,30
3	estado mar 5	JONSWAP	3,300	9,692 s	8,116 s	7,638 s	3,30
4	estado mar 6	1 Param. Bret	5,000	11,188 s	8,644 s	7,997 s	1,00

Fuente: Elaboración Propia

A continuación se muestran los resultados obtenidos del software

Figura 7.- Grafica aceleración vs Frecuencia de Encuentro



Fuente: Elaboración Propia

El gráfico nos muestra el resultado para la peor condición, que es el estado de mar 6, donde el a 3 nudos es muy difícil estar más de 30 min en el mástil.

En el puente de mando se puede estar poco menos de 2 horas en este estado de mar.

3.9 Análisis de resultados obtenidos

En este capítulo se obtuvo el diseño definitivo de la embarcación, optimizando los costos constructivos y operativos de la Nave

Las formas de la embarcación fueron optimizadas, de tal forma que la resistencia al avance produjo una disminución en potencia requerida y por ende el consumo de combustible, mejorando en un 2 % este valor.

Se escantilona una embarcación la cual en el conjunto posía una frecuencia Natural mayor a 16 Hz.

Se ha definido una dotación de 19 tripulantes en la embarcación, según lo establecido por la autoridad marítima Ecuatoriana [12].

Se logró optimizar los espacios habitables, y un buen aislamiento contra incendio y ruido para la seguridad a bordo de la tripulación, siguiendo todo lo establecido por Solas.

Se Optimizaron las dimensiones de la hélice, obteniendo una eficiencia propulsiva de 0.67.

Se hizo el análisis de la resistencia al avance, utilizando Softwares de Simulación (ANSYS), del que se comprueba que la tendencia de la curva de resistencia sigue el mismo patrón que la Resistencia Calculada en los métodos propuestos por NAVCAD y HOLTROP.

Para el cálculo de maniobrabilidad se obtuvo un Rating de 2,75, siendo Superior al de este tipo de embarcaciones que es 2,5.

Capítulo IV

4 Producción y análisis económico

En este capítulo analizaremos los pro y contra de la embarcación que se propone construir.

Se realizara un análisis Económico, aplicando métodos estadísticos y de toma de decisiones, los cuales se proponen a continuación:

4.1 Estimación de costos

4.1.1 Costos por Estructura

Una vez obtenida las características de los refuerzos y Planchaje calcularemos el hombre –hora (H-H) para calcular el costo y tiempo en el que se realizara la construcción de nuestro bloque, así como de la estructura de la embarcación.

Tomadas de la referencia [20], las siguientes tablas muestran los H-H por mm de espesor:

Tabla CXCl.- Tabla de H-H según espesor de Planchaje

Espesor de plancha (mm)	Hombre hora por tonelada
8	250
10	245
12.5	240
16	230
18	220
20	200

[Fuente: Elaboración Propia]

Tabla CXCII.- Corrección H-H por curvatura

Corrección por curvatura	Factor de incremento
simple	1.2
doble	1.3

Fuente: Elaboración Propia

La siguiente grafica muestra la corrección al H-H según la localización de la pieza estructural:

Tabla CXCIII.- Corrección de H-H por ubicación interna

Corrección por locación- externo	factor de incremento
lado plano vertical por encima de 2 metros en altura y requiere aspectos de acceso	1.1
Forro del fondo. áreas accesibles	1.12
plancha de quilla	1.4
placas de apertura	1.25
traca de pantoque	1.25
plancha de cubierta	1.15

[Fuente: Elaboración Propia]

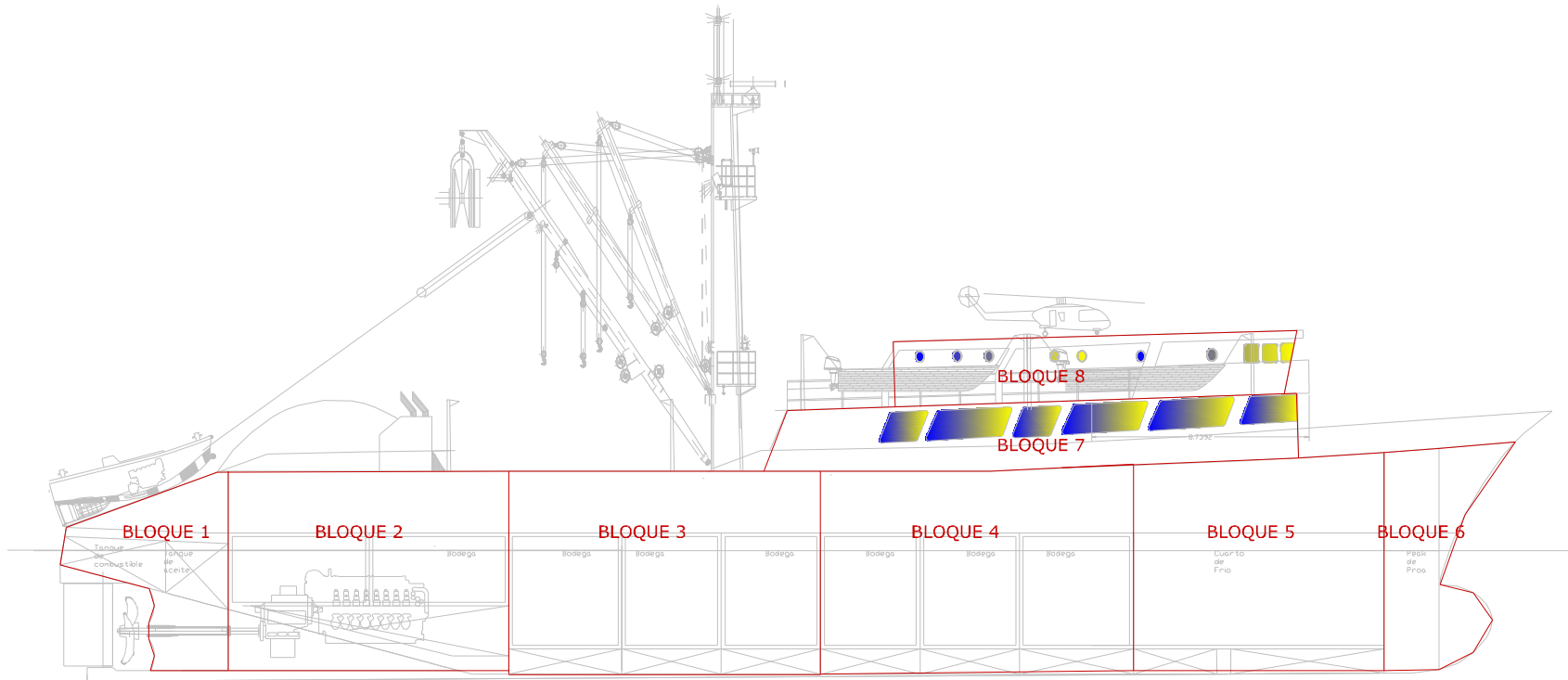
Tabla CXCIV.- Corrección H-H por ubicación externa

corrección por locación - interno	factor de incremento
mamparo	1.2
longitudinales/ transversales por encima de DB áreas	1.25
longitudinales/ transversales por debajo de DB áreas	1.35

[Fuente: Elaboración Propia]

Para calcular el costo de construcción se han dividido en bloques, las estructuras de la embarcación.

Figura No. 102.- División de Bloques para Cálculos estructurales



[Fuente: Elaboración Propia]

A continuación se presentaran los valores de H-H de acuerdo al
Bloque 3

Tabla CXC.V.- Calculo de H-H de un bloque del Buque atunero

Tipo de Estructura	Peso (Ton)	Hbr-h/Kg	Factor de correccion por curvatura	Factor de correccion por localizacion externa	Factor de correccion por localizacion interna	Hbr-h
Mamparos estancos	5,40	245,00	1,00	1,00	1,20	1587,15
Mamparos de bodegas	4,36	245,00	1,00	1,00	1,20	1281,59
Cubierta Superior	7,60	250,00	1,00	1,15	1,00	2183,98
Cubierta principal	7,60	240,00	1,00	1,15	1,00	2096,62
Doble fondo	9,50	245,00	1,00	1,12	1,00	2606,05
Fondo	9,50	245,00	1,00	1,12	1,00	2606,05
Costados	7,06	245,00	1,20	1,10	1,00	2281,62
Refuerzos de fondo	24,47	240,00	1,00	1,40	1,00	8222,67
Refuerzos Costado	15,87	240,00	1,20	1,20	1,00	5484,63
Refuerzos Cubierta principal	24,47	240,00	1,00	1,15	1,00	6753,86
Refuerzos Cubierta Superior	23,99	240,00	1,00	1,00	1,00	5758,23
Refuerzos Mamparos	12,22	240,00	1,00	1,00	1,20	3519,23
Refuerzos de Mamparos de bodegas	5,15	240,00	1,00	1,00	1,20	1483,13
Puntales	0,04	240,00	1,00	1,00	1,00	10,02
Peso del Bloque	157,22				Suma:	45874,85

Fuente: Elaboración Propia

Para este bloque se obtuvo un hombre hora de 45874,84 H-H, una vez obtenido esto realizamos en cálculo del H-H de Mano de Obra y personal administrativo:

Tabla CXCVI.- Calculo de H-H al mes

Personal Productivo									
		# Personal	[\$/mes]	[\$/mes]t	MRL (%)	[\$]	TIPO	No TOTAL	[\$]
Maestros		10	1000	10000	30	13000	VARIABLE	19	24700
Tecnicos		20	800	16000	30	20800	VARIABLE	37	38480
Ayudantes		25	650	16250	30	21125	VARIABLE	46	38870
Maestros de obra		1	1500	1500	30	1950	VARIABLE	2	3900
Subtotal		56				56875		104	105950

Fuente: Elaboración Propia

H-H	16640	Este es el H-H productivo al mes.
-----	-------	-----------------------------------

Por lo tanto si dividimos el H-H de material/H-H productivo obtendremos el tiempo en meses en el que se terminara este bloque; para nuestro caso se concluirá en 2,75 meses

A continuación el Costo por personal Administrativo:

Tabla CXCVII Calculo del costo por personal administrativo

Personal Administrativo									
		# Personal	[\$/mes]	[\$/mes]t	MRL (%)	[\$]	TIPO	No TOTAL	\$
Bodeguero		4	500	2000	30	2600	VARIABLE	8	5200
Seguridad		7	700	4900	30	6370	VARIABLE	13	11830
Secretarias		4	750	3000	30	3900	FIJO	4	3900
Ingenieros de obras		5	1800	9000	30	11700	VARIABLE	10	23400
Gerente de proyectos		1	2500	2500	30	3250	FIJO	1	3250
Vicepresidente de proyec		1	2800	2800	30	3640	FIJO	1	3640
Presidente de proyectos		1	3000	3000	30	3900	FIJO	1	3900
Subtotal		23				35360		38	55120

Fuente: Elaboración Propia

Luego se procede a calcular el costo por insumos y la utilidad:

Tabla CXCVIII.-Calculo del costo Neto de H-H

ITEM	\$ ROL	SUBTOTAL	HH
ROL MENSUAL PLANTEL PROD.	\$ 105.950,00		
ROL MENSUAL PLANTEL ADM.	\$ 55.120,00		
TOTAL POR PAGAR EN ROL		\$ 161.070,00	
GASTOS ADICIONALES/MES			
SERVICIOS	\$ 3.000,00		
COMUNICACION	\$ 2.500,00		
PAPELERIA	\$ 2.500,00		
HABILITACION	\$ 8.000,00		
TOTAL GASTOS ADI.CIONALES/MES		\$ 16.000,00	
TOTAL DE GASTOS GENERALES		\$ 177.070,00	
UTILIDAD BRUTA	20%	\$ 35.414,00	
TOTAL DE GASTOS MO PROYECTO		\$ 212.484,00	
HH PROYECTO/MES			16640
COSTO NETO HH	\$ 12,77		

Fuente: Elaboración Propia

Como resultado tenemos un costo de 12,77 \$/H-H

Al reemplazar este resultado en la función Objetivo obtendremos que:

$$C_{Bloque}(\$) = \left(\frac{\$}{H - H} \right) * H - H(material) \quad (139)$$

Lo que nos da un valor de: \$585797,5597 para el bloque de sección media.

Costo Total de la embarcación

Una vez realizado el cálculo para un bloque, realizamos un cálculo similar para los otros 7 bloques restantes, cabe recalcar que la zona de proa tiene un cálculo de espesor de planchaje diferente que al de las otras secciones, esto debido a que en esta zona las presiones se incrementan y los espesores regularmente cambian a diferencia de las otras zonas de la embarcación.

En cuanto a costo la embarcación encarece mientras más se aproxima a la proa, ya que las dobles curvaturas y formas complejas hacen que el H-H sea mayor en este sector que en zonas como sección media o superestructura.

A continuación presentaremos un resumen de los costos y pesos de cada bloque, así como el costo total de todos los bloques:

Tabla CXCIX.- Calculo del costo total de la estructura del buque atunero

Calculo del peso y costo del buque

item	Peso(ton)	H-H	\$/H-H	\$
BLOQUE 1	58.37	16955.01	9.38	159019.49
BLOQUE 2	112.66	41498.06	9.38	389206.45
BLOQUE 3	157.22	45874.85	12.77	585797.56
BLOQUE 4	78.06	28404.75	9.38	266405.53
BLOQUE 5	79.23	29013.53	9.38	272115.19

BLOQUE 6	28.26	8095.65	9.38	75928.36
BLOQUE 7	36.90	10914.79	9.38	102368.83
BLOQUE 8	16.36	4915.83	9.38	46105.13
total	567.05	204239.74		1896946.54

Fuente: Elaboración Propia

Tabla CC.- Costo de construcción por tonelada

PRESUPUESTO GENERAL DE CONSTRUCCION				
ITEM	CTD.	\$/TON	VALOR	SUBTOTAL
ESTRUCTURA				\$ 561.381,33
MATERIAL	567,0518498	\$ 900,00	\$ 510.346,66	
MISCELANEOS	56,70518498	\$ 900,00	\$ 51.034,67	
INSUMOS				\$ 85.057,78
OXIGENO	22,68207399	\$ 900,00	\$ 20.413,87	
SOLDADURA	28,35259249	\$ 1.000,00	\$ 28.352,59	
FUNGIBLES	45,36414798	\$ 800,00	\$ 36.291,32	
MANO DE OBRA	204239,7407	\$ 12,77	\$ 2.608.033,48	\$ 2.608.033,48
INSUMOS				\$ 299.580,00
EQUIPOS GRANDES	2	\$ 14.400,00	\$ 28.800,00	
EQUIPOS MEDIANOS	24	\$ 6.000,00	\$ 144.000,00	
Alquiler de Parrilla	300		\$ 109.500,00	
MAQ-HERRALIENTAS	12	\$ 1.440,00	\$ 17.280,00	
TOTAL PRESUPUESTO				\$ 3.554.052,59
COSTO DE CONSTRUCCION POR Ton				\$ 6.267,60

Fuente: Elaboración Propia

El valor calculado para la estructura de esta embarcación es de \$3'554.052,59 , para saber qué tan alejado de la realidad se encuentra este valor, utilizamos un Avalúo realizado a una embarcación atunera de Bandera Ecuatoriana de 64,3m de eslora [21] la cual tiene un Valor de Realización Nuevo de Casco y

Superestructura de \$4400000, lo que nos indica una buena aproximación del Cálculo realizado.

4.1.2 Costo por otros grupos o sistemas

Mediante formulación de la referencia [43], calcularemos el costo de inversión de la embarcación, sumando los costos de cada grupo tecnológico y según el hombre hora estimado en cada situación.

$$Q = C_h + C_E + C_M + GE + S + EC \quad (140)$$

Q= Costo de Adquisición de la nave

C_h= Costo del Casco

C_E= Costo de equipos (outfitting y equipos sobre cubierta)

C_M= Costo de Maquinaria

S= Ganancia del Constructor de la nave

EC= Costos extras

4.1.2.1 Costos del Casco

$$C_h = C_{Ac} + C_{Fc} \quad (141)$$

C_{Ac}= Costo de Materiales

C_{Fc}= Costo de producción

$$C_{Ac} = P_c \cdot m_c \quad (142)$$

$$C_F = 2608141$$

$$\begin{aligned} H_{hc} &= 204239,7 \\ m_{Hh} &= 12,77 \end{aligned}$$

Pc= peso del Casco

mc= \$/ton

$$CF_C = H_{hc} \cdot m_{Hh} \quad (143)$$

Hhc=Numero de H/h necesario

m_{Hh}=Unidad de costo \$/Hh

Reemplazando Valores en las ecuaciones tenemos que:

$$\begin{aligned} C_c &= 3114562 \\ C_{Ac} &= 506421 \\ C_{Fc} &= 2608141 \\ P_c &= 562,69 \\ m_c &= 900 \end{aligned}$$

4.1.2.2 Costo de equipos

$$C_E = P_E^{0,95} + m_E + CF_E \quad (144)$$

PE=Peso de los equipos

ME=Costo de Instalación de equipos en \$/Ton

CFE=Costo de instalación de equipos

$$CF_E = Hh_E \cdot m_{hH} \quad (145)$$

$$Hh_E = Z \cdot L \cdot B^{1/2}$$

Z=Coeficiente, 350 para embarcaciones no sofisticadas.

L= Eslora de la embarcación

B= Manga de la embarcación.

Tabla CCI.- Datos para el cálculo

CE=	1872622,08
PE=	172,15
mE=	3500
CFE=	1406843,27
HhE=	70342,16
mHlt=	20
HhE=	70342,16
Z=	350
L=	61
B=	11,34

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.3 Costo de Maquinaria

$$CM = 1,6 * \left(\frac{PB}{100}\right)^{0,82} * m_M + CF_M \quad (146)$$

PB=Potencia de la planta propulsora en Kw

mM= Costo de la maquinaria en \$/Kw.

CF_M= costo de instalación y alineamiento de maquinaria

Tabla CCII.- Costo de maquinaria

CM=	867803,676
PB=	410
mM=	450
CFM	865513,783

Fuente: Elaboración Propia

4.1.2.4 Ganancia del Constructor o Astillero

Estos gastos Generales según la referencia [43] representan el 90% del costo total del coste laboral.

Este valor ya fue expresado en 4.1.1.

$$GE = \$ 2'608.033$$

4.1.2.5 Costos extras

Estos costos extras según la referencia [43] representan el 5% del costo total del coste laboral.

Este valor ya fue expresado en 4.1.1.

$$EC = \$16.000$$

Finalmente utilizando la ecuación 140

Tendremos el costo Q para la construcción de la embarcación:

Tabla CCIII.- Costos Extras

Q=	8778602
Ch=	3114562
CE=	1872622
CM=	867803,7
GE=	2608033
S=	299580
EC=	16000

Fuente: Elaboración Propia

4.2 Factibilidad de proyecto

En esta sección analizaremos la factibilidad, si es rentable o no realizar este proyecto, tomando en cuenta el valor inicial que, para nuestro caso será costado por una institución financiera cualquiera.

4.2.1 Amortización del proyecto

El presupuesto que se calcula para este proyecto será de:

\$ 9.962.001,71

Este valor toma en cuenta los gastos por construcción, Costo operativo y el presupuesto para poner en marcha la embarcación por primera vez

Los Datos de entrada que tendremos para este cálculo son los siguientes:

Tabla CCIV.- Datos de Entrada para amortización del Proyecto

Variable	Datos	Resultado
Valor Préstamo(VP)	\$ 9.962.001,71	
Numero de periodos (NPER)	12	
VF		
PAGO		\$ 873.503,29

IP	0,79%	
Numero de Capitalizaciones (K)	12	
Tasa Nominal (TN)	9,50%	

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CCV.- Tabla de Amortizacion del Proyecto

Periodo	Saldo Inicial	Intereses	Cuota	Amortización	Saldo Final
1	\$9.962.001,71	\$78.865,85	\$909.032,66	\$830.166,81	\$9.131.834,90
2	\$ 9.131.834,9	\$ 72.293,6	\$ 902.460,5	\$ 830.166,8	\$ 8.301.668,0
3	\$ 8.301.668,0	\$ 65.721,5	\$ 895.888,3	\$ 830.166,8	\$ 7.471.501,2
4	\$ 7.471.501,2	\$ 59.149,3	\$ 889.316,1	\$ 830.166,8	\$ 6.641.334,4
5	\$ 6.641.334,4	\$ 52.577,2	\$ 882.744,0	\$ 830.166,8	\$ 5.811.167,6
6	\$ 5.811.167,6	\$ 46.005,0	\$ 876.171,8	\$ 830.166,8	\$ 4.981.000,8
7	\$ 4.981.000,8	\$ 39.432,9	\$ 869.599,7	\$ 830.166,8	\$ 4.150.834,0
8	\$ 4.150.834,0	\$ 32.860,7	\$ 863.027,5	\$ 830.166,8	\$ 3.320.667,2
9	\$ 3.320.667,2	\$ 26.288,6	\$ 856.455,4	\$ 830.166,8	\$2.490.500,4
10	\$ 2.490.500,4	\$ 19.716,4	\$ 849.883,2	\$ 830.166,8	\$ 1.660.333,6
11	\$ 1.660.333,6	\$ 13.144,3	\$ 843.311,1	\$ 830.166,8	\$ 830.166,8
12	\$ 830.166,81	\$ 6.572,15	\$ 836.738,9	\$ 830.166,8	\$ 0,00

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CCVI.- Tabla de Resultados de valores a Pagar

Préstamo	\$ 9.962.001,71
Total de Intereses pagados	\$ 512.628,00
Total Pagado	\$ 10.474.629,71

Fuente: Elaboracion Propia

Calculo del Van y TIR [41]

El cálculo del VAN (valor actual neto) y TIR (tasa interna de retorno) se lo realiza para determinar la rentabilidad, viabilidad de uno o más proyectos a la vez. Utilizaremos la formula conocida para el cálculo del VAN a continuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1+k)^t} - I_0 \quad (147)$$

Donde V_t son los flujos de caja en cada periodo t , lo es el valor de desembolso inicial de la inversión, n número de periodos considerados, y k es el tipo de interés aplicado.

Tabla CCVII.- Tabla de Inversion Total

Inversión Total	
Costo del proyecto	\$ 8.778.601,71
Costo Operativo	\$ 850.000,00
Presupuesto Por Marea	\$ 333.400,00
Inversión Final	\$ 9.962.001,71

Fuente: Elaboracion Propia

Tabla CCVIII.- Tbala de Flujos

Año	Flujo de Ingresos	Flujo de Egresos	Flujo Efectivo Neto
1	\$ 5.287.700,00	\$ 3.711.692,00	\$ 1.576.008,00
2	\$ 5.484.600,00	\$ 3.775.416,00	\$ 1.709.184,00
3	\$ 5.495.600,00	\$ 3.778.976,00	\$ 1.716.624,00
4	\$ 5.032.500,00	\$ 3.629.100,00	\$ 1.403.400,00
5	\$ 5.490.100,00	\$ 3.777.196,00	\$ 1.712.904,00
6	\$ 5.208.500,00	\$ 3.686.060,00	\$ 1.522.440,00
7	\$ 5.295.400,00	\$ 3.714.184,00	\$ 1.581.216,00
8	\$ 5.478.000,00	\$ 3.773.280,00	\$ 1.704.720,00
9	\$ 5.497.800,00	\$ 3.779.688,00	\$ 1.718.112,00
10	\$ 5.354.800,00	\$ 3.733.408,00	\$ 1.621.392,00
11	\$ 5.110.600,00	\$ 3.654.376,00	\$ 1.456.224,00
12	\$ 5.340.500,00	\$ 3.728.780,00	\$ 1.611.720,00
13	\$ 5.195.300,00	\$ 3.681.788,00	\$ 1.513.512,00
14	\$ 5.193.100,00	\$ 3.681.076,00	\$ 1.512.024,00
15	\$ 5.426.300,00	\$ 3.756.548,00	\$ 1.669.752,00

Fuente: Elaboracion Propia

A continuación presentamos los resultados del cálculo del VAN y TIR para 15 años:

Este cálculo nos muestra que en el año 15 la embarcación genera ganancias netas de \$2'630.132,86, puesto que a partir del año 10 el VAN se vuelve positivo, es decir desde este año se generan las primeras ganancias netas.

La tasa de interés que vuelve al VAN 0% es 14%.

Tabla CCIX.- Tabla de Resultados Van y TIR

Años(n)=	15
Tasa de interés (i)=	9,50%
Inversión Inicial (IO)=	\$ 9.962.001,71
Van	\$ 2.630.132,86
TIR	14%

Fuente: Elaboracion Propia

4.3 Planificación de Proyecto

En la planificación del proyecto hay diversos factores que son influyentes, como: personal a trabajar, hombre hora y tiempo de duración de proyecto. La embarcación que subdividida en 8 bloques que se muestran en la Fig. No 101

Los mismos son:

Bloque 1: Peak de popa

Bloque 2: Sala de maquinas

Bloque 3 y 4: Sección media

Bloque 5: Sala de Frio

Bloque 6: Peak de proa

Bloque 7 y 8: Superestructura

La tabla muestra la distribución, hombre-hora, de cada bloque, la construcción del bloque incluye estructuras y equipamiento.

Tabla CCX.- Hora-Hombre por compartimento

BLOQUE	COMPARTIMENTO	HORAS-HOMBRE
1	Peak popa	16416,44
2	Sala maquinas	41498,06
3	Sección Media	45874,85
4		28404,75
5	Sala de Frío	29013,53
6	Peak proa	8363,59
7	Superestructura	9740,03
8		5143,54
total		184454,79

Fuente: Elaboracion Propia

Una vez terminada las especificaciones técnicas y los planos de construcción por parte de la Gerencia de Proyectos, se inicia con la recolección de los materiales, maquinarias y accesorios, y equipos del buque en un lapso máximo de 18 semanas. La construcción estructural inicia desde el tercer y cuarto bloque, continuando con los de popa, y luego los bloques de proa para finalizar con la superestructura.

Las dos primeras semanas de construcción de cada bloque se dedicaran al corte y soldado de los paneles. Apenas termina cada bloque estructura se inicia con el equipamiento (tuberías, accesorios, equipos, etc.). Una vez terminado se inicia con el grupo de mando y vigilancia, donde se montaran todos los equipos electrónicos además de equipos de amarre y fondeo. Luego se realiza el montaje del aislamiento acústico, térmico y acomodación. Por último, se dan acabados y se prepara el lanzamiento y pruebas de muelle y mar, en

la Fig. 102 No se presenta el diagrama Gantt de la planificación de construcción

Se puede ver que la planificación incluye muchos aspectos más allá de la construcción, en total toda la construcción tiene un total de 56 semanas, aproximadamente 1 año con dos meses, en Ecuador.

4.4 Factores que influyen en la toma de decisiones

4.4.1 Árbol de decisiones

En esta sección, analizaremos cuál de las opciones de construcción es la más conveniente, si por Bloque o por un solo cuerpo.

Se han tomado como referencia dos lugares de construcción en el país:

- Construcción en Dique Flotante
- Construcción en Parrilla

Para esto se estimaron las probabilidades para cada situación, tomando en cuenta de que el armador, como es común, pone cláusulas en los tiempos de entrega de la obra. Para nuestro caso de análisis asumiremos que las condiciones fueron las siguientes:

Si la embarcación se termina a tiempo, el pago por la construcción se dará al 100%.

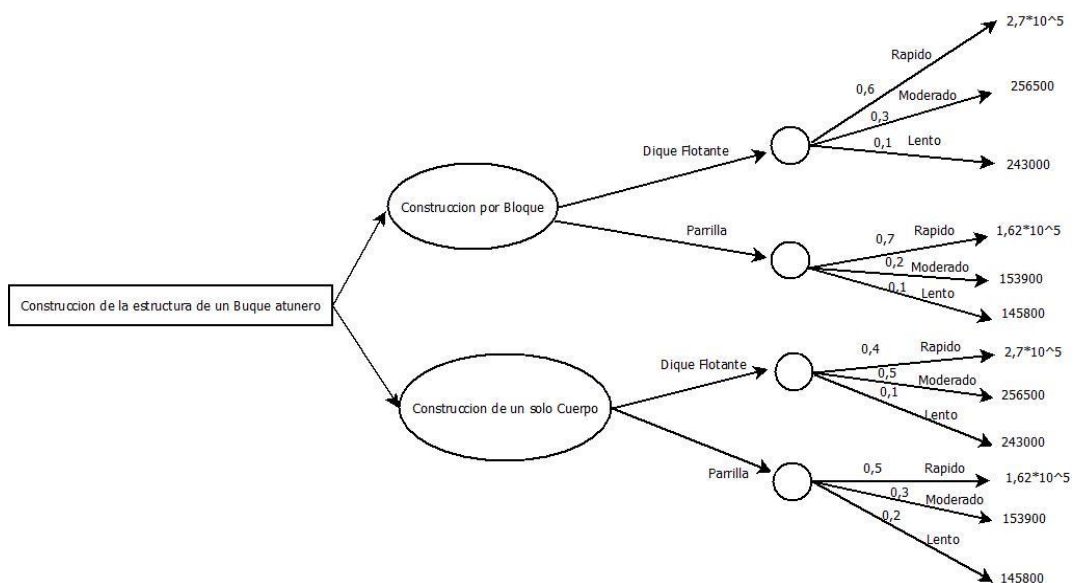
Si hay un retraso de hasta una semana (moderado) el pago será al 95%.

Si el atraso de entrega se da por más tiempo de una semana (lento) la sanción será del 10%.

De acuerdo a la referencia [2], el costo/día de alquiler de parrilla es de \$300 y de \$500/día, para el caso del dique flotante. El objetivo de este análisis es verificar cuál de los tipos de construcción convendría económicamente más al constructor, el que dé más ingresos a la factura del constructor sería la mejor opción, ya que esto indicaría que no ha recibido ninguna sanción y se lo ha realizado en el tiempo solicitado.

A continuación mostraremos el Árbol de decisiones para nuestro análisis:

Figura 8 .- Árbol de Decisiones



Fuente: Elaboración Propia

Tabla CCXI.- Selección del tipo de construcción que se escogerá para el casco

		Rápido	Moderado	lento	suma
Bloque Un solo Cuerpo	Dique	162000	76950	24300	263250
	Dique	108000	128250	24300	260550
Bloque Un solo Cuerpo	Parrilla	113400	30780	14580	158760
	Parrilla	81000	46170	29160	156330

Fuente: Elaboración Propia

Por lo tanto podemos observar, que la mejor opción es construir en el Dique en forma de Bloque.

4.4.2 Confiabilidad del Proyecto

En este capítulo determinaremos cuan confiable es el proyecto, utilizaremos la fórmula de probabilidad de ocurrencia simultánea de eventos independientes [22]:

$$P[E1 \cap E2 \cap \dots \cap En] = P[E1]P[E2] \dots P[En] = \prod_{i=1}^n P[Ei] \quad (147)$$

De la espiral de Diseño mostrada en la Figura 1, estimamos las probabilidades de éxito de cada uno de los pasos a seguir para el diseño de la embarcación:

Tabla CCXII.- Calculo de la confiabilidad del proyecto

Sucesos	P(éxito)	P(falla)=1-P(éxito)
Requerimiento del armador	1	0
Dimensiones principales	0,95	0,05
Geometría del Casco	0,98	0,02

Disposición General	0,95	0,05
Resistencia y Propulsión	0,95	0,05
Estructura	0,95	0,05
Sistemas auxiliares	0,95	0,05
Pesos	0,98	0,02
Estabilidad	0,98	0,02
comportamiento en el mar	0,95	0,05
Costo	0,95	0,05
P(suceso) Sistema en serie	0,657	0,343

Fuente: Elaboración Propia

Finalmente, obtenemos que la probabilidad de éxito del conjunto sea del 65%, a pesar de que cada sistema tiene un alto nivel de confiabilidad, la cantidad de elementos que se toman en cuenta aumenta la probabilidad de falla.

Sin embargo si se considera que no todos los elementos fueron calculados en detalle en este proyecto, consideraremos aceptable dicha probabilidad.

4.4.3 Principios Básicos de la evaluación de riesgos

La construcción así como la reparación Naval, son procesos complejos en la que intervienen muchos factores, los mismos que pueden originar accidentes por su difícil realización.

La gran mayoría de trabajos se realizan en una grada, o dique de construcción o a su vez a flote para trabajos de última hora. El movimiento del agua, viento o la condición física del operador puede originar que se produzcan lesiones o

accidentes que se clasifican en la siguiente tabla según la probabilidad de ocurrencia y gravedad:

Tabla CCXIII.- Tabla de Probabilidad de Accidentes

		CONSECUENCIAS		
		LIGERAMENTE DAÑINO	DAÑINO	EXTREMADAMENTE DAÑINO
P R O B A B I L I D A D	B A J A	RIESGO TRIVIAL	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO
	M E D I A	RIESGO TOLERABLE	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPòRTANTE
	A L T A	RIESGO MODERADO	RIESGO IMPORTANTE	RIESGO INTOLERABLE

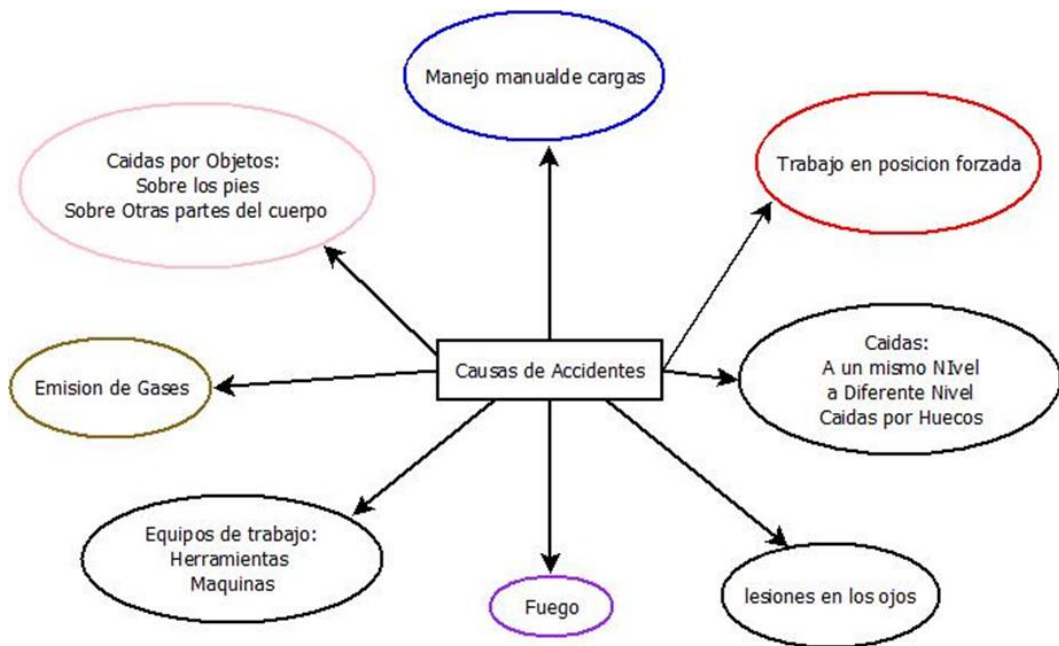
Fuente: Referencia [42]

La evaluación de riesgos tendrá como objetivos prioritarios:

Estimar la magnitud de los riesgos en fin de que puedan evitarse.

Proporcionar la información suficiente para proceder a la toma de decisiones sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas

Figura No. 104.- Causas de Accidentes



Fuente: Elaboración Propia

Según la Referencia [42] la incidencia en INCIDENCIA DE LAS LESIONES se califica:

Según la zona del cuerpo afectada

- a) Ojos y Manos
- b) Extremidades (brazos y piernas)
- c) Lesiones en la Cabeza y tronco

DIFERENCIACIÓN DE RIESGOS PARA LA SALUD.

Riesgos Físico-ambientales

- a) Calor excesivo (soldadura)

- b) Frío, viento, lluvia, niebla, calor derivado todo ello del clima.
- c) Posibilidad de escasez de oxígeno cuando se trabaja en tanques doble fondo, o Bodegas de pescado.
- d) Problemas ergonómicos asociado al lugar donde se trabaja
- e) Ruido y vibraciones.
- f) Riesgos eléctricos.
- g) Partículas lanzadas al aire que ponen en peligro diferentes partes del cuerpo (sand blasting)

Riesgo Químico

- a) Los gases empleados en soldadura, oxi-corte o calentamiento de metales: acetileno, propano.
- b) propano y exceso de oxígeno. El dióxido de carbono empleado en soldadura
- c) protegida bajo atmósfera de gas y sus productos de descomposición.

Los humos de

- d) soldadura o de corte pueden contener ozono y óxido de nitrógeno derivados del
- e) efecto del calor sobre el aire. Humos producidos por vaporización de los electrodos
- f) de los fundentes
- g) Vapores de disolventes o diluyentes de pinturas.

- h) Polvos originados por el aislamiento.
- i) Productos químicos tóxicos específicos de la pintura

Enfermedades profesionales

- a. Conjuntivitis y queratitis por radiación
- b. Sordera profesional.
- c. Distrofia por vibraciones.
- d. Irritaciones agudas de pulmón.
- e. Narcosis aguda por exposiciones a disolventes.
- f. Asbestosis
- g. Siderosis.
- h. Dermatitis o erupciones.
- i. Cataratas

Medidas preventivas [42]

Debemos entender por medidas preventivas, a este respecto, todas aquellas acciones que se organizan en el seno de la empresa con el objetivo último de poder eliminar los accidentes, o, en su caso, todas aquellas situaciones peligrosas o de riesgo que eventualmente puedan serlo.

Así podemos distinguir por un lado, y dentro de este mismo apartado, toda la organización que se establezca para que la prevención sea posible, y como mínimo será la prevista legalmente. Esta planificación junto con sus medios

humanos, materiales y técnicos serán de por sí la base de cualquier acción en este campo.

4.5 Análisis de resultados obtenidos

El valor total de \$1'885.525,86 obedece solo al costo operativo, a esto se le debe sumar costos como ganancias, insumos, imprevistos.

Al H-H total se le añadió un 10% por imprevistos dando un valor total de 202900,27 H-H.

El peso de la estructura del buque Optimizado es de 562,69 Ton, el peso del diseño preliminar fue de 536,4 Ton.

El presupuesto estimado del Armador es de \$10'000.000, y se obtuvo un costo de \$9.962.001,71, al encontrarse este valor por debajo del presupuesto, se dice que es viable su ejecución.

CONCLUSIONES

1. Para realizar un diseño definitivo de la embarcación, es necesario hacer uso de la espiral de diseño, pasando por sus diferentes etapas, cálculos de regresiones, preliminares, y optimización, cabe recalcar que los resultados obtenidos haciendo uso de las sociedades de clasificación deben ser validados mediante el uso de software, como se hizo con Special Service Craft, Sap200 y Ansys.
2. Haciendo uso de una buena base de datos, es posible determinar a modo de regresión lineal, dimensiones preliminares para empezar el proceso de diseño para la nave, considerando un análisis de la base de datos y factores adimensionales obtenidos en el cálculo.
3. Se concluye que era necesaria la implementación de un bulbo de proa con base en los cálculos realizados, ver capítulo dos subcapítulo uno,

mientras que la implementación del bulbo de popa surge como método alternativo, y novedoso, debido a la necesidad de espacio en sala de máquinas.

4. Es necesario, para este tipo de buques, hacer uso de documentos técnicos y recomendaciones de clasificadoras para la distribución de espacios habitables y espacios laborales, para poder contrarrestar la problemática actual de las embarcaciones atuneras en cuanto a la acomodación, distribución de espacios y ubicación de equipos que finalmente terminan afectando a la estabilidad de la embarcación.
5. El buque, se concluye, es maniobrable ya que pasa todos los criterios de maniobrabilidad presentados en las reglas de clasificación, además de que el rating de la embarcación es superior al rating mínimo requerido para este tipo de embarcaciones. Además pasó la prueba de plano diametral, asegurando que no existirán problemas de ladeo.
6. En estado de mar 6 se determinó que en la cofa una persona puede estar poco menos de media hora, y en el puente de mando, poco menos de 2 horas.

7. Se concluye que la embarcación es estable ya que aprueba los criterios de estabilidad que se indican en la IMO, mostrando estabilidad en todas las condiciones de carga.

8. Se realizó la estimación de costos por el grupo 100, se dividió la embarcación en 8 bloques para el análisis, el resultado del costo fue \$3'554.052,59 comparado con un avalúo de una embarcación similar, se pudo comprobar que este valor es bastante acertado a la realidad.

9. Para el costo de los demás grupos tecnológicos, se analizaron otros 7 avalúos, y mediante regresión lineal se estimó el costo de los demás grupos, y para este caso los resultados fueron bastante coherentes. Cabe recalcar que puede existir mucha variación en los precios de equipos, debido a la gran oferta y demanda de los mismos a nivel mundial, dos embarcaciones de dimensiones similares pueden poseer dos sistemas electrónicos, por ejemplo, uno más caro que el otro, según la calidad de equipos que se adquieran.

10. El Buque se la construirá en Bloques, ya que la probabilidad de fallas y retrasos disminuye en este tipo de construcción. La manipulación de bloques es más fácil y ayuda a fijarse en los detalles constructivos.

RECOMENDACIONES

1. En la regresión lineal es preferible eliminar los valores que se consideran aberrantes, los cuales, al momento de realizar una regresión lineal, pueden perjudicar el resultado con valores absurdos, como costos negativos entre otros.
2. Cuando se utiliza software de modelado de superficies, es recomendable cerciorarse de que las superficies no sean trimadas, deben ir como una superficie que nace enteramente de líneas o polilíneas.
3. Cuando se quiera analizar la peor condición de carga, es necesario definir el tipo de análisis que se quiere hacer, por ejemplo, en un análisis de estabilidad la peor condición de carga se da cuando los tanques y

bodegas están vacías, mientras que para un análisis estructural, la peor condición de carga es con tanques y bodegas llenos.

4. En el desarrollo del programa Ansys se recomienda tener mucho cuidado en el diseño del modelo y el mallado del entorno, ya que esto tienen mucha influencia en los resultados que se obtienen en el programa.
5. En todos los programas, tanto de diseño como de simulación, se recomienda tener cuidado con las uniones de los nodos, es decir no dejar espacios huecos o elementos “en el aire” para poder correr los programas.

ANEXOS

Anexo A.- Bulbo de Proa

Para determinar si la embarcación necesita un bulbo de proa se verifica la siguiente formula [2].

$$Cb * \frac{B}{L} < 0.135$$

Si esta relación es menor a 0,135 entonces nuestra embarcación se puede instalar un bulbo.

$$0.58 * \frac{11.22}{55} < 0.135$$

$$0.118 < 0.135$$

Como podemos observar, la relación para nuestro buque es menor a 0.135, esto quiere decir que se puede instalar un bulbo en la proa de nuestra embarcación. Para el diseño del bulbo describiremos las partes más importantes de este, estas se ven en la Figura No. 12, capítulo dos.

Donde:

- Hx es la altura al punto de máxima protuberancia, se suele a dimensionarlo viviéndola para el calado Hx/T. Este valor varía entre $0.35 < Hx/T < 0.55$.

- Xx es la abscisa al punto de máxima protuberancia, se la refiere desde la línea de la perpendicular de proa, se suele a dimensionarlo con la eslora Xx/LPP.

$$\frac{Xx}{LP} = 0.2642 * Cb * \frac{B}{LPP} - 0.0046$$

-Yx20 es la manga del bulbo en la sección transversal a la perpendicular de proa. Se dimensiona con la manga del buque Yx20/B.

-Sa20 es el área transversal del bulbo en la línea de la perpendicular de proa.

$$Sa20 = 40 * FN - 3.5$$

-Si es el área lateral del bulbo en la línea de crujía.

Recopilando información de los buques del medio ecuatoriano se obtuvo la información que los buques pesqueros tienen **bulbo tipo peonza**, esto es correcto pues este tipo de bulbos se utiliza en embarcaciones con 2 condiciones de carga claramente diferenciadas, como lo es nuestra embarcación, entonces concluimos que el bulbo que haremos es de tipo peonza, para referencias del bulbo utilizaremos imágenes que se tomaron de diferentes embarcaciones pesqueras en el astillero de los hermanos Paladines.



[Fuente: Astilleros Varpacific]

Para hallar H_x tomamos un valor 0.45 para la relación adimensional, este valor se tomó de los libros de texto por lo que decimos que:

$$\frac{H_x}{T} = 0.45$$

$$H_x = 0.45 * 5.15$$

$$\mathbf{H_x = 2.3 \text{ m}}$$

Aplicando la formula

$$\frac{X_x}{L_P} = 0.2642 * C_b * \frac{B}{L_{PP}} - 0.0046$$

Llegamos a que

$$\mathbf{X_x = 1.91 \text{ m}}$$

Para determinar el área transversal de la embarcación utilizamos la formula

$$Sa_{20} = 40 * FN - 3.5$$

Con el Froud de 0.264 determinamos que el área transversal es de

$$Sa_{20} = 4.5 \text{ m}^2$$

En la Figura inferior se puede ver las medidas de Hx y Xx para el bulbo que hemos diseñado para nuestra embarcación.

Para determinar el área transversal se hizo un plano que atraviesa el bulbo a la línea de la perpendicular de proa y se cortó dicho plano, obteniendo así el área transversal del bulbo a la línea de la perpendicular de proa, este valor nos da 4,5m².

Cabe recalcar que una vez conectado el bulbo con la Superficie del casco fue necesario realizar ciertas modificaciones en las formas de la proa para que los ángulos *de entrada* fueran los óptimos para este tipo de embarcación y que estructuralmente fuera posible la construcción.

Anexo B.- Desagregación de pesos

Se utilizaron las Formulas de [2], con los siguientes datos de entrada para los respectivos **análisis de referencia**:

Datos de entrada:

Los datos de entrada son los referidos en la tabla XIV.

El peso de la embarcación está conformado por la suma del peso ligero (Light Ship) más el peso muerto (Dead weight).

$$W_{total}=W_{Is}+W_{DW}$$

Estimación del Peso Ligero

El Peso Ligero lo vamos a calcular como:

W_{Is} =Pesos por estructura de acero + Pesos por equipo y habilitación + Pesos de la maquinaria propulsora

Calculo de Pesos por estructura de Acero.

En este grupo se incluyen todos los elementos estructurales, los cuales están compuesto de acero y forman el casco y la superestructura.

Se lo estimara de la siguiente forma:

Método de Sv. Aa. Harvald y J. Juncher

$$WST =Cs (LPP \times B \times D + Sup)$$

Siendo:

Sup= Volumen en m³ de Superestructura

$Cs= CSO + 0.064 \exp (-0.50u -0.10u^{2.45})$

$u=\log_{10} (DISW/100)$

$CSO=0.076$

Calculo de Pesos por Equipo y Habilitación

$$WOA=K_e \times LPP \times B$$

$$K_e=0.39$$

Calculo de Pesos de Maquinaria propulsora y auxiliar.

El peso de este grupo, en instalaciones diésel, se divide en cuatro partes:

a.- Motor propulsor y reductor motor de 4 tiempos en Línea más reductor:

$$WME=2.5+9.5(MCO/N)^{0.91}$$

b.- Resto de maquinaria propulsora

$$WRP = kmx(MCO)^{0.7}$$

$$K_m=0.56$$

c.- Otros elementos de la cámara de maquinas

$$WQR = 0.03 \times VMQ$$

VMQ= Volumen de sala de maquinas

d.- Línea de ejes fuera de cámara maquinas

$$WQE = K_{ne} \times leje(5 + 0.0164 \times Lpp)$$

Leje = longitud de la línea de ejes fuera de la cámara de maquinas

$$K_{ne}=1.$$

Los resultados obtenidos de los cálculos son aquellos que están mostrados en la tabla XV, capítulo 2.

Estimación del Peso Muerto

Calculo de aceite Lubricante:

$$W_{oil} = 75 \text{ dias} \times (24 \text{ hr/dia}) \times (250 \text{ gal/cambio}) \times \gamma$$

Calculo de combustible:

$$W_{fo} = gph \times \text{dias} \times \gamma$$

Calculo de cantidad de Agua

$$W_{agua} = \frac{200 \text{ litros}}{\text{dia.persona}} \times N(\text{personas}) \times \gamma$$

Peso de la Salmuera

La salmuera la vamos a estimar como un dato estadístico, de una embarcación de 600 TM, la cual posee 1200 sacos de salmuera el mismo que pesa aproximadamente 100 lb c/u. De esta aproximación se estima para nuestra embarcación 1485 sacos con un peso total de 66 toneladas. El peso de la carga, W_{pes} (pescado) se lo calcula multiplicando el volumen de bodegas por el factor de estiba del atún 0.75 Ton/m³. Como esta embarcación carga en altamar, es necesario considerar dos condiciones de carga para analizar su estabilidad y estimar correctamente los equipos y características de los elementos a utilizar para las maniobras. El Peso de la carnada, es relativo, y no necesariamente un standard, ya que depende de la decisión del Jefe de la Maniobra. Según los pesos ingresados nuestro buque pesará 1900 toneladas a full carga a la mitad de sus consumibles.

Anexo C.-Dotación mínima

El cálculo de dotación mínima depende del tipo de embarcación, en este caso al tratarse de un buque de pesca se realiza el cálculo siguiendo lo ilustrado en la figura pues esto indica la dotación mínima para buques pesqueros.

APENDICE I-D
D. DOTACION MINIMA DE SEGURIDAD PARA BUQUES PESQUEROS



1. PERSONAL DE CUBIERTA

TONELAJE REGISTRO BRUTO T.R.E.	CAPTAN DE PESCA DE ALTURA U OFICIAL DE CUBIERTA	PATRON DE PESCA DE ALTURA O PATRON DE ALTURA	PATRON DE PESCA COSTANERO O PATRON COSTANERO	TIMONEL DE BUQUE PESQUERO O TIMONEL	JEFE DE CUBIERTA DE BUQUE PESQUERO O COPIFRAMASTRE	MARINERO PESCADOR O MARINERO	TOTAL
50-100			1	1		2	4
101-200			1	2		2	5
201-750		1		2	1	3	7
751 en adelante	1	1	1	2	1	3	9

2. PERSONAL DE MAQUINAS

POTENCIA BHP	JEFE DE MAQUINAS B/P U OFICIAL DE MAG.	PRIMER OFICIAL MAQUINAS B/P U OFICIAL DE MAG.	ELECTRICISTA	MAQUINISTA B/P O MAQUINISTA	MOTORISTA B/P O MOTORISTA	OPERADOR MAQUINAS B/P O ACEITERO	TOTAL
10-250					1	1	2
251-500				1	1	1	3
501-750				1	1	2	4
751-1000		1	1	1	1	1	5
1001-1200	1		1	2	1	2	7
1201-1500	1	1	1	2	1	2	8
1501 - 3000	1	1	1	2	2	2	9
3001 en adelante	1	1	1	2	2	3	10

La determinación de la dotación mínima de la embarcación depende de dos factores:

- El tonelaje de Registro Bruto y
- La Potencia en BHP

De los datos que se tienen de la embarcación Don Timo se puede obtener el tonelaje de registro bruto y los BHP del motor, mismos que son:

TRB	1393
BHP	3393

Basándonos en esta información llegamos a la conclusión de que el requerimiento de dotación mínima es una tripulación de 19 personas, teniendo mínimo 9 personas para cubierta y 10 personas para la sala de máquinas, sin embargo este es el valor mínimo de personas que debe cumplir la embarcación, debido a que la maniobra necesita de un a autoridad, al menos un guardian y un represntante del armador, dando un total de 22 personas dentro de la embarcación.

Anexo D.- Distribución de pesos

Llegada a Puerto								
item	cantidad	ton./U ni.	Ton	Vol(m3)/U ni.	Vol. (m3)	Centroide		
						long .	Tran s.	Vert .
Estructura	1	390.00	390.00			-	0.00	4.50
superestructura	1	110.00	110.00			3.53	0.00	11.02
Habitabilidad	1	9.55	9.55			10.70	0.00	10.70
mastil	1	16.70	16.70			9.00	0.00	15.00
macaco	1	2.00	2.00			-	0.00	17.00
Cabrestante	1	18.00	18.00			7.00	0.00	6.00
Ancla	1	5.00	5.00			-	0.00	7.40
cadena	1	20.00	20.00			23.86	0.00	3.10
peso maquina	1	19.00	19.00			22.86	0.00	2.00
sala de frio	1	80.00	80.00			-	0.00	3.20
elementos frio	1	20.00	20.00			19.14	0.00	2.50
servomotor y pala	1	6.00	6.00			20.00	0.00	2.45
sala maque	1	155.00	155.00			-	0.00	1.50
PANGA	1	32.00	32.00			19.55	0.00	7.96
peso del forro	1	62.70	62.70			-	0.00	3.30
peso del aislante	1	13.48	13.48			27.00	0.00	3.30
RED	1	30.00	30.00			-	0.00	9.40
LANCHAS CUB.	2	1.20	2.40			19.53	0.00	14.13
LANCHAS SUP.	1	1.20	1.20			3.26	0.00	14.13

TRIPULACIÓ N	1	5.00	5.00			9.00	0.00	11.70
HELICOPTERO	1	0.415	0.415			9.00	0.00	16.00
hélice	1	2.40	2.40			-28.40	0.00	1.59
eje	1	8.69	8.69			-25.79	0.00	1.59
reductor	1	15.50	15.50			-21.67	0.00	2.00
Atun1	90%	77.60	69.84	103.47	93.12	-10.75	2.96	3.19
atun2	90%	77.60	69.84	103.47	93.12	-10.75	-2.96	3.19
atun3	90%	80.22	72.20	106.96	96.26	-5.77	3.03	3.13
atun4	90%	80.22	72.20	106.96	96.26	-5.77	-3.03	3.13
atun5	90%	79.91	71.92	106.54	95.89	-0.78	3.01	3.13
atun6	90%	79.91	71.92	106.54	95.89	-0.78	-3.01	3.13
atun7	90%	75.75	68.18	101.01	90.91	4.19	2.89	3.15
atun8	90%	75.75	68.18	101.01	90.91	4.19	-2.89	3.15
atun9	90%	65.77	59.19	87.69	78.92	9.14	2.61	3.20
atun10	90%	65.77	59.19	87.69	78.92	9.14	-2.61	3.20
atun11	90%	36.85	33.16	49.13	44.22	13.44	2.21	3.33
atun12	90%	36.85	33.16	49.13	44.22	13.44	-2.21	3.33
comb1	10%	1.27	0.13	1.52	0.15	-11.31	1.10	0.42
comb2	10%	1.27	0.13	1.52	0.15	-11.31	-1.10	0.42
comb3	10%	7.53	0.75	8.96	0.90	-6.92	1.34	0.27
comb4	10%	7.53	0.75	8.96	0.90	-6.92	-1.34	0.27
comb5	10%	10.78	1.08	12.83	1.28	-2.38	1.84	0.16
comb6	10%	10.78	1.08	12.83	1.28	-2.38	-1.84	0.16
comb7	10%	10.65	1.07	12.68	1.27	2.06	1.83	0.16

cmb8	10%	10.65	1.07	12.68	1.27	2.06	-1.83	0.16
comb9	10%	7.18	0.72	8.55	0.86	6.54	1.37	0.25
comb10	10%	7.18	0.72	8.55	0.86	6.54	-1.37	0.25
comb11	10%	3.03	0.30	3.61	0.36	11.7 0	0.50	0.37
comb12	10%	3.03	0.30	3.61	0.36	11.7 0	-0.50	0.37
aguas negras	100%	1.57	1.57	1.54	1.54	- 13.8 5	0.00	0.60
comb13	50%	6.47	3.23	6.85	3.42	- 28.8 4	2.84	4.88
aceite1	40%	8.06	3.22	9.59	3.84	- 26.1 9	2.92	4.39
comb14	50%	6.47	3.23	6.85	3.42	- 28.8 4	-2.84	4.88
aceite2	40%	8.06	3.22	9.59	3.84	- 26.1 9	-2.92	4.39
AGUA DULCE1	40%	19.02	7.61	19.02	7.61	- 15.6 5	2.99	1.79
AGUA DULCE2	40%	19.02	7.61	19.02	7.61	- 15.6 5	-2.99	1.79
atun 13	90%	52.17	46.95	69.56	62.61	- 21.7 0	3.73	5.34
atun 14	90%	52.17	46.95	69.56	62.61	- 21.7 0	-3.73	5.34
atun 15	90%	55.70	50.13	74.26	66.84	- 15.8 8	3.95	5.15
atun 16	90%	55.70	50.13	74.26	66.84	- 15.8 8	-3.95	5.15
PAÑOL	100%	5.08	5.08	6.20	6.20	27.7 0	0.00	7.26
Total LLEGADA			2013. 62	1572.16	1304.6 0	- 3.97	0.00	4.30

Salida de Puerto								
item	cantidad	ton./Uni.	Ton	Vol(m3)/Uni.	Vol. (m3)	Centroide		
						long.	Trans.	Vert.
Estructura	1	390.00	390.00			-3.53	0.00	4.50
superestructura	1	110.00	110.00			10.70	0.00	11.02
Habitabilidad	1	9.55	9.55			9.00	0.00	10.70
mastil	1	16.70	16.70			-7.00	0.00	15.00
macaco	1	2.00	2.00			-	0.00	17.00
cabrestante	1	18.00	18.00			-7.50	0.00	6.00
Ancla	1	5.00	5.00			23.86	0.00	7.40
cadena	1	20.00	20.00			22.86	0.00	3.10
peso maquina	1	19.00	19.00			-	0.00	2.00
sala de frio	1	80.00	80.00			20.00	0.00	3.20
elementos frio	1	20.00	20.00			-1.00	0.00	2.50
servomotor y pala	1	6.00	6.00			-	0.00	2.45
sala maque	1	155.00	155.00			-	0.00	1.50
PANGA	1	32.00	32.00			-	0.00	7.96
peso del forro	1	62.70	62.70			27.00	0.00	3.30
peso del aislante	1	13.48	13.48			-2.50	0.00	3.30
RED	1	30.00	30.00			-	0.00	9.40

LANCHAS CUB.	2	1.20	2.40			3.26	0.00	14.13
LANCHAS SUP.	1	1.20	1.20			6.90	0.00	14.13
TRIPULACIÓN	1	5.00	5.00			9.00	0.00	11.70
HELICOPTERO	1	0.415	0.415			9.00	0.00	16.00
hélice	1	2.40	2.40			-	28.40	0.00
eje	1	8.69	8.69			-	25.79	0.00
reductor	1	15.50	15.50			-	21.67	0.00
Atun1	80%	86.91	69.53	103.47	82.77	-	10.74	2.94
atun2	80%	86.91	69.53	103.47	82.77	-	10.74	-2.94
atun3	0%	89.85	0.00	106.96	0.00	-	-5.73	2.60
atun4	0%	89.85	0.00	106.96	0.00	-	-5.73	-2.60
atun5	0%	79.91	0.00	106.54	0.00	-	-0.78	2.67
atun6	0%	79.91	0.00	106.54	0.00	-	-0.78	-2.67
atun7	0%	75.75	0.00	101.01	0.00	-	4.16	2.51
atun8	0%	75.75	0.00	101.01	0.00	-	4.16	-2.51
atun9	100%	87.69	87.69	87.69	87.69	-	9.14	2.63
atun10	100%	87.69	87.69	87.69	87.69	-	9.14	-2.63
atun11	100%	49.13	49.13	49.13	49.13	-	13.45	2.24
atun12	100%	49.13	49.13	49.13	49.13	-	13.45	-2.24
comb1	100%	1.27	1.27	1.52	1.52	-	11.60	1.54
comb2	100%	1.27	1.27	1.52	1.52	-	11.60	-1.54

comb3	100%	7.53	7.53	8.96	8.96	-7.63	1.66	0.55
comb4	100%	7.53	7.53	8.96	8.96	-7.63	-1.66	0.55
comb5	100%	10.78	10.78	12.83	12.83	-2.69	1.97	0.49
comb6	100%	10.78	10.78	12.83	12.83	-2.69	-1.97	0.49
comb7	100%	10.65	10.65	12.68	12.68	2.30	1.93	0.49
cmb8	100%	10.65	10.65	12.68	12.68	2.30	-1.93	0.49
comb9	100%	7.18	7.18	8.55	8.55	7.20	1.57	0.54
comb10	100%	7.18	7.18	8.55	8.55	7.20	-1.57	0.54
comb11	100%	3.03	3.03	3.61	3.61	12.14	0.89	0.60
comb12	100%	3.03	3.03	3.61	3.61	12.14	-0.89	0.60
aguas negras	0%	1.57	0.00	1.54	0.00	-	14.64	0.15
comb13	100%	6.47	6.47	6.85	6.85	-	28.98	5.20
aceite1	100%	8.06	8.06	9.59	9.59	-	26.29	4.95
comb14	100%	6.47	6.47	6.85	6.85	-	28.98	5.20
aceite2	100%	8.06	8.06	9.59	9.59	-	26.29	4.95
AGUA DULCE1	100%	19.02	19.02	19.02	19.02	-	16.42	2.22
AGUA DULCE2	100%	19.02	19.02	19.02	19.02	-	16.42	2.22
atun 13	100%	58.43	58.43	69.56	69.56	-	21.71	5.56
atun 14	100%	58.43	58.43	69.56	69.56	-	21.71	5.56

atun 15	90%	62.38	56.14	74.26	66.84	15.88	-	3.95	5.15
atun 16	90%	62.38	56.14	74.26	66.84	15.88	-	-3.95	5.15
PAÑOL	100%	5.08	5.08	6.20	6.20	27.70	0.00	0.00	7.26
Total SALIDA			1822.51	1572.16	885.37	-4.47	0.00	4.42	

10% consumibles								
item	cantidad	ton./Uni.	Ton	Vol(m3)/Uni.	Vol. (m3)	Centroide		
						long.	Trans.	Vert.
Estructura	1	390.00	390.00			-3.53	0.00	4.50
superestructura	1	110.00	110.00			10.70	0.00	11.02
Habitabilidad	1	9.55	9.55			9.00	0.00	10.70
mastil	1	16.70	16.70			-7.00	0.00	15.00
macaco	1	2.00	2.00			-15.00	0.00	17.00
cabrestante	1	18.00	18.00			-7.50	0.00	6.00
Ancla	1	5.00	5.00			23.86	0.00	7.40
cadena	1	20.00	20.00			22.86	0.00	3.10
peso maquina	1	19.00	19.00			-19.14	0.00	2.00
sala de frio	1	80.00	80.00			20.00	0.00	3.20
elementos frio	1	20.00	20.00			-1.00	0.00	2.50
servomotor y pala	1	6.00	6.00			-30.01	0.00	2.45
sala maque	1	155.00	155.00			-19.55	0.00	1.50
PANGA	1	32.00	32.00			-27.00	0.00	7.96
peso del forro	1	62.70	62.70			-2.50	0.00	3.30
peso del aislante	1	13.48	13.48			-2.50	0.00	3.30
RED	1	30.00	30.00			-19.53	0.00	9.40
LANCHAS CUB.	2	1.20	2.40			3.26	0.00	14.13
LANCHAS SUP.	1	1.20	1.20			6.90	0.00	14.13
TRIPULACIÓN	1	5.00	5.00			9.00	0.00	11.70
HELICOPTERO	1	0.415	3.00			9.00	0.00	16.00
hélice	1	2.40	2.40			-28.40	0.00	1.59
eje	1	8.69	8.69			-25.79	0.00	1.59
reductor	1	15.50	15.50			-21.67	0.00	2.00
Atun1	0%	77.60	0.00	103.47	0.00	-10.58	2.22	1.00
atun2	0%	77.60	0.00	103.47	0.00	-10.58	-2.22	1.00
atun3	0%	80.22	0.00	106.96	0.00	-5.73	2.60	1.00
atun4	0%	80.22	0.00	106.96	0.00	-5.73	-2.60	1.00
atun5	0%	79.91	0.00	106.54	0.00	-0.78	2.67	1.00
atun6	0%	79.91	0.00	106.54	0.00	-0.78	-2.67	1.00
atun7	0%	75.75	0.00	101.01	0.00	4.16	2.51	1.00
atun8	0%	75.75	0.00	101.01	0.00	4.16	-2.51	1.00
atun9	0%	65.77	0.00	87.69	0.00	9.05	2.10	1.00
atun10	0%	65.77	0.00	87.69	0.00	9.05	-2.10	1.00
atun11	0%	36.85	0.00	49.13	0.00	13.29	1.50	1.00
atun12	0%	36.85	0.00	49.13	0.00	13.29	-1.50	1.00

comb1	10%	1.27	0.13	1.52	0.15	-11.31	1.10	0.42
comb2	10%	1.27	0.13	1.52	0.15	-11.31	-1.10	0.42
comb3	10%	7.53	0.75	8.96	0.90	-6.92	1.34	0.27
comb4	10%	7.53	0.75	8.96	0.90	-6.92	-1.34	0.27
comb5	10%	10.78	1.08	12.83	1.28	-2.38	1.84	0.16
comb6	10%	10.78	1.08	12.83	1.28	-2.38	-1.84	0.16
comb7	10%	10.65	1.07	12.68	1.27	2.06	1.83	0.16
cmb8	10%	10.65	1.07	12.68	1.27	2.06	-1.83	0.16
comb9	10%	7.18	0.72	8.55	0.86	6.54	1.37	0.25
comb10	10%	7.18	0.72	8.55	0.86	6.54	-1.37	0.25
comb11	10%	3.03	0.30	3.61	0.36	11.70	0.50	0.37
comb12	10%	3.03	0.30	3.61	0.36	11.70	-0.50	0.37
aguas negras	10%	1.57	0.16	1.54	0.15	-13.40	0.00	0.38
comb13	10%	6.47	0.65	6.85	0.69	-28.41	2.60	4.46
aceite1	10%	8.06	0.81	9.59	0.96	-25.91	2.66	3.97
comb14	10%	6.47	0.65	6.85	0.69	-28.41	-2.60	4.46
aceite2	10%	8.06	0.81	9.59	0.96	-25.91	-2.66	3.97
AGUA DULCE1	10%	19.02	1.90	19.02	1.90	-14.93	2.69	1.38
AGUA DULCE2	10%	19.02	1.90	19.02	1.90	-14.93	-2.69	1.38
atun 13	0%	52.17	0.00	69.56	0.00	-20.57	3.36	2.95
atun 14	0%	52.17	0.00	69.56	0.00	-20.57	-3.36	2.95
atun 15	0%	55.70	0.00	74.26	0.00	-15.84	3.82	2.95
atun 16	0%	55.70	0.00	74.26	0.00	-15.84	-3.82	2.95
PAÑOL	100%	5.08	5.08	6.20	6.20	27.70	0.00	7.26
Total 10% CONSUMIBLES			1047.66	1572.16	23.07	-3.81	0.00	4.97

Anexo E.- Uso de Navcad.

El uso del programa NAVCAD, se divide en diferentes partes, que son:

- Condiciones
- Casco
- Apéndices
- Ambiente
- Misceláneo
- Propulsor

Condiciones: En esta sección se coloca el ambiente en el que trabaja la embarcación y diferentes velocidades para el análisis.

Project data - Condition

Condition Hull Appendage Environment Misc Propulsor

Description: Atunero Don Timó

Water properties

Mass density: 1025.86 kg/m³

Kinematic visc: 1.18830e-6 m²/s

Std_salt Std_fresh

Speed (kts)

1.	4	6.	9
2.	5	7.	10
3.	6	8.	11
4.	7	9.	12.5
5.	8	10.	13.1

Casco: En esta sección se colocan todas las características de la embarcación, estas se obtienen del programa maxsurf stability.

Project data - Hull

Condition Hull Appendage Environment Misc Propulsor

Data for: Monohull

General

Length between PP: 58 m
 WL bow pt aft FP: 0 m
 Length on WL: 60 m
 Max beam on WL: 11.1 m
 Max molded draft: 5.5 m
 Displacement bare: 2014 t
 Wetted surface: 922.916 m²
 Chine type: Round bilge

Parameters

Lwl/B: 5.4054
 B/T: 2.0182
 Cb: 0.536
 Cws: 2.6891

Cajamaran

Hull spacing: 0 m

Ct-based | Planing

Max section area: 55.0 m² Cx: 0.9009
 Waterplane area: 486.45 m² Cw: 0.7304
 Trim by stern: 0 m
 LCB aft of FP: 29.812 m LCB/Lpp: 0.514
 Bulb ext fwd FP: 1.68 m
 Bulb area at FP: 4.52 m²
 Bulb ctr abv BL: 2.15 m
 Transom area: 8.6 m² At/Ax: 0.1564
 Transom beam: 8.24 m Bt/Bx: 0.7423
 Transom draft: 1.2 m Tt/T: 0.2182
 Half ent angle: 38.02 Deg
 Bow shape: Normal [mid]
 Stern shape: Normal [mid]

Done Help

-Apéndices: En esta sección se ingresan los apéndices de la embarcación y su incidencia en la resistencia, gracias a holtrop, referencia [13].

Project data - Appendage

Condition Hull Appendage Environment Misc Propulsor

Holtrop set | High speed set | Sailing yacht set

Wetted areas (ex. thruster) per hull

		Drag coefficient
Rudders:	4.75 m ²	3
Shaft brackets:	0	5
Skeg:	32.13	2
Strut bossing:	0	4
Hull bossing:	112.88	2
Exposed shafts:	0	2
Stabilizer fins:	0	2.8
Dome:	0	2.7
Bilge keels:	0	1.4
Bow thruster diam:	1.2 m	0.0075

Done Help

-Ambiente: En esta sección se ingresan todas las condiciones climatológicas a las que se estima la embarcación se enfrentará.

Project data - Environment

Condition Hull Appendage Environment Misc Propulsor

Wind

Wind speed:	13.5 kts
Angle off bow:	0 deg
Tran hull area:	60.21 m ²
VCE above WL:	2 m
LCE fwd transom:	33.49 m
Tran superst area:	40.14 m ²
VCE above WL:	3.42 m
LCE fwd transom:	39.71 m
Total longl area:	334 m ²
VCE above WL:	3.56 m
LCE fwd transom:	36.39 m
Wind location:	Free stream
Hull type:	Cargo ship

Seas

Sig wave height:	0.88 m
Modal wave period:	7.5 sec

Channel

Channel width:	0 m
Channel depth:	0 m
Side slope:	0 deg
Hull girth:	0 m

Done Help

-Propulsor: En esta sección se ingresan todas las características referentes al propulsor, al motor y al eje.

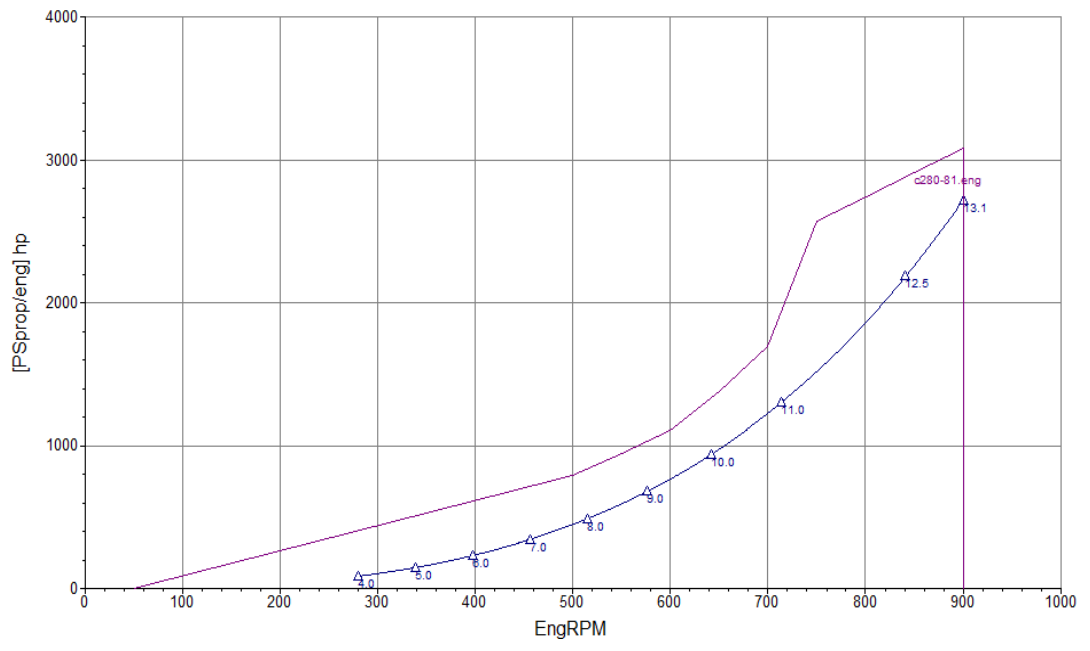
The screenshot shows the 'Project data - Propulsor' window with the following settings:

- General:**
 - Profile/description: [Empty]
 - Number of propulsors: 1
 - Propulsor type: B-series
 - User Kt/Kq file: [Empty]
 - Blades: 4
 - Exp area ratio: 0.550
 - Diameter: 2.700 m
 - Pitch: 2.400 m
 - Immersion: 3.37 m
- Propeller options:**
 - Scale corr: B-series
 - Kt multiplier: Std 1
 - Kq multiplier: Std 1
 - Blade t/c: Std 0
 - Roughness: Std 0 mm
 - Propeller cup: 0 mm
 - Pitch type: FPP
 - Cav breakdown: Apply
- Engine/gear data:**
 - Engine file: c280-81.eng
 - Rated RPM/power: 900.0 RPM / 3084.0 hp
 - Gear efficiency: 0.97
 - Gear ratio: 3.66
 - Shaft efficiency: 0.97

Buttons: Done, Help, Propulsion sizing

Una vez ingresas estas características, se corre el programa para conocer, el rendimiento de la hélice, si está es capaz de llevar a la embarcación a la velocidad requerida.

El resultado obtenido es el que se muestra en la figura No. 23 y el que se presenta directamente del programa en la figura No.



Anexo F.- Tablas y gráficos para el sistema de escape

Del capítulo dos, tenemos que el área requerida para el flujo es de 2,5 ft², con este valor se ingresa a la tabla y se busca el valor más cercano.

Flow Area (ft ²)	Diameter (in.)
0.0055	1
0.012	1½
0.022	2
0.034	2½
0.049	3
0.067	3½
0.087	4
0.136	5
0.196	6
0.349	8
0.55	10
0.79	12
1.07	14
1.4	16
1.8	18
2.2	20
2.6	22
3.1	24
3.7	26
4.3	28
4.9	30
5.6	32
6.3	34
7.1	36
7.9	38
8.7	40
9.6	42
10.6	44
11.5	46
12.6	48
15.9	54
19.6	60

Como podemos ver en la tabla anterior, el valor más próximo es 2.6 que nos da un diámetro de 22 pulgadas.

Con esto entramos en la tabla de silenciadores del tipo EN3 puesto que estos poseen el silenciador con nuestro diámetro.

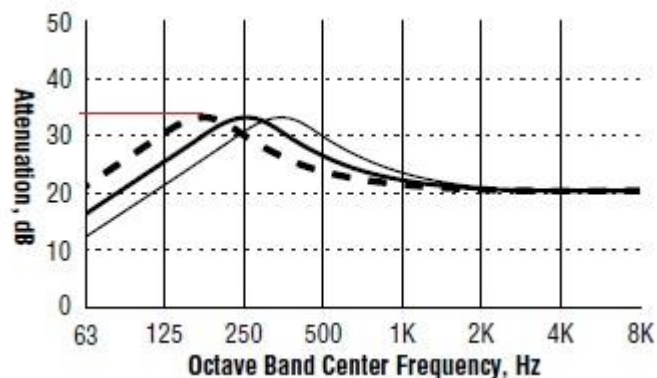
EN3

Size	Part Number	D	L	N	H	K	Y		Weight
							Min.	Max.	
4	20-104-AA	14	47	3	41	10	6	20	70
5	20-105-AA	16	59	3	53	11	7	24	130
6	20-106-AA	18	60	3	54	12	8	24	150
8	20-108-AA	22	73	3½	66	14½	9½	32	250
10	20-110-AA	26	86	3½	79	16½	11	36	390
12	20-112-AA	30	111	3½	104	18½	12½	52	700
14	20-114-AA	36	113	3½	106	21½	14½	52	900
16	20-116-AA	42	127	3½	120	24½	16½	62	1,200
18	20-118-AA	48	129	3½	122	27½	18	62	1,450
20	20-120-AA	48	142	4½	133	28½	19	62	1,600
22	20-122-AA	54	156	4½	147	31½	21½	72	2,300
24	20-124-AA	60	181	4½	172	34½	23½	82	3,050
26	20-126-AA	66	195	4½	186	37½	25	92	4,400
28	20-128-AA	72	209	4½	200	40½	27	103	5,000
30	20-130-AA	72	220	4½	211	40½	28	103	5,400

Note: Dimensions and weights are nominal and may vary slightly with production models.
Request certified drawings of specific models for exact dimensions.

- 6" pipe size
- 12" pipe size
- - - 24" pipe size

Typical Attenuation Curve



Anexo G.- Tipos de división según Solas y Tablas para el cálculo de aislamiento.

Divisiones de clase A

Son las divisiones formadas por cubiertas y mamparos que reúnan las características siguientes:

- El material de construcción sea de acero u otro material equivalente.
- Contengan refuerzos de manera conveniente.
- Debe tener una construcción tal que, impida el paso de humo y llamas, hasta el final de un ensayo estándar de exposición al fuego.
- Deben estar aisladas con materiales incombustibles que estén aprobados, de manera que la temperatura media de la cara no expuesta no suba más de 139°C por encima de la temperatura inicial, y que la temperatura no suba en ningún punto, comprendida cualquier unión que pueda haber, más de 180°C por encima de la temperatura inicial, en los intervalos indicados a continuación:

<i>Clase "A-60"</i>	<i>60 min.</i>
<i>Clase "A-30"</i>	<i>30 min.</i>
<i>Clase "A-15"</i>	<i>15 min.</i>
<i>Clase "A-0"</i>	<i>0 min.</i>

Divisiones de clase B

Estas divisiones son las formadas por mamparos, cubiertas, cielos rasos, forros interiores que reúnan las siguientes condiciones especiales:

- Deben estar construidas de tal forma que impida el paso de llamas y humos, después de haber transcurrido media hora del ensayo de exposición al fuego.
- El nivel de aislamiento debe ser tal, que no debe superar los 139°C por encima de la temperatura inicial, y que la temperatura no suba en ningún punto, comprendida cualquier unión que pueda haber, más de 225°C por encima de la temperatura inicial, en los intervalos indicados a continuación:

Clase B-15 15min

Clase B-0 0 min

División de clase C

Las divisiones clase "C" son las que son construidas con materiales incombustibles, para este caso de divisiones no existe una normativa en lo referente al paso de humo, de llamas o de elevación de temperatura dentro de rangos predeterminados, además de utilizar materiales incombustible también se tiene la autorización de ocupar chapas combustibles, siempre y cuando estos materiales satisfagan otro tipo de reglamentación entregada por el

convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS).

Tablas para calcular el aislamiento

Spaces	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)	A-0 ^e	A-0	A-60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60	A-60	*	A-60
Corridors		C	B-0	B-0 A-0 ^c	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Accommodation spaces			C ^{a,b}	B-0 A-0 ^c	B-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Stairways (4)				B-0 A-0 ^c	B-0 A-0 ^c	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Service spaces (low risk) (5)					C	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A (6)						*	A-0	A-0 ^g	A-60	*	A-60 ^f
Other machinery spaces (7)							A-0 ^d	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces (8)								*	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk) (9)									A-0 ^d	*	A-30
Open decks (10)										—	A-0
Ro-ro and vehicle spaces (11)											*h

Space below↓	Space above→	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)
Control stations (1)	(1)	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-60
Corridors (2)	(2)	A-0	*	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Accommodation spaces (3)	(3)	A-60	A-0	*	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Stairways (4)	(4)	A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-30
Service spaces (low risk) (5)	(5)	A-15	A-0	A-0	A-0	*	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A (6)	(6)	A-60	A-60	A-60	A-60	A-60	*	A-60 ⁱ	A-30	A-60	*	A-60
Other machinery spaces (7)	(7)	A-15	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	*	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces (8)	(8)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	A-0	*	A-0	*	A-0
Service spaces (high risk) (9)	(9)	A-60	A-0	A-0	A-0	A-0	A-60	A-0	A-0	A-0 ^d	*	A-30
Open decks (10)	(10)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	—	*
Ro-ro and vehicle spaces (11)	(11)	A-60	A-30	A-30	A-30	A-0	A-60	A-0	A-0	A-30	*	*h

Anexo H.- Ruido del motor

Para calcular el ruido del motor existen varios métodos, que requieren los siguientes datos de entrada:

DATOS DE ENTRADA DEL MOTOR CAT C-280-8	
Marca	CATERPILLAR
Modelo	CAT C280-8
HP	3084
BHP	3022
Ratio	3.462
# Cilindros	8
RPM	900
Rpm (medidas)	900
fmotor(hz)	60
D(m)	0.28
C(m)	0.3
Tiempos	4
Sobre Cargado	si

Para Motores Medios y Rápidos		Met. De Ins. De Sonido y vibraciones
Motor CATERPILLAR; Modelo CAT C280-8; BHP=3022.32; @ 900 Rpm; Ratio 3.462:1; 4T; Sobre Cargado: si		
Lp(dBA) a 1 m	95.93	

Para Motores Medios y Rápidos		Según Hempel y Seidl
Motor CATERPILLAR; Modelo CAT C280-8; BHP=3022.32; @ 900 Rpm; Ratio 3.462:1; 4T		
La(dB)a 1 m	103.70	

Para Motores de todo tipo		Met. De Zinchenko
Motor CATERPILLAR; Modelo CAT C280-8; BHP=3022.32; @ 900 Rpm; Ratio 3.462:1; 4T		
Lp(dBA) a 0.5 m	117.50	

Después de realizar los cálculos pertinentes tal como se muestra en [17], obtenemos diferentes valores para el nivel de ruido del motor, de estos escogemos el mayor de los niveles.

El mayor nivel de ruido de ruido se obtuvo por el método de Zinchenko.

Anexo I.- Suma de niveles de Decibeles

Cuando N Fuentes sonoras produce en un punto del espacio presiones acústicas instantáneas $p_1(t)$, $p_2(t)$, ..., $p_N(t)$, la presión acústica resultante es la suma de las presiones acústicas instantáneas de cada una de las Fuentes, es decir:

$$p(t) = p_1(t) + p_2(t) + \dots + p_N(t)$$

Su valor eficaz es:

$$p_{ef}^2 = p_{1ef}^2 + p_{2ef}^2 + \dots + p_{Nef}^2 + \frac{2}{t_2 - t_1} \left[\int_{t_1}^{t_2} p_1(t) p_2(t) + \dots \right]$$

Si los sonidos que se superponen son de frecuencias distintas y proceden de Fuentes incoherentes, las integrales de los productos $p_i(t)$ y $p_j(t)$ de esta expresión son nulas, y se cumple que:

$$p_{ef}^2 = p_{1ef}^2 + p_{2ef}^2 + \dots + p_{Nef}^2$$

En este caso, se dice que la composición de los sonidos se hace de manera energética, por lo que la intensidad acústica vendrá dada por:

$$I = I_1 + I_2 + \dots + I_N$$

Hay situaciones en las que los sonidos no son incoherentes y la composición de ellos no puede hacerse de forma energética. Por ejemplo: interferencia de un ruido directo y su reflejado en un obstáculo.

Composición energética de niveles de presión:

$$L_p = 10 \log \left(\frac{p_{\text{ref}}^2}{p_0^2} \right) = 10 \log \left(\frac{p_{1\text{ref}}^2}{p_0^2} + \frac{p_{2\text{ref}}^2}{p_0^2} + \dots + \frac{p_{N\text{ref}}^2}{p_0^2} \right)$$

$$L_{p_i} = 10 \log \left(\frac{p_{i\text{ref}}^2}{p_0^2} \right) \Rightarrow \frac{p_{i\text{ref}}^2}{p_0^2} = 10^{L_{p_i}/10}$$

$$L_p = 10 \log \left(10^{L_{p1}/10} + 10^{L_{p2}/10} + \dots + 10^{L_{pN}/10} \right)$$

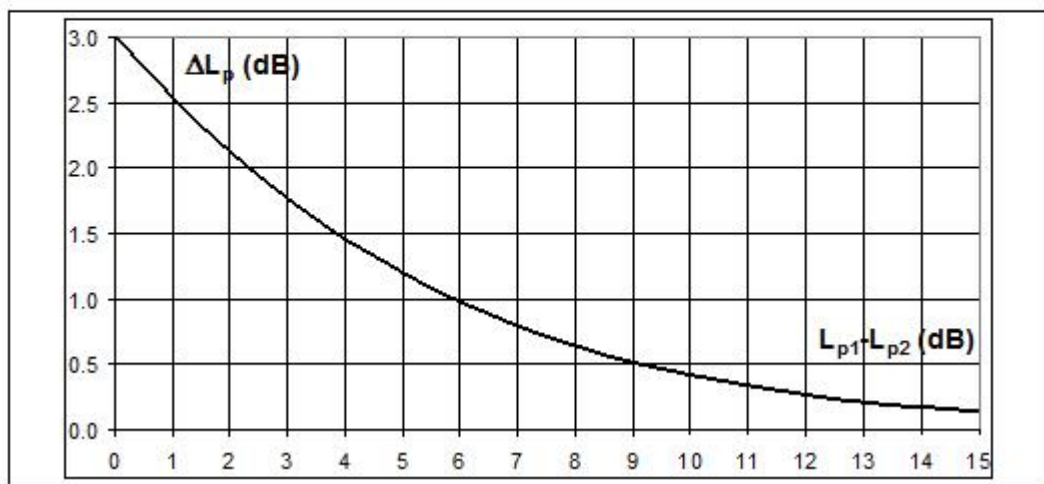
Composición energética de niveles de intensidad:

$$L_I = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right) = 10 \log \left(\frac{I_1}{I_0} + \frac{I_2}{I_0} + \dots + \frac{I_N}{I_0} \right)$$

$$L_I = 10 \log \left(10^{L_{I1}/10} + 10^{L_{I2}/10} + \dots + 10^{L_{IN}/10} \right)$$

Por tanto, para la composición energética de niveles acústicos:

$$L = L_1 \oplus L_2 \oplus \dots \oplus L_N = 10 \log \left(\sum_{i=1}^N 10^{L_i/10} \right)$$



Existe un método gráfico, que permite sumar niveles sonoros de dos en dos. Al sumar dos niveles, primero se halla la diferencia entre ambos, y este valor se introduce en el eje de las abscisas del gráfico. El valor donde se cruza con la curva es el incremento de dB que hay que sumar al valor más alto. Para sumar más de dos de niveles sonoros, se ordenan de menor a mayor y se van sumando de dos en dos empezando por el menor para obtener la suma de los niveles 65, 60, 72, 65, 62 y 67 dB:

- Se ordenan de menor a mayor: 60, 62, 65, 65, 67, 70.

- Se suman dos a dos (\oplus suma energética)

$$60 \oplus 62 = 64$$

$$64 \oplus 65 = 67,5$$

$$67,5 \oplus 65 = 69,3$$

$$69,3 \oplus 67 = 71$$

$$71 \oplus 70 = 73,5$$

Anexo J.- Coeficiente de absorción de ruido de los materiales

Overview - absorption measurements		
No	Rockwool products	Weighted absorption
1	SeaRox SL 740, 50 mm	$\alpha_w = 0.75$
2	SeaRox SL 740, 50 mm + alu foil	$\alpha_w = 0.65$
3	SeaRox SL 320, 50 mm	$\alpha_w = 0.85$
4	SeaRox SL 340, 50 mm	$\alpha_w = 0.90$
5	SeaRox SL 340, 50 mm + 1 mm perf. steel suspended 10 mm	$\alpha_w = 0.90$
6	SeaRox SL 340, 2 x 50 mm	$\alpha_w = 0.95$
7	SeaRox SL 340, 2 x 50 mm + glass net + 1 mm perf. steel	$\alpha_w = 0.95$
8	SeaRox SL 340, 2 x 50 mm + glass net + 1 mm perf. steel suspended 10 mm	$\alpha_w = 0.95$
9	SeaRox SL 436, 50 mm	$\alpha_w = 0.85$
10	SeaRox SL 440, 50 mm	$\alpha_w = 0.75$
11	SeaRox SL 480, 30 mm	$\alpha_w = 0.75$
12	SeaRox SL 480, 50 mm	$\alpha_w = 0.75$
13	SeaRox SL 480, 2 x 30 mm	$\alpha_w = 0.80$
14	SeaRox SL 620, 40 mm	$\alpha_w = 0.80$
15	SeaRox SL 620, 40 mm + alu foil	$\alpha_w = 0.50$
16	SeaRox SL 620, 60 mm incl. pin's and washer	$\alpha_w = 0.90$
17	SeaRox SL 620, 60 mm incl. pin's and washer, covered by 19 μ foil	$\alpha_w = 0.90$
18	SeaRox SL 640, 30 mm	$\alpha_w = 0.70$
19	SeaRox SL 640, 50 mm	$\alpha_w = 0.80$
20	SeaRox SL 640, 2 x 30 mm	$\alpha_w = 0.90$
21	SeaRox SL 640, 30 mm + 30 mm alu + 1 mm perf. steel suspended 10 mm	$\alpha_w = 0.30$
22	SeaRox SL 660, 2 x 50 mm	$\alpha_w = 0.90$
23	SeaRox WM 950, 50 mm	$\alpha_w = 0.90$
24	SeaRox WM 950 ALU, 50 mm	$\alpha_w = 0.75$
25	SeaRox WM 950, 100 mm	$\alpha_w = 0.95$
26	SeaRox WM 950 ALU, 100 mm	$\alpha_w = 0.75$
27	SeaRox WM 620, 45 mm	$\alpha_w = 0.90$
28	SeaRox WM 620, 45 mm + SeaRox Acoustic Foil (19 μ)	$\alpha_w = 0.77$
29	SeaRox WM 620, 45 mm + SeaRox Acoustic Foil (19 μ) + perf. steel plate (suspended)	$\alpha_w = 0.77$
30	SeaRox WM 620, 2 x 45 mm	$\alpha_w = 0.95$
31	SeaRox WM 620, 45 mm with 400 g/m ² glass cloth	$\alpha_w = 0.75$
32	SeaRox WM 640, 30 mm	$\alpha_w = 0.80$
33	SeaRox WM 640, 75 mm	$\alpha_w = 0.90$
34	SeaRox WM 640, 100 mm	$\alpha_w = 0.90$

Anexo K.- Cálculos de ruido por habitación

Ete anexo muestra los cálculos realizados para obtener los niveles de ruido en cada cuarto, sin embargo como es un cálculo académico el nivel de ruido mostrado no es exacto, faltan algunos ítems a considerar, razón por la que se busco una diferencia grande entre los niveles de ruido y los niveles obtenidos.

COMPARTIMENTO						
Sala de Maquinas	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 620	45.0	A-60	72.63	18309312.88	
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	45.0	A-60	72.63	18309312.88	
Mamparo-Proa	SEAROX SL 620	45.0	A-60	72.63	18309312.88	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	45.0	A-60	72.63	18309312.88	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	72.63	18309312.88	
Piso		39.4		78.24	66717587.13	
				Nivel medio(dB)	74.21	ok
						<90 by IMO

COMPARTIMENTO					
Lazareto	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)
Costados-Babor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.71	186.5132876
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.71	186.5132876
Mamparo-Proa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.71	186.5132876
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.71	186.5132876
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	23.71	234.8063174
Piso		39.4		29.32	855.6143553
				Nivel medio(dB)	24.86

cuarto de bombas	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)
Costados-Babor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.65	183.9351444
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.65	183.9351444
Mamparo-Proa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.65	183.9351444
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	22.65	183.9351444
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	23.65	231.5606275

Piso		39.4		29.26	843.7873358
				Nivel medio(dB)	24.80

Pasillo de bodegas	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)
Costados-Babor		39.4		29.27	845.9596896
Costados-Estribor		39.4		29.27	845.9596896
Mamparo-Proa		39.4		29.27	845.9596896
Mamparo-Popa		39.4		29.27	845.9596896
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	23.66	232.1567867
Piso		39.4		29.27	845.9596896
				Nivel medio(dB)	28.71

Cocina	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)
Costados-Babor		39.4		64.90	3093382.037
Costados-Estribor		39.4		64.90	3093382.037
Mamparo-Proa		39.4		64.90	3093382.037
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	58.29	674318.8095
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	59.29	848917.0849
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	58.29	674318.8095
				Nivel medio(dB)	62.82
					<75 by IMO

Comedor	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)
Costados-Babor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448
				Nivel medio(dB)	23.24
					<60 by IMO

Bodega	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					25.10	<60 by IMO

Enfermería	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					25.10	<60 by IMO

Lavandería	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	59.29	848308.0828	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	59.29	848308.0828	
Mamparo-Proa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	59.29	848308.0828	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	58.29	673835.0619	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	48.29	67383.50619	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	58.29	673835.0619	
Nivel medio(dB)					58.20	<60 by IMO

gambuza de frio	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	9.74	9.421211448	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					24.85	<75 by IMO

camarote visita	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX WM 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					24.27	<60 by IMO

baño 1	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	9.74	9.421211448	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					23.96	<60 by IMO

Jefe de Maquinas	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	25.05	<60 by IMO

Baño 2	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	25.10	<60 by IMO

Cuarto 1	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	25.10	<60 by IMO

Cuarto 2	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					25.10	<60 by IMO

Cuarto 3	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					25.10	<60 by IMO

Cuarto 4	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					25.10	<60 by IMO

Cuarto 5	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					24.27	<60 by IMO

Cuarto 6	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					24.27	<60 by IMO

Cuarto 7	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					25.10	<60 by IMO

Cuarto 8	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	25.10	<60 by IMO

Baño 3	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	25.10	<60 by IMO

Sala de Descanso	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	25.10	<60 by IMO

Pasillo	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Cubierta		39.4		26.36	432.1903208	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Nivel medio(dB)					24.20	<60 by IMO

Capitán de Altura	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	
Nivel medio(dB)					25.15	<60 by IMO

Jefe de cubierta	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	
Nivel medio(dB)					25.15	<60 by IMO

Patrón de pesca	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	ok
				Nivel medio(dB)	24.34	<60 by IMO

Patrón Costanero	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	ok
				Nivel medio(dB)	24.34	<60 by IMO

Oficial de Maquina	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	ok
				Nivel medio(dB)	25.15	<60 by IMO

Baño 4	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	ok
				Nivel medio(dB)	25.15	<60 by IMO

Baño Capitán						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	20.74	118.606025	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa		39.4		26.36	432.1903208	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	ok
				Nivel medio(dB)	25.15	<60 by IMO

puente de gobierno	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Mamparo-Proa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
				Nivel medio(dB)	19.92	<65 by IMO

Pasillo	Material	Rw(dpb)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10^(ruido/10)	
Costados-Babor		39.4		26.36	432.1903208	
Costados-Estribor		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Proa		39.4		26.36	432.1903208	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	19.74	94.21211448	
Cubierta	SEAROX SL 620	45.0	A-60	20.74	118.606025	
Piso		39.4		26.36	432.1903208	ok
				Nivel medio(dB)	25.10	<60 by IMO

Espacio	Ruido	Ruido
	Normal_IMO (dB)	calculado en Sala (dB)
Sala de Maquinas	90	71.50
Lazareto	75	22.14
cuarto de bombas	90	22.08
Pasillo de bodegas	90	26.00
Cocina	75	24.47
Comedor	60	23.24
Bodega	60	25.10
Enfermería	60	25.10
Lavandería	60	19.85
gambuza de frio	75	24.85
camarote visita	60	24.27

baño 1	60	23.96
Jefe de Maquinas	60	25.05
Baño 2	60	25.10
Cuarto 1	60	25.10
Cuarto 2	60	25.10
Cuarto 3	60	25.10
Cuarto 4	60	25.10
Cuarto 5	60	24.27
Cuarto 6	60	24.27
Cuarto 7	60	25.10
Cuarto 8	60	25.10
Baño 3	60	25.10
Sala de Descanso	60	25.10
Pasillo	60	24.20
Capitán de Altura	60	25.15
Jefe de cubierta	60	25.15
Patrón de pesca	60	24.34
Patrón Costanero	60	24.34
Oficial de Maquina	60	25.15
Baño 4	60	25.15
Baño Capitán	60	25.15

punte de gobierno	65	19.92
Pasillo	60	25.10

Anexo L.-Peso y centroide de la caseta

Habitaciones	Pp [m ²]	Pr[m ²]	Eb[m ²]	Eb[m ²]	Eb[m ²]	Sub. Sup.[m ²]	Cub. Inf.[m ²]	Area T [m ²]	Ruido Limite Permissible [MD]	centroide X [m]	centroide Y [m]	Volumen[uar to [m ³]	momento X [m ³ -m]	momento Y [m ³ -m]	Peso de habitabilidad
Sala de Maquina	16.25	21.77	58	58	75	45	274.02	90	-	-	-	-	-	-	-
Lazareto	13.5	20.5	13.54	56	49.5	166.58	75	-	-	-	-	-	-	-	-
cuarto de bomb	30	5.7	93.3	60	25.59	307.89	90	-	-	-	-	-	-	-	-
Pasillo de bodeg	6.28	4.7	40.38	187.32	40.38	187.32	90	-	-	-	-	-	-	-	-
Cubierta de trabajo															
Cocina	7.5	9.37	9.37	11.24	11.24	56.22	75	187	125	125	26.976	50.44512	33.72	449.6	449.6
Comedor	10.18	9.7	19.83	19.82	31.9	123.33	60	3.96	125	125	76.56	303.1776	95.7	1276	1276
Bodega	7.5	7.5	5.9	7.08	7.08	40.96	60	4.93	125	125	16.992	83.77056	21.24	283.2	283.2
Enfermería	7.5	7.5	4.55	5.46	5.46	35.02	60	7.01	125	125	13.104	91.85904	16.38	218.4	218.4
Lavandería	4.9	4.85	9.11	9.12	7.16	42.3	60	18.3	125	125	17.184	31.44672	21.48	286.4	286.4
gambuza de frio	2.77	2.77	6.75	3	3	25.04	75	2.29	125	125	7.2	16.488	9	120	120
camarote visit	7.63	7.43	6.16	7.43	7.43	42.24	60	4.88	125	125	17.832	87.02016	22.29	297.2	297.2
baño 1	7.43	7.2	4.47	4.48	5.24	34.07	60	7.01	125	125	12.6	88.326	15.75	210	210
Jefe de Maquina	7.2	5.43	11.12	10.16	10.44	54.79	60	9.9	125	125	25.056	248.0544	31.32	417.6	417.6
Baño 2	5.26	5.26	4.1	4.1	3.45	25.62	60	11.1	125	125	8.28	91.9908	10.35	138	138
Cuarto 1	10.69	10.23	4.17	4.2	7	43.29	60	12.79	125	125	16.8	214.872	21	280	280
Cuarto 2	10.23	9.6	4.42	4.47	7.03	42.78	60	14.51	125	125	16.872	244.8127	21.09	281.2	281.2
Cuarto 3	9.6	8.78	4.85	4.92	7.15	42.45	60	16.34	125	125	17.16	280.3944	21.45	286	286
Cuarto 4	8.78	7.55	5.36	5.5	7.03	41.25	60	18.39	125	125	16.872	310.2761	21.09	281.2	281.2
Cuarto 5	8.78	7.55	5.5	5.36	7.15	42.45	60	16.34	125	125	17.16	280.3944	21.45	286	286
Cuarto 6	9.6	8.78	4.92	4.85	7.15	42.45	60	16.34	125	125	16.872	244.8127	21.09	281.2	281.2
Cuarto 7	10.23	9.6	4.47	4.42	7.03	42.78	60	14.51	125	125	16.872	244.8127	21.09	281.2	281.2
Cuarto 8	10.69	10.23	4.2	4.17	7	43.29	60	12.79	125	125	16.8	214.872	21	280	280
Baño 3	5.26	5.26	4.1	4.1	3.45	25.62	60	11.1	125	125	8.28	91.9908	10.35	138	138
Sala de Descans	6.2	5.43	10.08	10.05	9.4	50.56	60	9.9	125	125	22.56	223.344	28.2	376	376
Pasillo	5.27	3.98	65.56	55.73	36.43	203.4	60	10.07	125	125	87.432	880.4402	109.29	1457.2	1457.2
Nivel de Super estructura															
Capitan de Altur	3.28	5.62	13.15	10.7	8.79	50.33	60	14.45	3.74	3.74	21.096	304.8372	78.899	351.6	351.6
Jefe de cubierta	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	37.52	60	8.16	3.74	3.74	15.648	127.6877	58.5235	260.8	260.8
Patron de pesca	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	37.52	60	8.16	3.74	3.74	15.648	127.6877	58.5235	260.8	260.8
Patron Costanel	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	37.52	60	10.8	3.74	3.74	15.648	168.9984	58.5235	260.8	260.8
Oficial de Maquil	6.04	6.04	6.2	6.2	6.52	37.52	60	10.8	3.74	3.74	15.648	168.9984	58.5235	260.8	260.8
Baño 4	5.76	5.76	2.95	2.95	3.1	23.62	60	12.8	3.74	3.74	7.44	95.232	27.8256	124	124
Baño Capitan	2.4	2.4	4.4	4.4	1.8	17.2	60	13.1	3.74	3.74	4.32	56.592	16.1568	72	72
punte de gobier	12.14	6.24	8.16	8.16	13.52	61.74	85	17.8	3.74	3.74	32.448	577.5744	121.956	540.8	540.8
Pasillo	2.16	2.16	23.74	23.74	8.81	69.42	60	12.46	3.74	3.74	21.144	263.4542	79.0786	362.4	362.4
Total de la Caseta												624.504	6280.126	1151.74	10408.4

Anexo M.- Procedimiento de optimización del sistema propulsor

A continuación se explica el proceso que se siguió para la optimización del sistema de propulsión. Se empieza con el análisis de los datos de entrada del capítulo dos.

	Ingres.
D,diametro Hélice,m	2.7
P,paso Hélice, m	2.15
P/D	0.80
Ae/Ao	0.80
Z	4
#hélice	1
Potencia al freno,BHP	3084
RPM,motor	900
Razón de reducción	3.5
Inmersión de la hélice,m	3.5
n, rpm de hélice	257.14
Angulo de inclinación	0
conventional ster	1
Hub Diameter,m	0.4500

Resultados Obtenidos de los Valores Originales								
V[knots]	Rn	(1+k)	Cf	Cv	w	Va[knots]	R[Kn]	EHP
12.1	42122 05.26	1.2075 1892	0.0017 0905	0.0026 6602	0.246 31472	9.70862 323	100.8 8571 6	841.422 463
t	T[Kn]	J	Kt*	ΔKt	Kt	Kq*	ΔKq	Kq
0.2122 5449	128.16 6604	0.4312 5465	0.1814 5474	0.0003 4767	0.181 8024	0.02276 682	- 0.000 4880 6	0.02227 875
THP[H p]	Q[kn- m]	DHP[H P]	nh	no	nr	nb	nd	PS
857.69 2428	378.14 6322	1466.6 6011	0.9810 3054	0.5600 9622	0.98	0.54889 43	0.573 6997	1496.59 195

Como podemos ver del proceso anterior el dato más relevante es el de la eficiencia puesto que este es el que se va a optimizar.

$$n_o = 0.56$$

Este es el valor más importante puesto que el objetivo de este estudio es optimizar la eficiencia del propulsor, en el estudio se pudo comprobar que el motor seleccionado para nuestra embarcación estaba sobredimensionado por lo que se tuvo que escoger otro motor que cumpla con lo necesario para nuestra embarcación actual.

Por tanto los cálculos futuros que se vayan a realizar se realizarán utilizando el nuevo motor, este cambio de motor se debe a los cambios que hubieron en la resistencia y las malas asunciones que se realizaron en Diseño Naval I.

Con estas consideraciones presentamos el analisis de la resistencia de la embarcación siguiendo el proceso de holtrop que está adjuntado en los anexos.

Datos de entrada para Cálculo de la resistencia por Holtrop

Los valores con los que se realiza el cálculo de resistencia son los datos de la embarcación optimizada que se encontró en el cuaderno de Estabilidad y formas, es decir son las dimensiones optimizadas. Se siguió el proceso explicado en [2] y en [4]

Descripción	Valor	
lwl,m	61	
lpp,m	52.86	
Bwl,m	11	
T,calado medio,m	5,5	
Tpr, calado en proa,m	5.5	
Tpp, calado en popa,m	5.5	
Desplazamiento, tons	1900	
Aw,superficie mojada,m2	887	
Ax, Área de sección media,m2	85.11	
Bt,manga del espejo sumergido,m	6.96	
Tt, calado del espejo,m	1.24	
At, área de inmersión del espejo,m2	8.6	

ie,1/2 angulo de entrada (°)	12.69	
lcb(+proa),m	-2.36	
Cwp	0.781	
Cpv	0.55	
Abt, área transversal del bulbo de proa (m2)	4.53	
Hb,(desde LB), inmersión del bulbo de proa (m)	2.43	
lcb(+proa),%lwl	-2.36	
Cx	0.931	
Cb	0.56	
alto de la super estructura,m	5.68	
ancho de la super estructura, m	10.6	
área de apendices(m2)	169.76	
U-shaped sections with hogner ster	10	CSTERN

elemento	(1+k2)	Sapp	(1+k2)*Sapp
rudder behind skeg	2	4.75	9.5
skeg	2	32.13	64.26
hull bossings	2	112.88	225.76
dome	2.7	20	54
No element	0	0	0
No element	0	0	0
No element	0	0	0
No element	0	0	0
No element	0	0	0

No element	0	0	0
No element	0	0	0
Σ	169.76	353.52	

Con esta tabla se pudo encontrar el valor de $(1+k_2)_{eq}$, este es el que se utiliza en los cálculos de la resistencia por Holtrop, este valor es presentado a continuación:

$(1+k_2)_{eq}$	2.08246937
----------------	------------

A continuación listamos todas las resistencias que se han calculado:

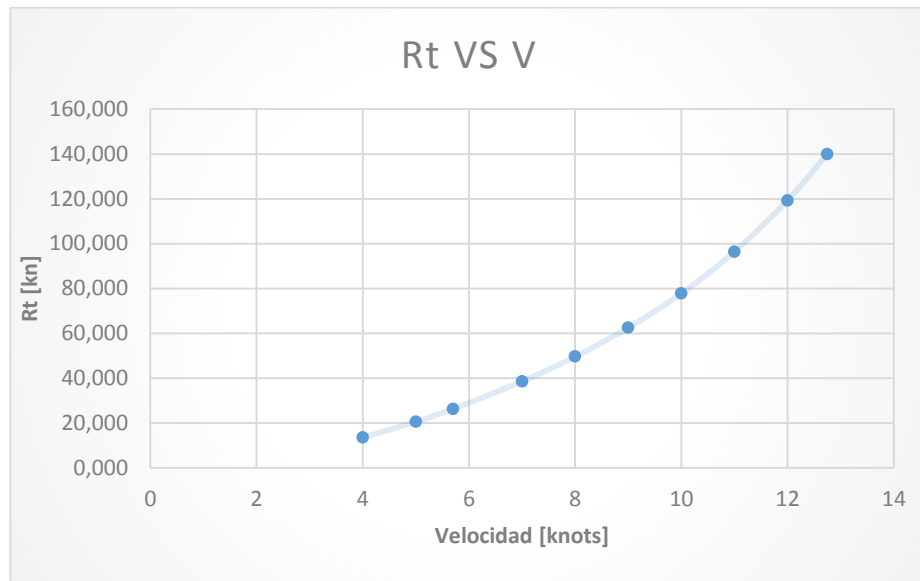
- Resistencia Friccional (R_f)
- Resistencias por Apéndices (R_{app})
- Resistencia por olas (R_w)
- Resistencia por viento (R_{wind})
- Resistencia por bulbo (R_b)
- Resistencia por la presión añadida de la popa sumergida (R_{tr})
- Resistencia por correlación de modelos (R_a)

La resistencia total (R_t) es la suma algebraica de todos estos resultados, a este valor final se le añade un 10% por efecto de la conchilla.

Con estos datos se pudo realizar el cálculo de la resistencia total de la embarcación, mismo que se presenta abajo:

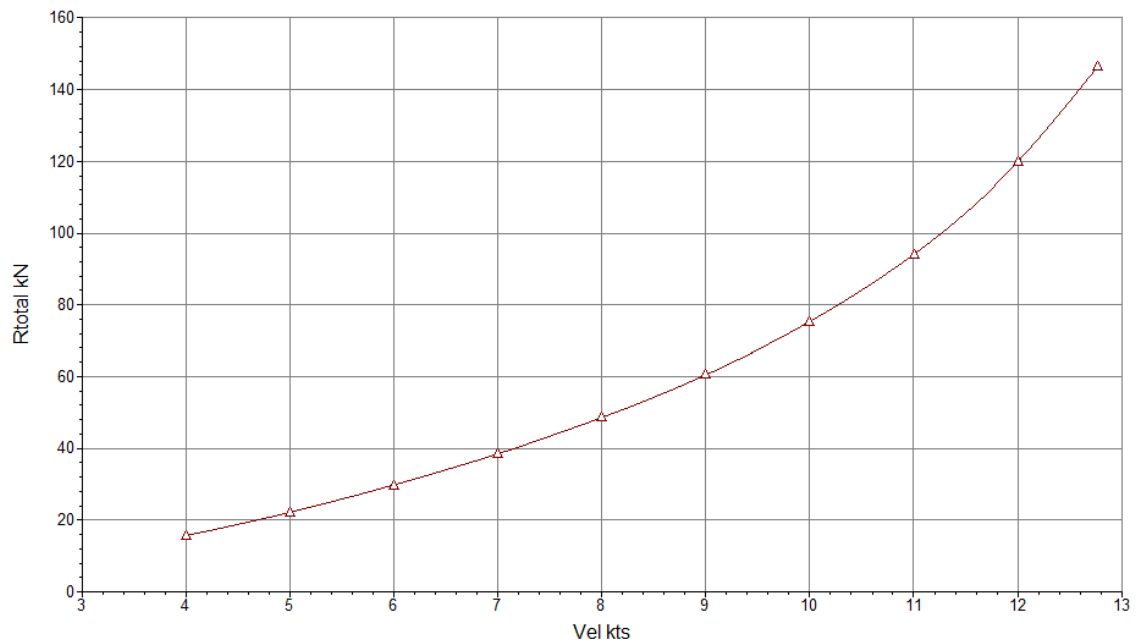
V[knots]	Fn	Rn	(1+K)	Cf	Rf[kN]	Rapp[kN]	Rw[kN]	Rwind[kn]	Rb[kN]	Rtr[kN]	Ra[kN]	Rt[kn]	Rt[kN]*1.1
4	0.09	1.4E+06	1.208	0.002	4.610	1.674	0.000	1.06	0.01	3.68	1.29	12.3	13.57
5	0.11	1.7E+06	1.208	0.002	6.982	2.535	0.001	1.66	0.02	5.52	2.02	18.7	20.61
5.7	0.13	2.0E+06	1.208	0.002	8.910	3.235	0.008	2.15	0.03	6.96	2.62	23.9	26.32
7	0.16	2.4E+06	1.208	0.002	13.065	4.744	0.112	3.25	0.05	9.91	3.96	35.1	38.59
8	0.18	2.8E+06	1.208	0.002	16.759	6.085	0.485	4.24	0.07	12.34	5.17	45.1	49.66
9	0.20	3.1E+06	1.208	0.002	20.878	7.580	1.535	5.37	0.08	14.85	6.54	56.8	62.52
10	0.23	3.5E+06	1.208	0.002	25.416	9.228	3.898	6.63	0.10	17.40	8.07	70.7	77.82
11	0.25	3.8E+06	1.208	0.002	30.368	11.026	8.420	8.02	0.11	19.92	9.77	87.6	96.40
12	0.27	4.2E+06	1.208	0.002	35.729	12.972	16.093	9.55	0.13	22.36	11.63	108.5	119.30
12.75	0.29	4.4E+06	1.208	0.002	40.016	14.529	24.549	10.78	0.14	24.09	13.12	127.2	139.95

De la tabla superior podemos ver que la resistencia a 12.75 nudos es de 139.95 Kn este es el valor de resistencia con el que se trabajará para realizar la optimización del propulsor, puesto que a fin de cuentas ese es nuestro objetivo en esta parte del proceso. Del cálculo se pudo determinar la curva de resistencia de la embarcación actual.

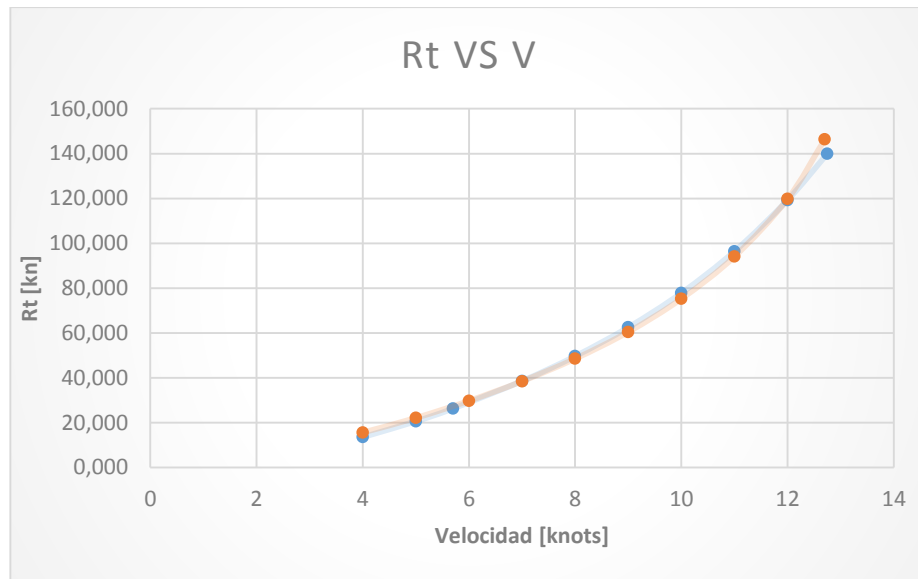


Curva de Resistencia

Esta gráfica que es obtenida de Excel se la va a comparar con la gráfica que se obtiene de navcad al ingresar los mismos valores de la embarcación, es decir ingresar los valores de la embarcación optimizada.



Curva de resistencia obtenida por navcad



Comparación de las dos curvas de resistencia obtenida

De la curva se puede apreciar que existe una buena aproximación entre ambos resultados, esto nos da la confianza para continuar con el proceso. Esto quiere decir que el resultado es verdaderamente confiable y que se ha obtenido la resistencia verdadera de la embarcación.

La coincidencia entre ambas curvas de resistencia indica que en software y en el programa Excel se están realizando las mismas consideraciones puesto que de no ser así esta igualdad no sería tan notoria.

Una vez realizado esto podemos comenzar a realizar la optimización del sistema de propulsión que se estudió con anterioridad, para ello debemos recordar que la condición más importante que se debe cumplir para asegurar la máxima eficiencia de la hélice que es la igualdad de los B_p .

$$K_q^{\frac{1}{4}} * J^{-\frac{3}{4}} = \left[\frac{P_d}{2 * \pi * \rho * D^2 * V_a^3} \right]^{\frac{1}{4}}$$

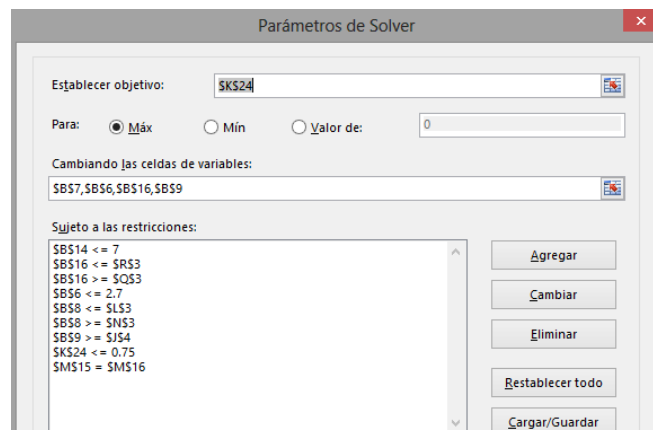
La búsqueda de esta igualdad nos asegurará alcanzar la combinación más eficiente de D,Pitch,rpm. Para poder realizar una correcta aproximación del propulsor el valor del DHP se considera como:

$$DHP' = BHP * 0.95$$

Y puesto que no se puede trabajar a toda la potencia del se dejará un 10% libre para el diseño del propulsor por lo que la potencia final será.

$$DHP = DHP' * 0.9$$

Puesto que el proceso ya fue explicado con anterioridad, se presentan a continuación las restricciones que se emplearon en el solver del programa Excel.



Restricciones empleadas en el Solver

V[knots]	Rn	(1+k)	Cf	Cv	w	nr
12.75	4438480.75	1.20751892	0.00169738	0.00266071	0.237	0.98

Va[knots]	t	T[Kn]	J	Kt*	ΔKt	Kt
10.31	0.21225449	177.798083	0.47830321	0.2057369	0.0003	0.2060

Kq*	ΔKq	Kq	R[Kn]	EHP	THP[Hp]	Q[kn-m]
0.0261	-0.0006	0.0255	139.95	1229.96035	1263.28224	396.27

DHP[HP]	Nh	no	nr	nb	nd	Ps
2,178.54	0.974	0.62	0.980	0.603	0.587	2,223.00

Valores que se obtuvieron con la optimización.

Como se puede apreciar el valor de la eficiencia alcanzó el máximo valor posible.

Recordando que el valor anterior era de 0.56 y este es de 0.62, decimos que hemos obtenido la mayor eficiencia.

Podemos comprobar la igualdad de los valores Bp.

Kq*J	0.695
P/2PI()Dva	0.695

Esto es correcto esperar puesto que es la condición más eficiente.

A continuación se presentan los datos de entrada de ambos casos y el original, puesto que en el programa las celdas del óptimo pueden variar, con esto se puede comparar y notar la diferencia entre ambos casos.

	Optim.	Ingres.
D,diametro Hélice,m	2.70	2.7
P,paso Hélice, m	2.200	2.15
P/D	0.81	0.80
Ae/Ao	0.55	0.80
Z	4	4
#hélice	1	1
Potencia al freno,BHP	2548	3084
RPM,motor	900	900
Razón de reducción	3.66	3.5
Inmersión de la hélice,m	3.5	3.5
n, rpm de hélice	246.16	257.14
Angulo de inclinación	0	0
conventional ster	1	1
Hub Diameter,m	0.45	0.4500

Comparación de las dimensiones del propulsor

Anexo N.- Condición de carga 100% Carga-10% Consumibles

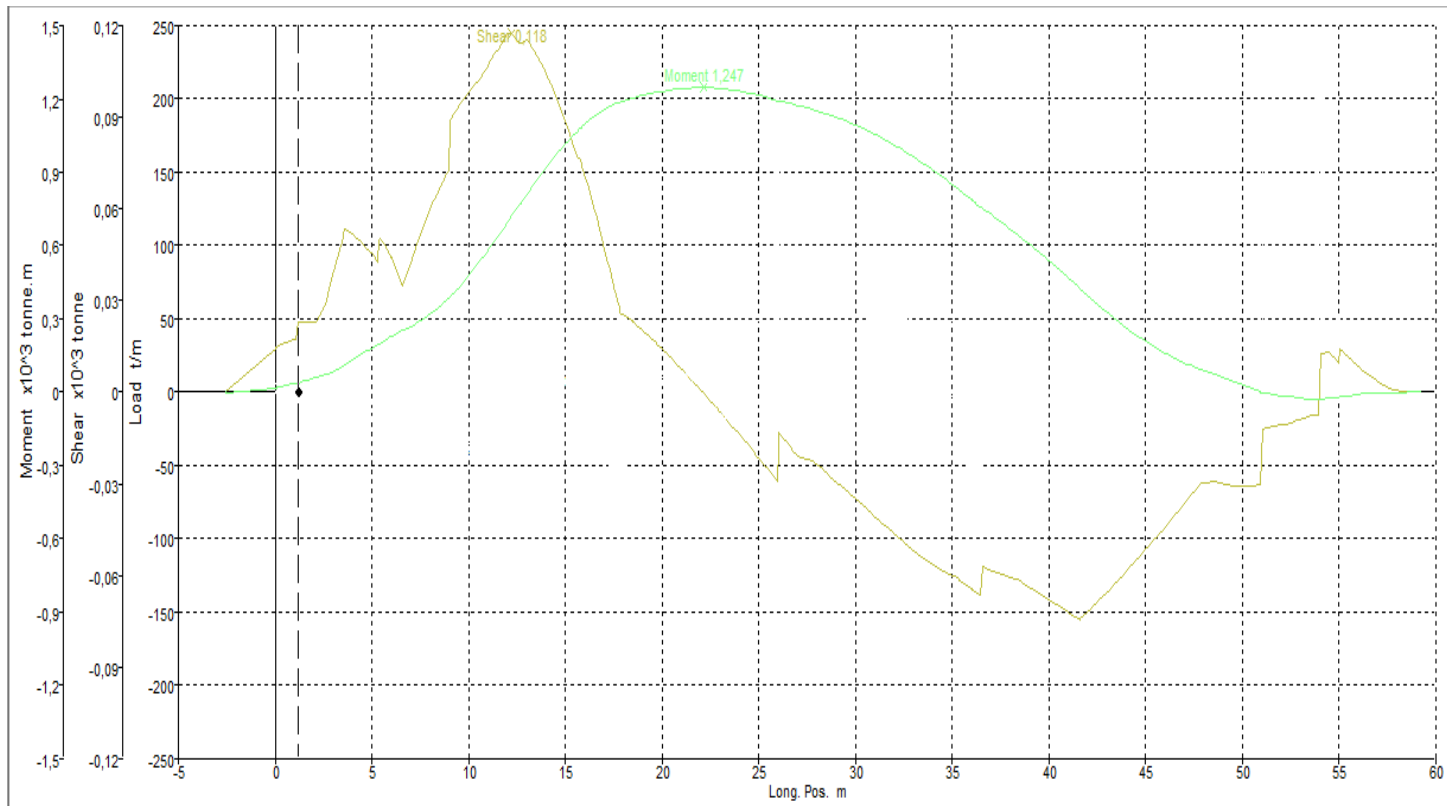
GRUPO	Nombre	Cant.	Unidad de masa (Ton)	Total Masa (Ton)	Brazo Long (m)	Brazo Transv. (m)	Brazo Vertical (m)	F. Sup. Libre
100	Estructura	1	385	385	27,53	0	4,5	0
	Mástil	1	16,7	16,7	26,00	0	15	0
	superestructura	1	105	105	36,50	0	12,3	0
	Subtotal			506,7	29,34	0	6,46240379	0
200	Eje	1	8,69	8,69	5,35	0	1,59	0
	Hélice	1	2,4	2,4	2,74	0	1,59	0
	peso maquina	1	19	19	12,00	0	2	0
	Reductor	1	15,5	15,5	9,00	0	2	0
	subtotal			45,59	9,23	0	1,90026541	0
300	Generador	1	10	10	8,50	0	2	0
400	Habitabilidad	1	9,55	9,55	36,50	0	10,7	0
	Helicóptero	1	3	3	38,20	0	16	0
	Lanchas cub.	2	1,2	2,4	34,40	0	14,13	0
	Lanchas sup.	1	1,2	1,2	38,04	0	14,13	0
	Subtotal			16,15	36,62	0	12,4491022	0
500	Cabrestante	1	18	18	51,00	0	6	0
	Cadena	1	20	20	54,00	0	3,1	0
	Macaco	1	2	2	15,70	0	17	0
	Panga	1	32	32	3,00	0	7,96	0
	Sala de frio	1	73	73	46,50	0	3,2	0
	Ancla	1	5	5	55,00	0	7,4	

	Servomotor y pala	1	6	6	1,13	0	2,45	0
	Subtotal			156	37,19	0,00	4,53	0,00
600	Peso del aislante	1	13,48	13,48	25,00	0	3,3	
	Peso del forro	1	62,7	62,7	25,00	0	3,3	
	RED	1	30	30	10,00	0	9,4	
	Subtotal			106,18	20,76	0,00	5,02	
f	aceite1	10%	5,659	0,566	5,322	3,17	4,027	1,055
	aceite2	50%	5,437	2,719	4,865	-3,403	4,589	1,033
	AGUA DULCE1	10%	17,788	1,779	16,499	2,833	1,24	13,061
	AGUA DULCE2	10%	17,788	1,779	16,499	-2,833	1,24	13,061
	AGUA DULCE3	10%	2,136	0,214	49,237	0	0,47	0,461
	aguas negras	10%	2,752	0,275	17,434	0	0,374	0,773
	Atún 1	100%	88,481	88,481	20,388	3,016	3,534	0
	Atún 2	100%	88,481	88,481	20,388	-3,016	3,534	0
	Atún 3	100%	90,084	90,084	25,373	3,05	3,506	0
	Atún 4	100%	90,084	90,084	25,373	-3,05	3,506	0
	Atún 5	100%	78,819	78,819	30,353	3,004	3,51	0
	Atún 6	100%	78,819	78,819	30,353	-3,004	3,51	0
	Atún 7	100%	72,183	72,183	35,315	2,818	3,542	0

Atún 8	100 %	72,18 3	72,18 3	35,31 5	- 2,818	3,542	0
Atún 9	100 %	58,03 6	58,03 6	40,23 7	2,436	3,624	0
Atún 10	100 %	58,03	58,03 6	40,23 7	- 2,436	3,624	0
Atún 11	100 %	33,76 1	33,76 1	45,01 7	1,845	3,875	0
Atún 12	100 %	33,76 1	33,76 1	45,01 7	- 1,845	3,875	0
Atún 13	100 %	18,02 7	18,02 7	9,905	4,254	4,455	0
Atún 14	100 %	18,02 7	18,02 7	9,905	- 4,254	4,455	0
Atún 15	100 %	25,21 1	25,21 1	15,27 2	4,452	4,279	0
Atún 16	100 %	25,21 1	25,21 1	15,27 2	- 4,452	4,279	0
T.Q.1	100 %	3,231	3,231	19,47	1,924	0,74	0
T.Q.2	100 %	3,231	3,231	19,47	- 1,924	0,74	0
T.Q.3	100 %	12,84 8	12,84 8	23,41	1,911	0,649	0
T.Q.4	100 %	12,84 8	12,84 8	23,41	- 1,911	0,649	0
T.Q.5	100 %	14,93 4	14,93 4	28,31	2,071	0,602	0
T.Q.6	100 %	15,41 6	15,41 6	28,39	- 2,074	0,602	0
T.Q.7	100 %	13,37 1	13,37 1	33,37	1,909	0,623	0
T.Q.8	100 %	13,46 8	13,46 8	33,38	- 1,898	0,623	0
T.Q.9	100 %	7,939	7,939	38,27	1,391	0,695	0
T.Q. 10	100 %	7,939	7,939	38,27	- 1,391	0,695	0
T.Q. 11	100 %	2,813	2,813	43,22	0,646	0,762	0
T.Q. 12	100 %	2,813	2,813	43,22	- 0,646	0,762	0

	T.Q. 13	100 %	3,817	3,817	2,24	3,342	5,265	0
	T.Q. 14	100 %	3,817	3,817	2,24	- 3,342	5,265	0
	Subtotal			1014, 2	31,00	0	3,99	3,99

Anexo O.- Curvas de Momento y Fuerza Cortante



Anexo P.- Ventanas de ingreso de Datos y Resultados de Navcad

The screenshot shows the 'Appendage' tab in the Navcad software. The interface includes a top navigation bar with icons for Condition, Hull, Appendage, Environment, Misc, and Propulsor. Below this, there are three tabs: 'Holtrop set', 'High speed set', and 'Sailing yacht set'. The main area is titled 'Wetted areas (ex. thruster) per hull' and contains a table with two columns: 'Wetted areas (ex. thruster) per hull' and 'Drag coefficient'. Each row in the table has input fields for numerical values and units, and a small icon to the right of each drag coefficient field. At the bottom of the window, there are 'Done' and 'Help' buttons.

Wetted areas (ex. thruster) per hull	Drag coefficient
Rudders: 9.2 m ²	3
Shaft brackets: 0	5
Skeg: 9.76	2
Strut bossing: 0	4
Hull bossing: 120.1	2
Exposed shafts: 0	2
Stabilizer fins: 0	2.8
Dome: 0	2.7
Bilge keels: 0	1.4
Bow thruster diam: 1.2 m	0.0075

Información sobre los apéndices.

Condition	Hull	Appendage	Environment	+%	Misc	Propulsor
Wind			Seas			
Wind speed:	<input type="text" value="19"/>	fts	Sig wave height:	<input type="text" value="1.89"/>	m	
Angle off bow:	<input type="text" value="0"/>	deg	Modal wave period:	<input type="text" value="8.8"/>	sec	
Tran hull area:	<input type="text" value="60.44"/>	m ²	Channel			
VCE above WL:	<input type="text" value="1.64"/>	m	Channel width:	<input type="text" value="0"/>	m	
LCE fwd transom:	<input type="text" value="33.49"/>	m	Channel depth:	<input type="text" value="0"/>	m	
Tran superst area:	<input type="text" value="73.15"/>	m ²	Side slope:	<input type="text" value="0"/>	deg	
VCE above WL:	<input type="text" value="6.54"/>	m	Hull girth:	<input type="text" value="0"/>	m	
LCE fwd transom:	<input type="text" value="39.71"/>	m				
Total longl area:	<input type="text" value="376.9"/>	m ²				
VCE above WL:	<input type="text" value="4.32"/>	m				
LCE fwd transom:	<input type="text" value="36.39"/>	m				
Wind location:	<input type="text" value="Free stream"/>					
Hull type:	<input type="text" value="Cargo ship"/>					
<input type="button" value="Done"/>			<input type="button" value="Help"/>			

Condiciones Climatológicas.

Condition Hull Appendage Environment **+%** Misc Propulsor

Type: **Margin**

Margin

Based on: Hull drag only

Design margin: 10 %

Towed net dimensions

Total twine length: 0 m

Twine diameter: 0 In

Towed barge dimensions

Bow: Curved rake

Stern: Square

Length on WL: 0 m

Max beam on WL: 0 m

Max molded draft: 0 m

Displacement bare: 0 t

Wetted surface: 0 m²

Drag margins

Appendages: 0 %

Tow line: 0 %

Wind/seas: 0 %

Shallow draft: 0 %

Done Help

Márgenes

Condition Hull Appendage Environment **+%** Misc Propulsor

General

Profile/description: [Icon] [Text]

Number of propulsors: 1

Propulsor type: B-series

User Kt/Kq file: [Icon] [Text]

Blades: 4

Exp. area ratio: 0.800

Diameter: 2.720 m

Pitch: 2.230 m

Immersion: 3.37 m

Propeller options

Scale corr: B-series

Kt multiplier: Std 1

Kq multiplier: Std 1

Blade t/c: Std 0

Roughness: Std 0 mm

Propeller cup: 0 mm

Pitch type: FPP

Cav breakdown: Apply

Engine/gear data

Engine file: [Icon] C280-81CAT.eng

Rated RPM/power: 900.0 RPM / 3393.0 hp

Gear efficiency: 0.97

Gear ratio: 3.55

Shaft efficiency: 0.92

Propulsion sizing

Done Help

Condiciones de la Propulsión

Vessel drag	Propulsive coefficients
Bare-hull: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Holtrop 1984"/>	Wake fraction: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Holtrop 1984"/>
Friction line: <input type="text" value="ITTC"/>	Thrust deduction: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Holtrop 1984"/>
Technique: <input type="text" value="Prediction"/>	Relative rotative efficiency: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Holtrop 1984"/>
Align to: <input type="text" value="Rbare/W"/>	Friction line: <input type="text" value="ITTC"/>
Align by: <input type="text"/>	Correlation allowance: <input type="text" value="0.00043"/>
Options	3D form factor: <input type="text" value="1.2666"/>
Correlation allowance: <input type="text" value="0.00043"/>	<input type="checkbox"/> Wake fraction scale corr
<input checked="" type="checkbox"/> Roughness (mm): <input type="text" value="0.15"/>	Rudder loc: <input type="text" value="Free stream"/>
<input checked="" type="checkbox"/> 3D form factor: <input type="text" value="1.2666"/>	<input type="checkbox"/> Wake fraction duct corr
<input checked="" type="checkbox"/> Speed-dependent correction	<input type="checkbox"/> Tunnel stern correction
Catamaran (monohull-based) _____	Tunnel diam: <input type="text" value="0"/> m
Interference: <input type="text" value="Off"/> <input type="text" value="Simple displ/semi"/>	Tunnel depth: <input type="text" value="0"/> m
Added drag	System analysis
Appendage: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Holtrop 1988"/>	Analysis type: <input type="text" value="Free run"/>
Wind: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Taylor head wind"/>	Cav criteria: <input type="text" value="Keller eqn"/>
Seas: <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Modified Aertssen"/>	CPP method: <input type="text" value="Fixed RPM"/>
Channel: <input type="text" value="Off"/> <input type="text" value="Landweber channel"/>	Engine RPM: <input type="text" value="0"/>
Misc: Margin <input type="button" value="Calc"/> <input type="text" value="Hull drag only"/>	Blade impulse pressure
	Wake peak: <input type="text" value="0.5"/>
	Hub to hull: <input type="text" value="1.76"/> m
	Acceleration _____
	Added mass mult: <input type="text" value="1"/>

Modo de cálculo escogido

Anexo Q.- Tabla de selección de Reductor de la pagina BoatDiesel.com



Continuous Duty

MODEL	kW/rpm	BHP (kW)	BHP (kW)	BHP (kW)
		750 rpm	1,000 rpm	1,100 rpm
WAF 2346	2,45	2462 (1838)	3283 (2450)	3611 (2695)
	2,45	2462 (1838)	3283 (2450)	3611 (2695)
WAF 2355	2,45	2462 (1838)	3283 (2450)	3611 (2695)
	2,45	2462 (1838)	3283 (2450)	3611 (2695)
WAF 2365	2,45	2462 (1838)	3283 (2450)	3611 (2695)
WAF 2375	2,45	2462 (1838)	3283 (2450)	3611 (2695)
WAF 3445	3,25	3266 (2438)	4355 (3250)	4791 (3575)
	3,25	3266 (2438)	4355 (3250)	4791 (3575)
WAF 3455	3,25	3266 (2438)	4355 (3250)	-
	3,13	3149 (2350)	4198 (3133)	-
WAF 3465	3,25	3266 (2438)	4355 (3250)	-
	3,24	3255 (2429)	4340 (3239)	-
	2,94	2955 (2205)	3940 (2940)	-
WAF 3475	3,25	3266 (2438)	4355 (3250)	-
WAF 4545	3,80	3819 (2850)	5092 (3800)	-
	3,80	3819 (2850)	5092 (3800)	-
WAF 4555	3,80	3819 (2850)	5092 (3800)	-
WAF 4566	3,80	3819 (2850)	5092 (3800)	-
WAF 4575	3,80	3819 (2850)	5092 (3800)	-

WEIGHT Kg (lbs)	RATIOS	REMARKS
6000 (13200)	2.076, 2.529, 3.033 3.458, 4.041, 4.454	* = special reduction ratios
7000 (15400)	3.923, 4.461, 4.916 5.454, 5.762	OPTIONS Please find information regarding options, trolling valves, PTO etc. on separate product sheets.
8000 (17600)	5.560, 6.130, 6.455	CLASSIFICATION Classification: in most cases the ratings are accepted by major classification societies. Classified ratings on request.
10000 (22000)	6.440, 7.087, 7.455	
7100 (15620)	2.053, 2.515, 3.038 3.462, 4.043, 4.524	
8500 (18700)	4.480, 4.957, 5.524 5.955	
10400 (22880)	5.583, 5.870 6.524 6.955	
11500 (25300)	6.458, 7.136, 7.524	
8900 (19580)	1.923, 2.455, 2.931 3.423, 3.952, 4.429	
10500 (23100)	4.583, 5.091, 5.429, 3.773	
12600 (27720)	5.500, 6.091, 6.429, 6.818	
14100 (31020)	6.739, 7.091, 7.476	

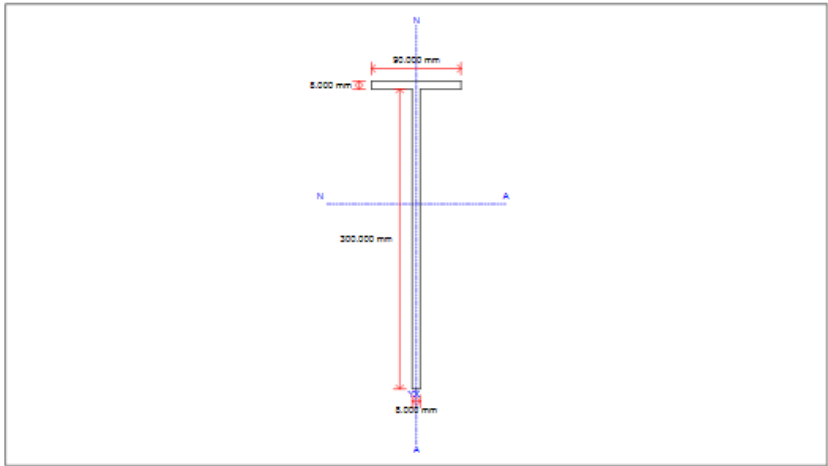
Anexo R.- Elementos Calculados en SSC

5.4 longitudinales cubierta principal

Status Summary Table

Data Entered	Calculation Failure	Rule Failure	Overridden Values
Complete	No	Not Applicable	No

Property	Units	Entered
Fabrication Type	///	Built
Web depth - dw	mm	300.000
Web thickness - tw	mm	8.000
Flange breadth	mm	90.000
Flange thickness	mm	8.000
Web area	cm2	24.000
Flange area	cm2	7.200
Section modulus XX	cm3	167.830
Section modulus YY	cm3	11.084
Inertia XX	cm4	3113.886
Inertia YY	cm4	49.880
Total area	cm2	31.200
Inertia XY	cm4	0.000
Centroid X	cm	0.000
Centroid Y	cm	18.554
Inertia XX'	cm4	3113.886
Inertia YY'	cm4	49.880
Principal axis angle	deg	0.000

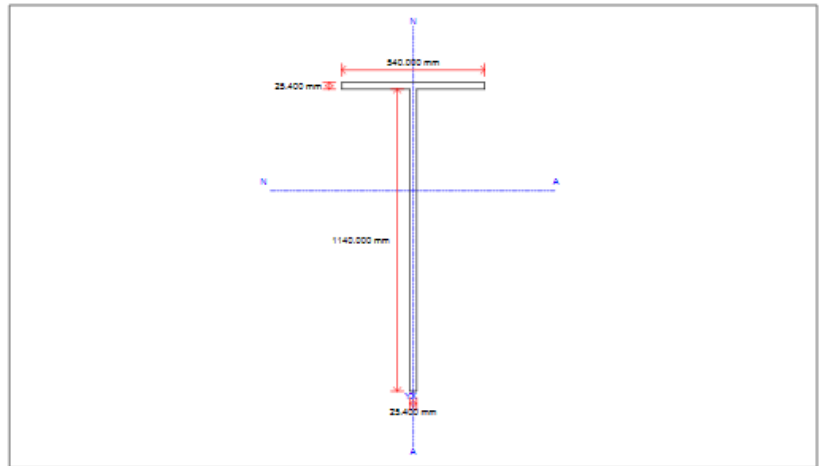


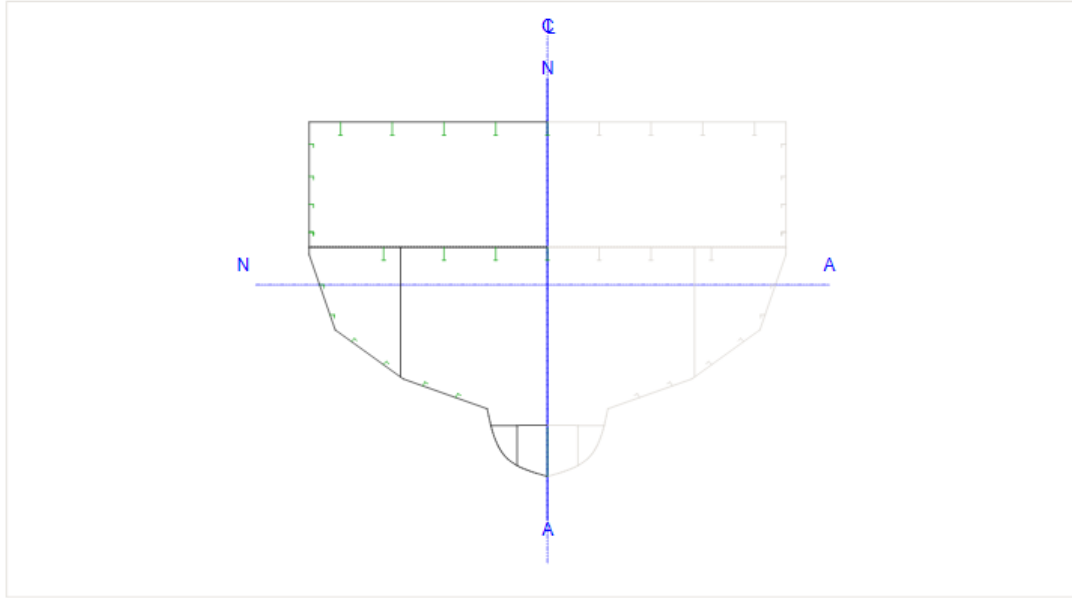
5.6 base de maquinas


Status Summary Table

Data Entered	Calculation Failure	Rule Failure	Overridden Values
Complete	No	Not Applicable	No

Property	Units	Entered
Fabrication Type	///	Built
Web depth - dw	mm	1140.000
Web thickness - tw	mm	25.400
Flange breadth	mm	540.000
Flange thickness	mm	25.400
Web area	cm2	289.560
Flange area	cm2	137.160
Section modulus XX	cm3	8314.923
Section modulus YY	cm3	1240.206
Inertia XX	cm4	629686.140
Inertia YY	cm4	33485.557
Total area	cm2	426.720
Inertia XY	cm4	0.000
Centroid X	cm	0.000
Centroid Y	cm	75.730
Inertia XX'	cm4	629686.140
Inertia YY'	cm4	33485.557
Principal axis angle	deg	0.000





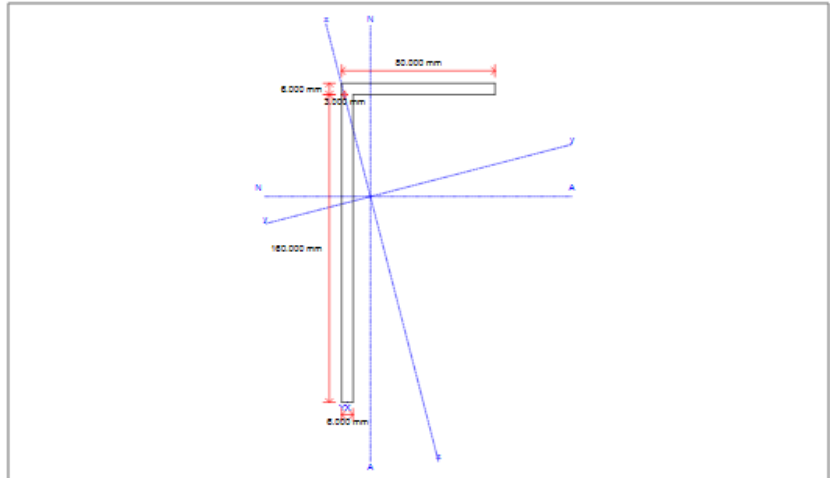
Property	Units	Entered
Only include effective longitudinal material?		Yes
Frame Number		18
Frame Offset	mm	0.000

5.12 cuaderna simple costado

Status Summary Table

Data Entered	Calculation Failure	Rule Failure	Overridden Values
Complete	No	Not Applicable	No

Property	Units	Entered
Fabrication Type	///	Built
Web depth - dw	mm	160.000
Web thickness - tw	mm	6.000
Flange breadth	mm	80.000
Flange thickness	mm	6.000
Flange offset	mm	3.000
Web area	cm2	9.600
Flange area	cm2	4.800
Section modulus XX	cm3	39.510
Section modulus YY	cm3	10.778
Inertia XX	cm4	425.392
Inertia YY	cm4	69.696
Total area	cm2	14.400
Inertia XY	cm4	98.272
Centroid X	cm	1.233
Centroid Y	cm	10.767
Inertia XX'	cm4	450.737
Inertia YY'	cm4	44.351
Principal axis angle	deg	-14.462



5.13 longitudinal de superestructura

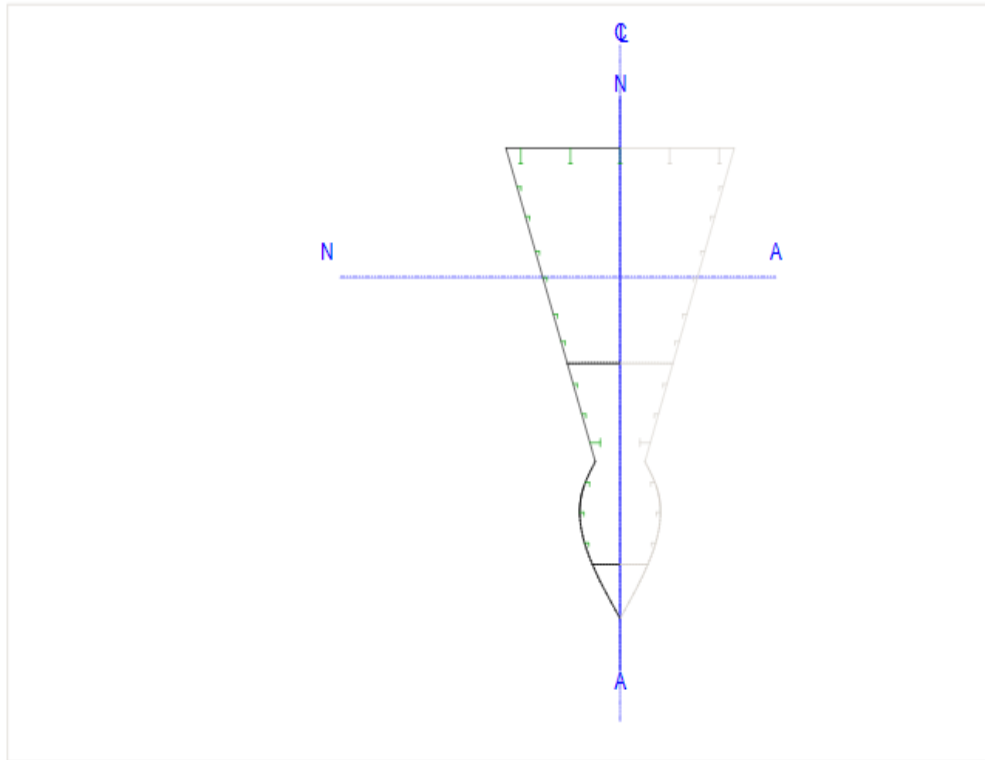
Status Summary Table

Data Entered	Calculation Failure	Rule Failure	Overridden Values
Complete	No	Not Applicable	No

6.3 Corte en proa

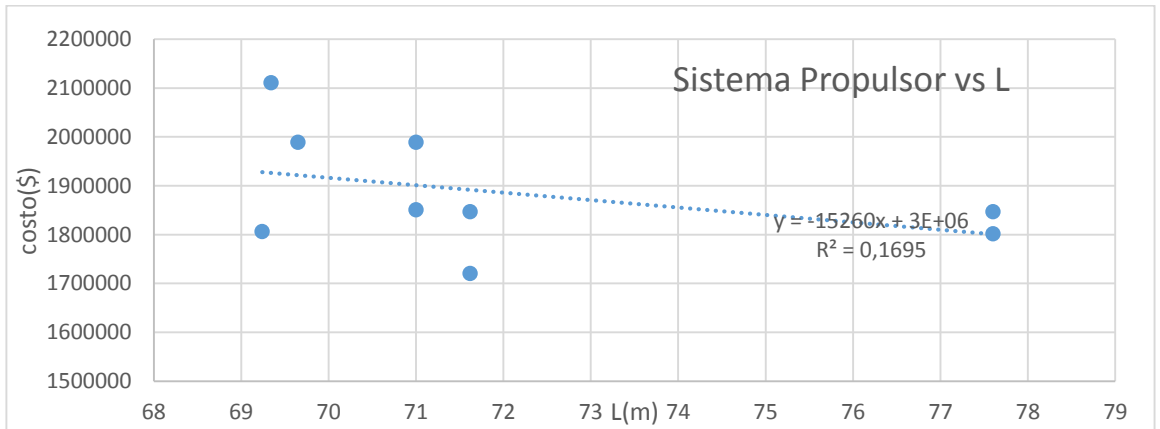
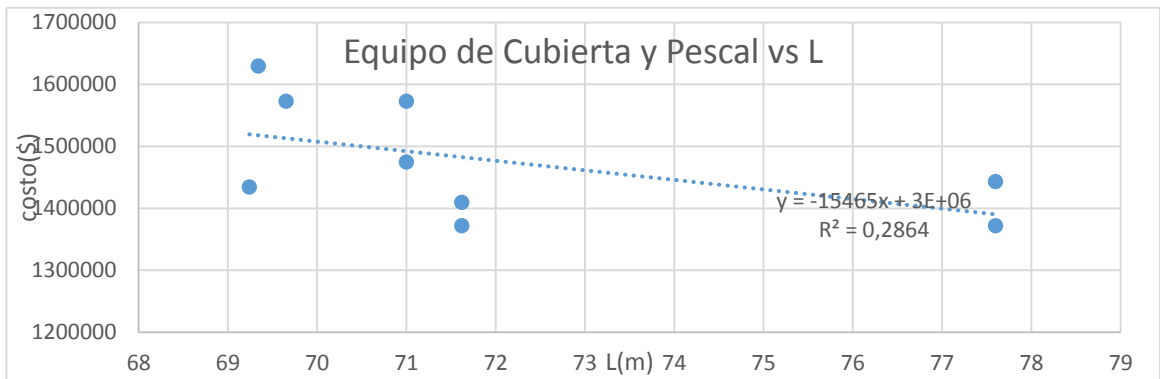
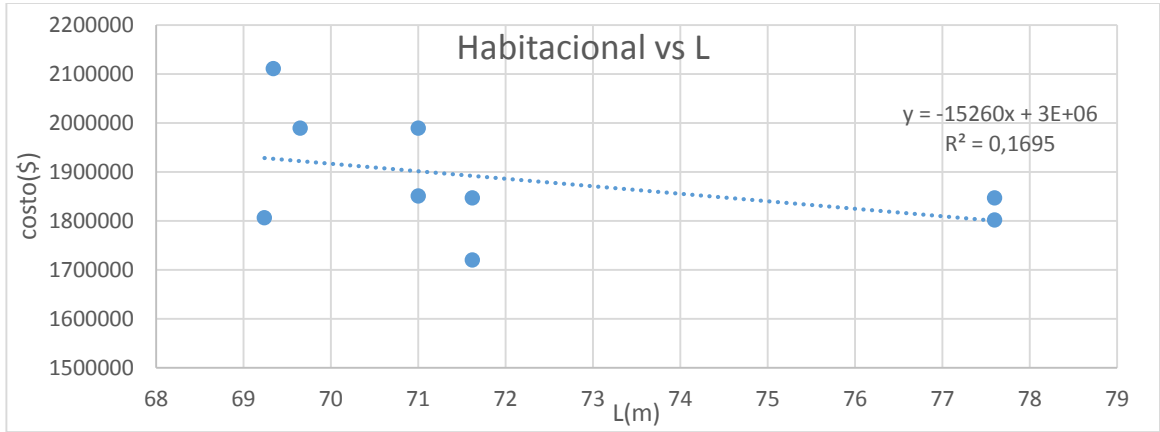
Status Summary Table

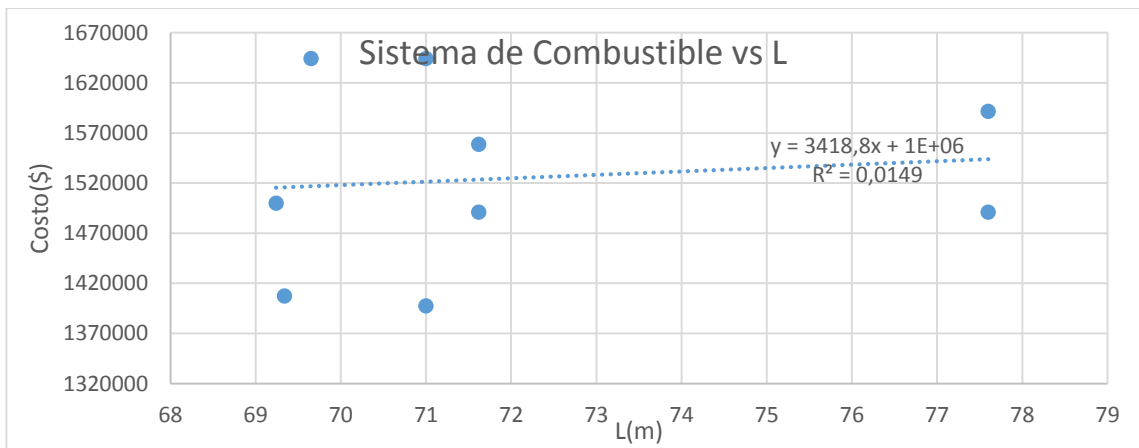
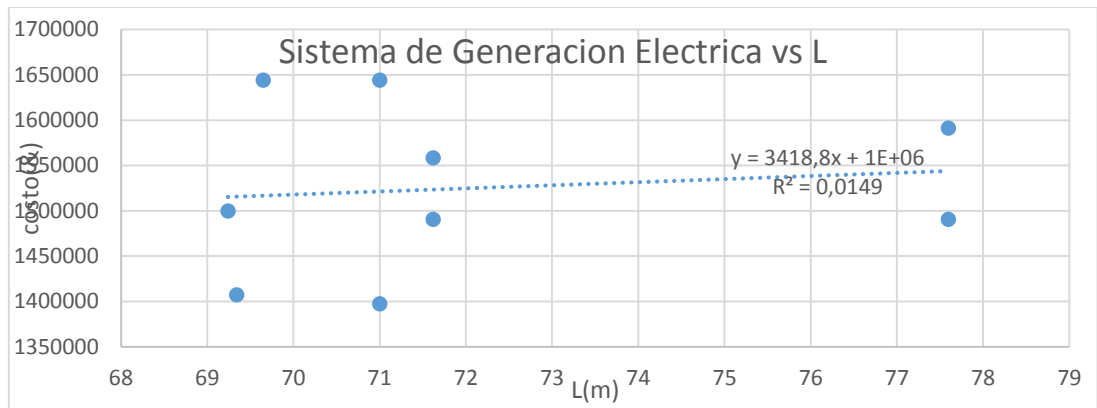
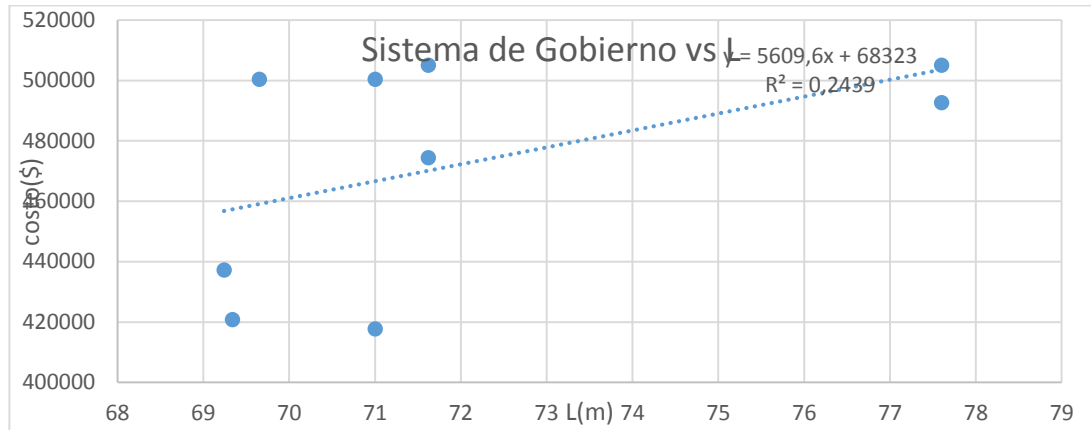
Data Entered	Calculation Failure	Rule Failure	Overridden Values
Incomplete	No	Not Applicable	No

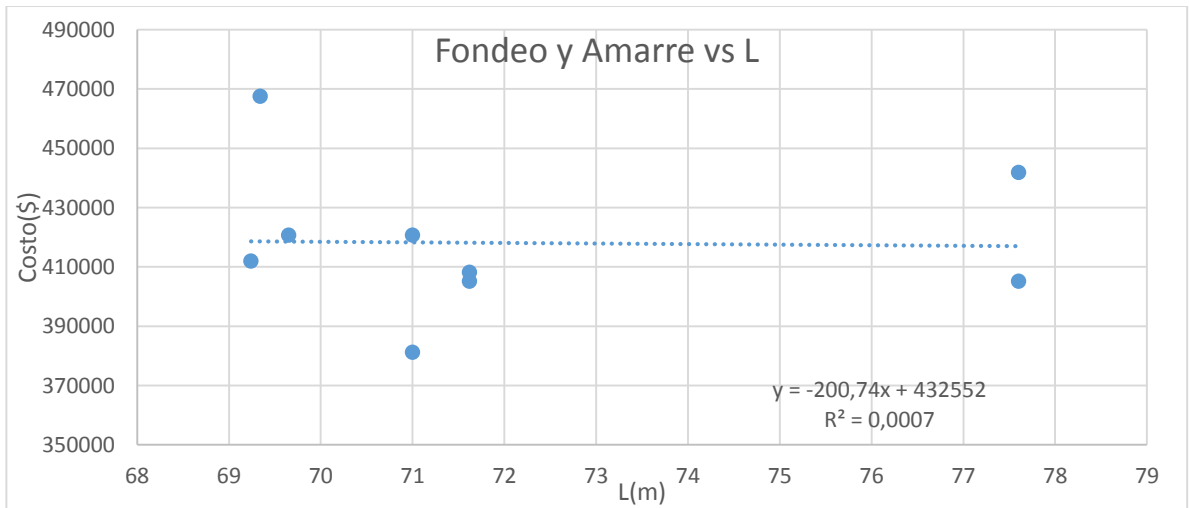
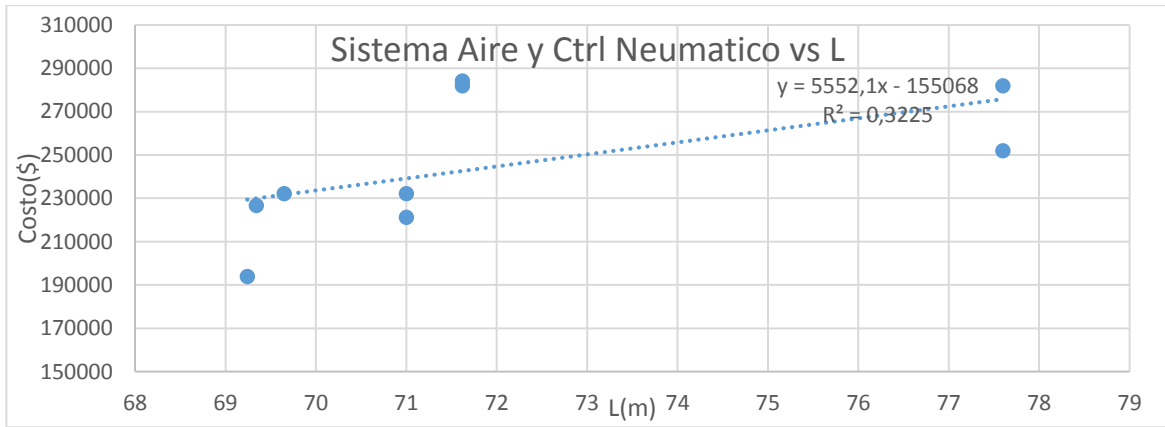
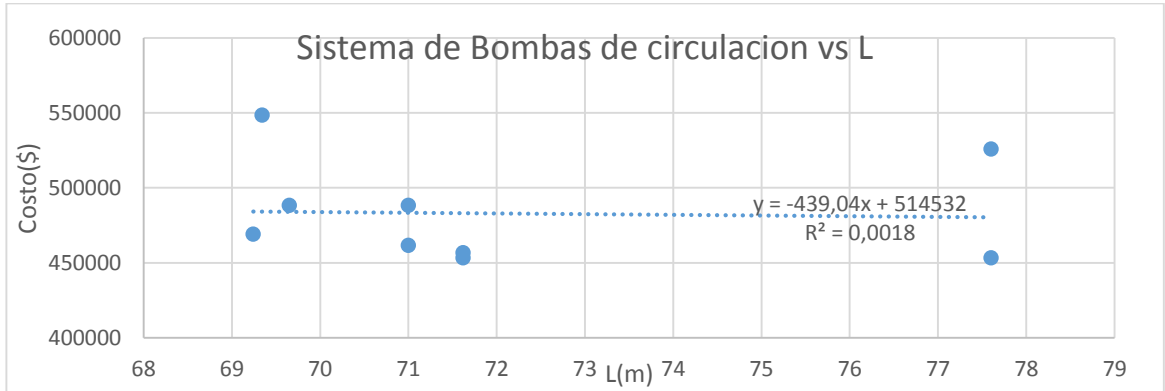


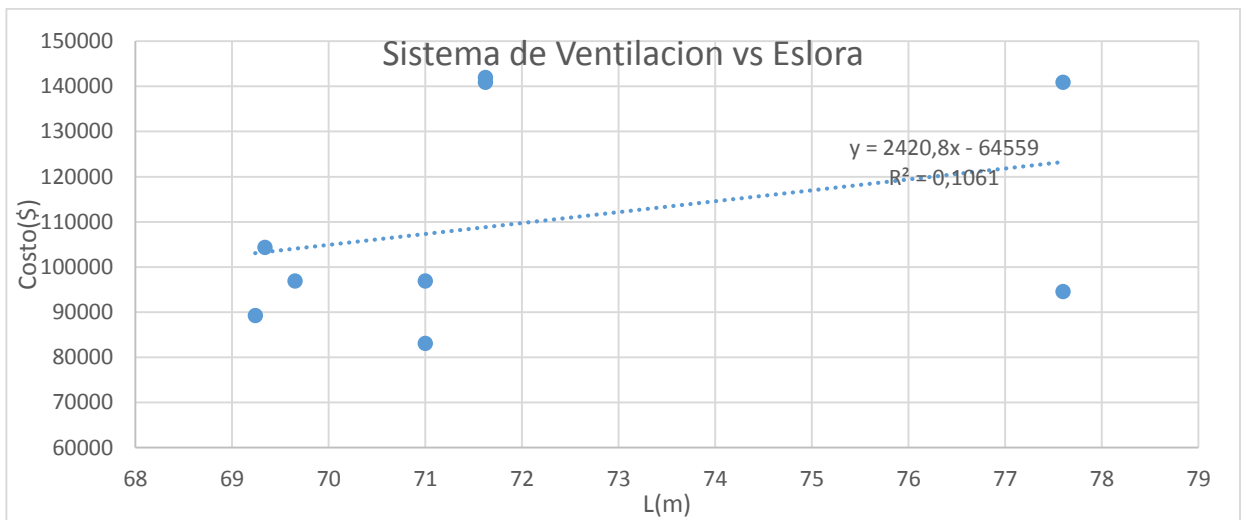
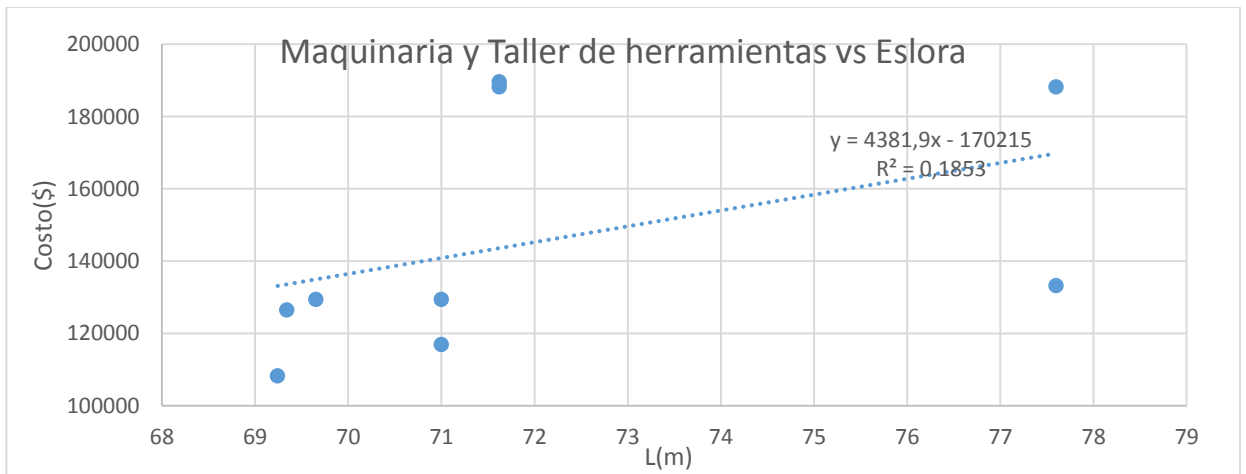
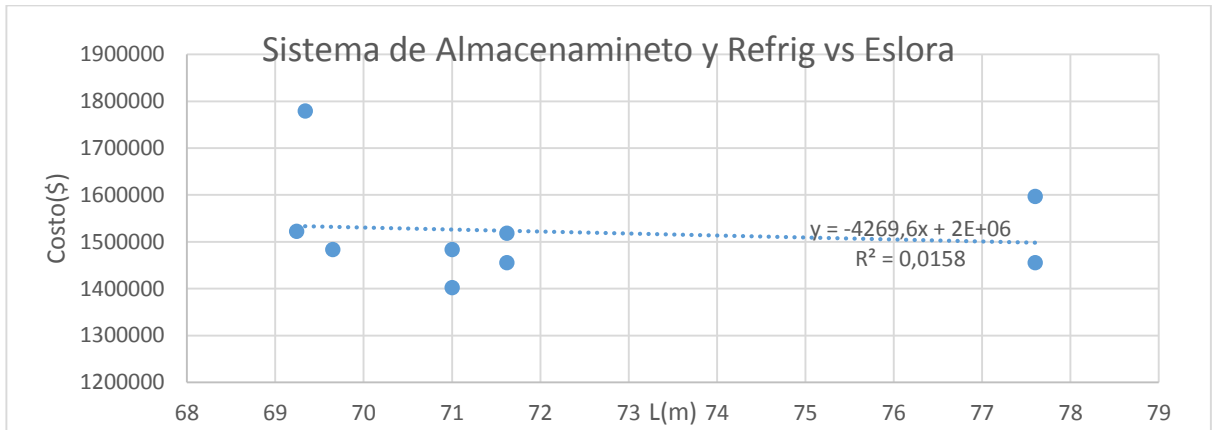
Property	Units	Entered
Only include effective longitudinal material?	///	Yes
Frame Number	///	89
Frame Offset	mm	0.000
Distance forward of AP	m	50.160
Fraction of rule length (x/LRule)	///	0.929
Section modulus at deck	m ³	0.682
Section modulus at keel	m ³	0.172
Shear area	m ²	0.117

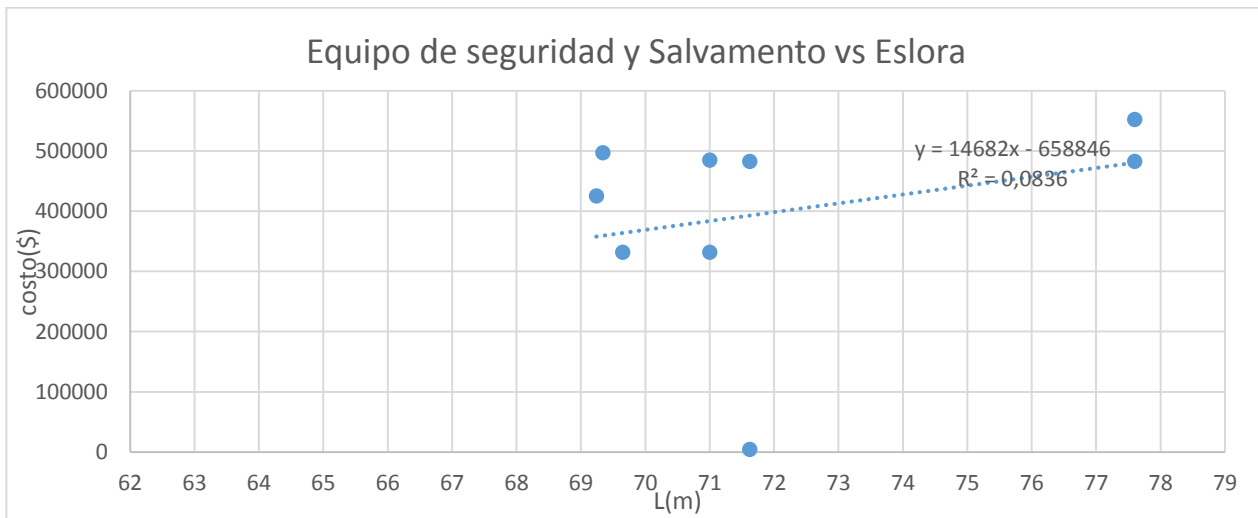
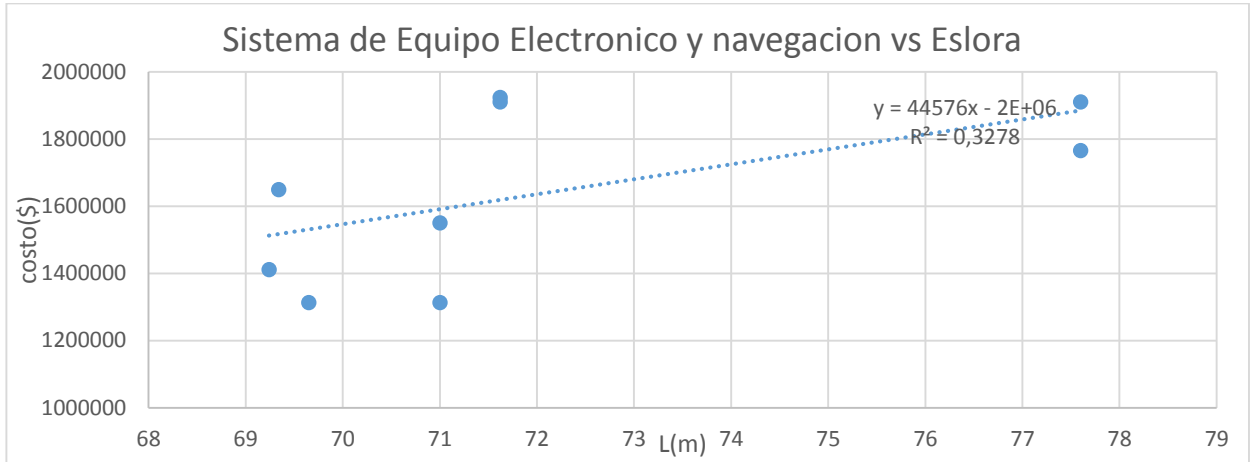
Anexo S.- Costo de los diferentes Sistemas A Bordo



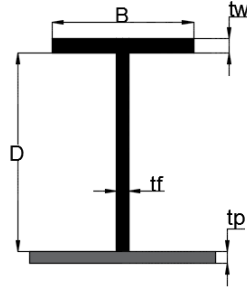




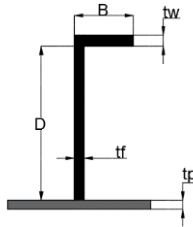




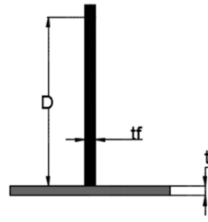
Anexo T.- Biblioteca de perfiles



i	Nombre	D(mm)	B(mm)	tf(mm)	tw(mm)	yg(mm)	A(mm ²)	I _{gx} (mm ⁴)	I _{gx} +pl(mm ⁴)	I _{gy} (mm ⁴)	S _{Mxx} (mm ³)	M _{xx} +pl(mm ³)	M _{xx} +pl(mm ³)	S _{Myy} (mm ³)
1	T 216x75/7x16	200	75	7	16	150	2600	12229005	41981137	41981137	81610	298466	298466	1119497
2	T 217x75/7x17	200	75	7	17	152	2675	12552874	43453664	43453664	82740	311292	311292	1158764
3	T 217x90/7x17	200	90	7	17	157	2930	13309712	47634284	47634284	84961	357135	357135	1058540
4	T 219x90/7x19	200	90	7	19	160	3110	13947903	50779514	50779514	87062	387544	387544	1128434
5	T 217x100/8x17	200	100	8	17	156	3300	15077463	50905382	50905382	96716	394256	394256	1018108
6	T 219x100/8x19	200	100	8	19	159	3500	15804880	54177773	54177773	99126	427456	427456	1083555
7	T 266x90/8x16	250	90	8	16	181	3440	25256782	73915492	73915492	139792	456181	456181	1642566
8	T 267x90/8x17	250	90	8	17	183	3530	25902830	76257191	76257191	141652	474871	474871	1694604
9	T 315x100/12x15	300	100	12	15	196	5100	53293566	119529571	119529571	271458	651038	651038	2390591
10	T 340x120/12x15	325	120	12	15	216	5700	69954507	152826413	152826413	323587	804643	804643	2547107
11	T 370x120/12x20	350	120	12	20	242	6600	95225909	203361042	203361042	393053	1046459	1046459	3389351
12	T 395x120/12x20	375	120	12	20	256	6900	113867636	236028267	236028267	444456	1140662	1140662	3933804
13	T 425x120/12x25	400	120	12	25	282	7800	147521635	299459895	299459895	523626	1355830	1355830	4990998
14	T 450x120/12x25	425	120	12	25	296	8100	172546875	341364233	341364233	583257	1461099	1461099	5689404
15	T 455x120/12x30	425	120	12	30	307	8700	186259159	370424982	370424982	607424	1506964	1506964	6173750
16	T 460x120/12x35	425	120	12	35	316	9300	199035020	397751271	397751271	629119	1547703	1547703	6629188
17	T 475x120/12x25	450	120	12	25	310	8400	200064732	386564320	386564320	645742	1568928	1568928	6442739
18	T 525x120/12x25	500	120	12	25	338	9000	262968750	487227189	487227189	779167	1792250	1792250	8120453
19	T 525x150/12x25	500	150	12	25	351	9750	284209736	530568451	530568451	809803	1848035	1848035	7074246
20	T 530x150/12x30	500	150	12	30	364	10500	305916071	573950126	573950126	841419	1903978	1903978	7652668
21	T 535x150/12x35	500	150	12	35	375	11250	325893438	614255108	614255108	869436	1953117	1953117	8190068
22	T 575x150/12x25	550	150	12	25	379	10350	364226563	654709647	654709647	960598	2090103	2090103	8729462
23	T 585x150/12x35	550	150	12	35	405	11850	417081744	755625334	755625334	1030879	2209453	2209453	10075004
24	T 625x150/12x25	600	150	12	25	407	10950	456991545	794821512	794821512	1122773	2342641	2342641	10597620
26	T 625x200/12x25	600	200	12	25	421	11700	491114423	856882458	856882458	1166116	2414087	2414087	11425099
25	T 630x150/12x30	600	150	12	30	428	12200	504426400	884907196	884907196	1178363	2436255	2436255	8849072
28	T 630x200/12x30	600	200	12	30	434	12450	522598287	914707813	914707813	1204461	2476922	2476922	12196104
27	T 635x150/12x35	600	150	12	35	443	13200	541186364	953990893	953990893	1221138	2506666	2506666	9539909
29	T 635x200/12x35	600	200	12	35	457	14200	574505781	1017190729	1017190729	1258462	2567664	2567664	10171907
30	T 675x200/12x25	650	200	12	25	457	12800	621943522	1058224149	1058224149	1361415	2711963	2711963	10582241
31	T 685x200/12x35	650	200	12	35	487	14800	708104533	1214388603	1214388603	1454034	2859679	2859679	12143886
32	T 725x200/12x25	700	200	12	25	485	13400	755130752	1250494088	1250494088	1556133	2998518	2998518	12504941
33	T 735x200/12x35	700	200	12	35	517	15400	859383902	1432754828	1432754828	1662105	3163315	3163315	14327548
34	T 775x200/12x25	750	200	12	25	513	14000	904780506	1462479123	1462479123	1762355	3295837	3295837	14624791
35	T 780x200/12x30	750	200	12	30	531	15000	969885000	1572191972	1572191972	1826525	3393581	3393581	15721920
36	T 785x200/12x35	750	200	12	35	547	16000	1029186068	1673077970	1673077970	1882478	3478442	3478442	16730780
37	T 830x200/14x30	800	200	14	30	545	17200	1270662403	1915977450	1915977450	2332486	3960745	3960745	19159775
38	T 835x200/14x35	800	200	14	35	561	18200	1348905609	2036672233	2036672233	2406281	4065317	4065317	20366722
39	T 880x200/14x30	850	200	14	30	572	17900	1489166038	2204846247	2204846247	2601227	4319205	4319205	22048462
40	T 885x200/14x35	850	200	14	35	589	18900	1580191667	2342054556	2342054556	2683344	4433653	4433653	23420546



i	Nombre	D(mm)	B(mm)	tf(mm)	tw(mm)	yg(mm)	A(mm ²)	I _{gx} (mm ⁴)	I _{gx} +p _l (mm ⁴)	I _{gx} +p _l (mm ⁴)	S _{Mxx} (mm ³)	V _{xx} +p _l (mm ³)	V _{xx} +p _l (mm ³)	S _{Myy} (mm ³)
1	L 100x50/8x8	92	50	8	8	64	1136	1169146	4136354	4136354	18381	54753	54753	107144
2	L 100x65/10x10	90	65	10	10	66	1550	1556465	5329052	5329052	23594	76923	76923	109950
3	L 100x65/7x7	93	65	7	7	67	1106	1140607	4372503	4372503	17006	58635	58635	88209
4	L 100x65/8x8	92	65	8	8	67	1256	1283682	4725619	4725619	19245	65127	65127	96048
5	L 100x75/8x8	92	75	8	8	68	1336	1348673	5091912	5091912	19702	72016	72016	91000
6	L 120x80/10x10	110	80	10	10	80	1900	2783202	8850282	8850282	34676	113383	113383	146861
7	L 120x80/12x12	108	80	12	12	80	2256	3256594	9684103	9684103	40947	129185	129185	162671
8	L 120x80/8x8	112	80	8	8	81	1536	2284032	7852132	7852132	28198	95620	95620	128723
9	L 130x65/10x10	120	65	10	10	83	1850	3226768	9595403	9595403	38953	109993	109993	190620
10	L 150x100/10x10	140	100	10	10	101	2400	5576250	16092311	16092311	55074	177304	177304	211047
11	L 150x100/12x12	138	100	12	12	101	2856	6556338	17636858	17636858	65229	202835	202835	233562
12	L 200x100/10x10	190	100	10	10	129	2900	12275891	30523627	30523627	94807	258675	258675	384028
13	L 200x100/12x12	188	100	12	12	129	3456	14492405	33634767	33634767	112587	296821	296821	427259
14	L 30x20/3x3	27	20	3	3	20	141	12721	85501	85501	640	2743	2743	5745
15	L 30x20/4x4	26	20	4	4	20	184	16139	104810	104810	827	3414	3414	7217
16	L 40x25/4x4	36	25	4	4	26	244	39292	224922	224922	1500	5741	5741	12030
17	L 40x25/5x5	35	25	5	5	26	300	47292	262590	262590	1831	6821	6821	14323
18	L 40x25/6x6	34	25	6	6	25	354	54678	295090	295090	2146	7787	7787	16417
19	L 45x30/4x4	41	30	4	4	30	284	58215	326331	326331	1940	7576	7576	14499
20	L 45x30/5x5	40	30	5	5	30	350	70372	381917	381917	2374	9050	9050	17248
21	L 60x40/5x5	55	40	5	5	40	475	173950	862116	862116	4334	16199	16199	28612
22	L 60x40/6x6	54	40	6	6	40	564	203537	973532	973532	5118	18738	18738	32706
23	L 65x50/5x5	60	50	5	5	45	550	234555	1176498	1176498	5239	21050	21050	31565
24	L 65x50/6x6	59	50	6	6	44	654	275109	1327122	1327122	6195	24411	24411	35957
25	L 65x50/7x7	58	50	7	7	44	756	313780	1459524	1459524	7124	27522	27522	39936
26	L 65x50/8x8	57	50	8	8	44	856	350665	1576280	1576280	8027	30395	30395	43559
27	L 70x50/7x7	63	50	7	7	47	791	386328	1719205	1719205	8222	30374	30374	46482
28	L 75x50/5x5	70	50	5	5	51	600	348516	1612440	1612440	6884	25390	25390	42294
29	L 75x50/6x6	69	50	6	6	50	714	409771	1820207	1820207	8154	29497	29497	48209
30	L 75x50/7x7	68	50	7	7	50	826	468481	2003664	2003664	9390	33317	33317	53588
31	L 75x50/8x8	67	50	8	8	50	936	524757	2166331	2166331	10596	36864	36864	58509
32	L 80x40/6x6	74	40	6	6	51	684	452595	1861692	1861692	8868	27804	27804	59987
33	L 80x60/6x6	74	60	6	6	55	804	521782	2328631	2328631	9502	36503	36503	51851
34	L 80x60/7x7	73	60	7	7	55	931	597484	2560156	2560156	10954	41294	41294	57473
35	L 80x60/8x8	72	60	8	8	54	1056	670301	2765462	2765462	12371	45759	45759	62593
36	L 80x65/10x10	70	65	10	10	54	1350	830509	3249628	3249628	15306	57038	57038	69497
37	L 90x60/8x8	82	60	8	8	60	1136	931434	3587781	3587781	15520	53528	53528	79704



i	Nombre	D(mm)	tf(mm)	yg(mm)	A(mm2)	lgxx(mm4)	gxx+pl(mm4)	gxx+pl(mm4)	SM.xx(mm3)	Mxx+pl(mm3)	Mxx+pl/mm3	SMyy(mm3)	A+pla(mm2)
1	50x6	50	6	25	300	62500	294937,07	294937	2500	11996,45	11996,45	98312	2460
2	50x7	50	7	25	350	72917	334973,72	334974	2917	13901,85	13901,85	95707	2510
3	50x8	50	8	25	400	83333	373853,33	373853	3333	15824,48	15824,48	93463	2560
4	50x9	50	9	25	450	93750	411642,41	411642	3750	17764,33	17764,33	91476	2610
5	50x10	50	10	25	500	104167	448402,46	448402	4167	19721,40	19721,40	89680	2660
6	65x6	65	6	32,5	390	137313	579559,79	579560	4225	19273,31	19273,31	193187	2550
7	50x11	50	11	25	550	114583	484190,42	484190	4583	21695,70	21695,70	88035	2710
8	65x7	65	7	32,5	455	160198	659759,87	659760	4929	22499,64	22499,64	188503	2615
9	50x12	50	12	25	600	125000	519059,13	519059	5000	23687,22	23687,22	86510	2760
10	50x13	50	13	25	650	135417	553057,66	553058	5417	25695,97	25695,97	85086	2810
11	75x6	75	6	37,5	450	210938	847709,22	847709	5625	25291,74	25291,74	282570	2610
12	65x8	65	8	32,5	520	183083	737179,75	737180	5633	25764,76	25764,76	184295	2680
13	50x14	50	14	25	700	145833	586231,66	586232	5833	27721,93	27721,93	83747	2860
14	65x9	65	9	32,5	585	205969	812016,95	812017	6338	29068,68	29068,68	180448	2745
15	75x7	75	7	37,5	525	246094	964767,38	964767	6563	29611,34	29611,34	275648	2685
16	65x10	65	10	32,5	650	228854	884450,68	884451	7042	32411,40	32411,40	176890	2810
17	75x8	75	8	37,5	600	281250	1077374,35	1077374	7500	33991,23	33991,23	269344	2760
18	65x11	65	11	32,5	715	251740	954643,97	954644	7746	35792,92	35792,92	173572	2875
19	90x6	90	6	45	540	364500	1385748,00	1385748	8100	36087,19	36087,19	461916	2700
20	75x9	75	9	37,5	675	316406	1185883,39	1185883	8438	38431,41	38431,41	263530	2835
21	65x12	65	12	32,5	780	274625	1022745,41	1022745	8450	39213,24	39213,24	170458	2940
22	65x13	65	13	32,5	845	297510	1088890,75	1088891	9154	42672,36	42672,36	167522	3005
23	75x10	75	10	37,5	750	351563	1290611,37	1290611	9375	42931,86	42931,86	258122	2910
24	90x7	90	7	45	630	425250	1574927,42	1574927	9450	42380,86	42380,86	449979	2790
25	65x14	65	14	32,5	910	320396	1153204,24	1153204	9858	46170,28	46170,28	164743	3070
26	100x6	100	6	50	600	500000	1844928,70	1844929	10000	44479,41	44479,41	614976	2760
27	75x11	75	11	37,5	825	386719	1391843,27	1391843	10313	47492,59	47492,59	253062	2985
28	90x8	90	8	45	720	486000	1756080,00	1756080	10800	48780,00	48780,00	439020	2880
29	75x12	75	12	37,5	900	421875	1489836,18	1489836	11250	52113,61	52113,61	248306	3060
30	100x7	100	7	50	700	583333	2094291,10	2094291	11667	52320,69	52320,69	598369	2860
31	90x9	90	9	45	810	546750	1929935,45	1929935	12150	55284,61	55284,61	428875	2970
32	75x13	75	13	37,5	975	457031	1584822,54	1584823	12188	56794,91	56794,91	243819	3135
33	75x14	75	14	37,5	1050	492188	1677013,11	1677013	13125	61536,49	61536,49	239573	3210
34	100x8	100	8	50	800	666667	2332435,32	2332435	13333	60307,55	60307,55	583109	2960
35	90x10	90	10	45	900	607500	2097137,65	2097138	13500	61894,69	61894,69	419428	3060
36	90x11	90	11	45	990	668250	2258256,86	2258257	14850	68610,23	68610,23	410592	3150
37	100x9	100	9	50	900	750000	2560461,18	2560461	15000	68440,00	68440,00	568991	3060
38	125x6	125	6	62,5	750	976563	3390869,10	3390869	15625	69744,34	69744,34	1130290	2910
39	90x12	90	12	45	1080	729000	2413800,00	2413800	16200	75431,25	75431,25	402300	3240
40	100x10	100	10	50	1000	833333	2779329,28	2779329	16667	76718,03	76718,03	555866	3160
41	90x13	90	13	45	1170	789750	2564219,19	2564219	17550	82357,73	82357,73	394495	3330
42	125x7	125	7	62,5	875	1139323	3836930,73	3836931	18229	82309,05	82309,05	1096266	3035
43	100x11	100	11	50	1100	916667	2989882,37	2989882	18333	85141,65	85141,65	543615	3260
44	90x14	90	14	45	1260	850500	2709918,95	2709919	18900	89389,69	89389,69	387131	3420
45	100x12	100	12	50	1200	1000000	3192862,86	3192863	20000	93710,86	93710,86	532144	3360
46	125x8	125	8	62,5	1000	1302083	4260579,28	4260579	20833	95161,37	95161,37	1065145	3160
47	100x13	100	13	50	1300	1083333	3388927,32	3388927	21667	102425,65	102425,65	521373	3460
48	150x6	150	6	75	900	1687500	5578549,41	5578549	22500	101319,81	101319,81	1859516	3060
49	100x14	100	14	50	1400	1166667	3578658,58	3578659	23333	111286,03	111286,03	511237	3560
50	125x9	125	9	62,5	1125	1464844	4664373,34	4664373	23438	108301,29	108301,29	1036527	3285
51	125x10	125	10	62,5	1250	1627604	5050496,31	5050496	26042	121728,81	121728,81	1010099	3410
52	150x7	150	7	75	1050	1968750	6293271,87	6293272	26250	119903,86	119903,86	1798078	3210
53	125x11	125	11	62,5	1375	1790365	5420822,77	5420823	28646	135443,94	135443,94	985604	3535
54	150x8	150	8	75	1200	2250000	6969291,43	6969291	30000	138988,72	138988,72	1742323	3360
55	125x12	125	12	62,5	1500	1953125	5776971,23	5776971	31250	149446,67	149446,67	962829	3660
56	150x9	150	9	75	1350	2531250	7611570,00	7611570	33750	158574,38	158574,38	1691460	3510
57	125x13	125	13	62,5	1625	2115885	6120346,37	6120346	33854	163737,00	163737,00	941592	3785
58	125x14	125	14	62,5	1750	2278646	6452173,25	6452173	36458	178314,94	178314,94	921739	3910
59	150x10	150	10	75	1500	2812500	8224256,07	8224256	37500	178660,83	178660,83	1644851	3660
60	150x11	150	11	75	1650	3093750	8810844,80	8810845	41250	199248,09	199248,09	1601972	3810
61	150x12	150	12	75	1800	3375000	9374301,82	9374302	45000	220336,15	220336,15	1562384	3960
62	150x13	150	13	75	1950	3656250	9917159,78	9917160	48750	241925,02	241925,02	1525717	4110
63	150x14	150	14	75	2100	3937500	10441594,65	10441595	52500	251903,91	251903,91	1491656	4260

Anexo U.- Resultados de la Optimización de Bloques

Bloque 1

Geometría del compartimento		
Eslora del Compartimento:	6,2	[m]
Manga del Compartimento:	10,3	[m]
Puntal de Compartimento:	5,36	[m]
Calado de Compartimento:	5,05	[m]
Peso Especifico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Especifico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,85714E+11	[N/m ²]

Variables de diseño	REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	7	16
Número de Refuerzos Trans. Primario	2	7
Número de Refuerzos Long. Primario	7	9
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	1
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	0	9

	OPTIMIZADO [m]	PRELIMINAR [m]
Espaciamento entre Cuadernas	0,62	0,57
Espaciamento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	1,34	0,55
Espaciamento entre Web Frame	3,1	1,71
Espaciamento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,471428571	1,2
Espaciamento entre Refuerzos Long. Primarios Costado:	1,79	2,26

Longitud no soportada de Cuadernas	4,39	[m]
Longitud no soportada de Web Frame	5,34	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios:	4	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios Costado:	4,00	[m]

Cubierta principal

Cubierta Principal			
Presion de diseño	8		[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	1088,39695	[cm ³]
	I	0,00023273	[m ⁴]
Web Frame	SM	1163,51	[cm ³]
	I	0,00025499	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS	SM	425,21	[cm ³]
SECUNDA	I	6,4298E-05	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada
Refuerzos Long. Primarios:	0,0072131	0,0072131 [m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0075147	0,0247461 [m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0040508	0,0081948 [m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	63,8600000 [m ²]
Volúmenes		
Refuerzos Long. Primarios:		0,3130 [m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,5098 [m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,5908444 [m ³]
Plancha		0,4411 [m ³]
Peso de Plancha		3,4623034 [Ton]
Peso de Refuerzos		11,097238 [Ton]
Peso Total		14,559541 [Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	143,83	396,18	19,8561
Web Frames	84,59	233,00	19,8561
Fn Ref Sec Trans	62,94	173,35	19,8561
Fn Plancha	70,21	1633,88	19,8561

Cubierta Superior

Cubierta Superior			
Presion de diseño	8		[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios			
ESLORAS	SM	511,88265	[cm ³]
	I	8,2883E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	999,89	[cm ³]
	I	0,00020723	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
S SECUNDA	SM	199,98	[cm ³]
	I	2,2899E-05	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0141296	0,0045394	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0191108	0,0240785	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0097597	0,0066933	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	63,8600000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,1970	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,4960	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,4825867	[m ³]
Plancha		0,4411	[m ³]
Peso de Plancha		3,4623034	[Ton]
Peso de Refuerzos		9,2285785	[Ton]
Peso Total		12,690882	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	86,03	236,97	19,8561
Web Frames	65,63	180,77	19,8561
Fn Ref Sec Trans	90,42	124,53	19,8561
Fn Plancha	70,21	1633,88	19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:	66		[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Palmejares	SM	2512,79255	
	I	0,00073143	
Web Fram	SM	1377,04133	
	I	0,00032112	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secund	SM	0	[cm3]
	I	0	[m4]
Espesor de la plancha [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,05	
ψ		0,52	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0240453	0,0120555	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0298766	0,0083336	[m ²]
Refuerzos long. Secundarios:	0,0051809	0,0000000	
Superficie del Panel:	33,232	33,232	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,5232	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,1717	[m ³]
Refuerzos long. Secundarios:		0	
Plancha		0,2870	[m ³]
Peso de Plancha		2,2525755	[Ton]
Peso de Refuerzos		5,4548301	[Ton]
Peso Total		7,7074056	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Fn Ref Prim Long	56,63	155,98	36,102
Fn Ref Prim Trans	60,07	165,47	36,102
Fn Plancha	27,19		36,102

Fondo

Region de Fondo			
Presion de diseño	101		[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm3]			
Vagras	SM	1626,4856	[cm ³]
	I	0,0004033	[m ⁴]
Varengas	SM	2054,33	[cm ³]
	I	0,00055519	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm3]			
Ref Secundario Trans	SM	191,88	[cm ³]
	I	2,1638E-05	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]

Kp	0,05
ψ	0,52

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0197259	0,0077361	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0285042	0,0069612	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0083126	0,0031317	[m ²]
Superficie del Panel:	63,86	63,86	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,5578	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,1434	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,2257933	[m ³]
Plancha		0,5514	[m ³]
Peso de Plancha		4,3286432	[Ton]
Peso de Refuerzos		7,2766898	[Ton]
Peso Total		11,605333	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Vagras	80,01	220,38	72,204
Varengas	76,08	117,76	72,204
Fn Ref Sec Trans	76,89	70,60	72,204
Fn Plancha	72,57		72,204

Mamparo Estanco

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño	100		[KN/mm2]
Espesor		7,38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	487,571805	[cm ³]
	I	7,7543E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	558,906545	[cm ³]
	I	9,3477E-05	[m ⁴]

Áreas Seccionales		
Refuerzos Verticales Primario:		0,0044058 [m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0047911 [m ²]
Superficie del Mamparo:		55,2080000 [m ²]
Volúmenes		
Refuerzos Verticales:		0,1653 [m ³]
Refuerzos transversales:		0,0987 [m ³]
Plancha		0,4074 [m ³]
Peso de Plancha		3,1983949 [Ton]
Peso de Refuerzos		2,0724285 [Ton]
Peso Total		5,2708235 [Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	82,92	228,40	19,8561
Fn Ref Transversal	23,68	65,22	19,8561
Fn Plancha	19,36	19,36	19,8561

Mamparo de Tanques

MAMPAROS tanques			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		8,00	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	230,76125	[cm ³]
	I	2,7855E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	743,632672	[cm ³]
	I	0,00013818	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0027835	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0057091	[m ²]
Superficie del Mamparo:		48,3180000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,1044	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,1176	[m ³]
Plancha		0,3865	[m ³]
Peso de Plancha		3,0343704	[Ton]
Peso de Refuerzos		1,7430512	[Ton]
Peso Total		4,7774216	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	62,58	382,12	19,8561
Fn Ref Transversal	26,37	72,63	19,8561
Fn Plancha	20,99		19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal			
I	3,744E-06	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	32,55	89,66	19,8561

Áreas Seccionales	
Puntales	0,0013854 [m ²]
Volúmenes	
Puntales	0,0007 [m ³]
Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 1				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado mm	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		7	T 425x120/12x25	T 300x90/8x8
Primario Transversal		2	T 395x120/12x20	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		7	0	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE CBTA. Superior				
Primario Longitudinal		7	T 315x100/12x15	T 300x90/8x8
Primario Transversal		2	T 370x120/12x20	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		7	125x14	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Palmejar		1	T 780x200/12x30	T 254x155/9x9
Primario Transversal		2	T 575x150/12x25	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		7		
Planchaje			8,63	9
SECCION DE FONDO				
Primario Longitudinal			T 450x120/12x25	FB 216x25
Primario Transversal			T 370x120/12x20	
Secundario Transversal			65x13	T 315x100/12x17
Planchaje			9,00	10,5
MAMPARO				
f Transversales			T 315x100/12x15	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 315x100/12x15	FB 101x8mm
Planchaje			7,38	7,62

BLOQUE 2

Geometria del compartimento		
Eslora del Compartimento:	11,47	[m]
Manga del Compartimento:	10,99	[m]
Puntal de Compartimento:	8,32	[m]
Calado de Compartimento:	5,05	[m]
Peso Específico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Específico del fluido:	1,025	[Ton/m3]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m2]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,85714E+11	[N/m2]

Variables de diseño		REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	14	14	16
Número de Refuerzos Trans. Primario	7	7	7
Número de Refuerzos Long. Primario	9	9	9
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	1	1
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	0	0	0

	OPTIMIZADO [m]	PRELIMINAR [m]
Espaciamiento entre Cuadernas	0,521363636	0,57
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	2,08	0,55
Espaciamiento entre Web Frame	1,638571429	1,71
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,221111111	1,2
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios Costado:	2,77	2,26

Longitud no soportada de Cuadernas	4,39	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Secundarios Costado:	3,43	[m]
Longitud no soportada de Web Frame	5,34	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios:	4	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios Cc	4,00	[m]

Cubierta principal

Cubierta Principal			
Presion de diseño		8	[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	477,427024	[cm ³]
	I	7,5344E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	1123,76	[cm ³]
	I	0,00024314	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	357,56	[cm ³]
	I	5,0723E-05	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0043493	0,0043493	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0073561	0,0219379	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0036421	0,0077860	[m ²]
Superficie del Panel:		126,0553000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,4490	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		1,6877	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		1,197959598	[m ³]
Plancha		0,8706	[m ³]
Peso de Plancha		6,834351648	[Ton]
Peso de Refuerzos		26,17678303	[Ton]
Peso Total		33,01113468	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	76,26	210,05	19,8561
Web Frames	76,81	211,56	19,8561
Fn Ref Sec Trans	51,97	143,15	19,8561
Fn Plancha	99,85	4045,46	19,8561

Cubierta Superior

Cubierta Superior			
Presion de diseño	8		[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios			
ESLORAS	SM	224,538125	[cm ³]
	I	2,6832E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	528,52	[cm ³]
	I	8,6591E-05	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS	SM	168,16	[cm ³]
SECUNDARIOS	I	1,8064E-05	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0163550	0,0027372	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0196349	0,0192112	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0125754	0,0064361	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	126,0553000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,2826	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		1,4779	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,990251197	[m ³]
Plancha		0,8706	[m ³]
Peso de Plancha		6,834351648	[Ton]
Peso de Refuerzos		21,5932399	[Ton]
Peso Total		28,42759155	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	45,54	125,43	19,8561
Web Frames	41,88	115,37	19,8561
Fn Ref Sec Trans	70,76	97,45	19,8561
Fn Plancha	99,85	4045,46	19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:	66	[KN/m ²]	
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Palmejares	SM	2512,79255	
	I	0,00073143	
Web Frame	SM	1010,42997	
	I	0,00021022	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario	SM	0	[cm3]
	I	0	[m4]
Cuadernas	SM	395,029694	[cm3]
	I	5,8135E-05	[m4]
Espesor de la plancha [mm]			
to		8,63	[mm]
	Kp	0,06	
	ψ	0,55	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0290807	0,0120555	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0251218	0,0068913	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios	0,0051809	0,0038718	
Superficie del Panel:	95,4304	95,4304	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		1,2445	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,5302	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,595718412	[m ³]
Plancha		0,8240	[m ³]
Peso de Plancha		6,468589906	[Ton]
Peso de Refuerzos		18,60733649	[Ton]
Peso Total		25,07592639	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Fn Ref Prim Long	54,86	151,11	36,102
Fn Ref Prim Trans	56,46	155,53	36,102
cuadernas	54,27	41,68	36,102
Fn Plancha	41,36		36,102

Fondo

Region de Fondo			
Presion de diseño		101	[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm3]			
Vagras	SM	2120,89944	[cm ³]
	I	0,00057995	[m ⁴]
Varengas	SM	1464,20	[cm ³]
	I	0,00034926	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm3]			
Ref Secundario Trans	SM	1368,24	[cm ³]
	I	0,00031832	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,06	
ψ		0,55	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0278890	0,0108638	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0268841	0,0086536	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios	0,0134818	0,0083009	[m ²]
Superficie del Panel:	126,0553	126,0553	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		1,0745	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,6657	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		1,277178245	[m ³]
Plancha		1,0885	[m ³]
Peso de Plancha		8,544447483	[Ton]
Peso de Refuerzos		23,68689356	[Ton]
Peso Total		32,23134104	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Vagras	88,77	244,53	72,204
Varengas	70,28	108,76	72,204
Fn Ref Sec Trans	78,55	216,37	72,204
Fn Plancha	103,47		72,204

Mamparo Estanco

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		7,38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	791,716275	[cm ³]
	I	0,00015055	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	907,549213	[cm ³]
	I	0,00018149	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0059330	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0064517	[m ²]
Superficie del Mamparo:		91,4368000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,4443	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,4963	[m ³]
Plancha		0,6748	[m ³]
Peso de Plancha		5,297257608	[Ton]
Peso de Refuerzos		7,383624073	[Ton]
Peso Total		12,68088168	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	41,36	113,92	19,8561
Fn Ref Transversal	24,97	68,77	19,8561
Fn Plancha	27,60	27,60	19,8561

Mamparo de Bodega

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0027835	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0057091	[m ²]
Superficie del Mamparo:		84,5468000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,2084	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,4392	[m ³]
Plancha		0,5441	[m ³]
Peso de Plancha		4,270903521	[Ton]
Peso de Refuerzos		5,083892977	[Ton]
Peso Total		9,354796498	[Ton]

MAMPAROS Bodegas			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		6,44	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	230,76125	[cm ³]
	I	2,7855E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	743,632672	[cm ³]
	I	0,00013818	[m ⁴]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	25,99	159,14	19,8561
Fn Ref Transversal	23,16	63,80	19,8561
Fn Plancha	24,07		19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal			
I	9,36E-06	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	21,36	58,83	19,8561

Áreas Seccionales	
Puntales	0,0013854 [m ²]
Volúmenes	
Puntales	0,0007 [m ³]
Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 2				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		9	315x100/12x15	T 300x90/8x8
Primario Transversal		7	425x120/12x25	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		14	50x6	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE CBTA. Superior				
Primario Longitudinal		9	T 216x75/7x16	T 300x90/8x8
Primario Transversal		7	315x100/12x15	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		14	125x14	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Palmejar		1	780x200/12x30	T 254x155/9x9
Primario Transversal		7	455x120/12x30	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		14	65x12	L 101x76/9,52x9,52
Planchaje			8,63	9
SECCION DE FONDO				
Primario Longitudinal			T 525x150/12x25	FB 216x25
Primario Transversal			T 425x120/12x25	
Secundario Transversal			50x6	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	10,5
MAMPARO				
f Transversales			T 370x120/12x20	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 340x120/12x15	FB 101x8mm
Planchaje			7,38	7,62
MAMPAROS DE BODEGA				
f Transversales			T 340x120/12x15	L 200x76/9,52x9,52
Ref Verticales			T 216x75/7x16	FB 101x8mm
Planchaje			6,44	6,35

Bloque 4

Geometria del compartimento		
Eslora del Compartimento:	6,99	[m]
Manga del Compartimento:	9,27	[m]
Puntal de Compartimento:	7,33	[m]
Calado de Compartimento:	4,86	[m]
Peso Especifico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Especifico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,85714E+11	[N/m ²]

Espaciamiento entre Cuadernas	0,29125	0,57
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	0,49	0,55
Espaciamiento entre Web Frame	0,998571429	1,71
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,03	1,2
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios Costado:	2,44	2,26

Variables de diseño	REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	16	16
Número de Refuerzos Trans. Primario	7	7
Número de Refuerzos Long. Primario	9	9
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	1
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	11	9

Longitud no soportada de Cuadernas	4,39	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Secundarios Costado:	3,43	[m]
Longitud no soportada de Web Frame	5,34	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios:	4	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios Costado:	4,00	[m]

Cubierta principal

Cubierta Principal			
Presion de diseño		8	[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	245,415957	[cm ³]
	I	3,0304E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	684,84	[cm ³]
	I	0,00012345	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	199,74	[cm ³]
	I	2,2862E-05	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0028907	0,0028907	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0054276	0,0164762	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0025475	0,0066915	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	64,7973000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,1819	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		1,0691	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,992477867	[m ³]
Plancha		0,4475	[m ³]
Peso de Plancha		3,513121099	[Ton]
Peso de Refuerzos		17,61128262	[Ton]
Peso Total		21,12440372	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	35,13	96,76	19,8561
Web Frames	37,32	102,79	19,8561
Fn Ref Sec Trans	60,74	83,66	19,8561

Cubierta Superior

Cubierta Superior			
Presión de diseño		8	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios			
ESLORAS	SM	115,421281	[cm ³]
	I	1,0792E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	322,09	[cm ³]
	I	4,3964E-05	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	93,94	[cm ³]
	I	8,1418E-06	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0110578	0,0018192	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0125604	0,0144644	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0076926	0,0057472	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	64,7973000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,1144	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,9386	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,852424788	[m ³]
Plancha		0,4475	[m ³]
Peso de Plancha		3,513121099	[Ton]
Peso de Refuerzos		14,95791909	[Ton]
Peso Total		18,47104019	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	35,13	96,76	19,8561
Web Frames	37,32	102,79	19,8561
Fn Ref Sec Trans	60,74	83,66	19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:		66	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Palmejares	SM	2512,79255	
	I	0,00073143	
Web Frame	SM	796,642393	
	I	0,00015183	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario Longitu	SM	405,212721	[cm3]
	I	6,0196E-05	[m4]
Espesor de la plancha [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,10	
ψ		0,65	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0236058	0,0120555	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0197688	0,0059556	[m ²]
Refuerzos long. Secundarios:	0,0051811	0,0039328	
Superficie del Panel:	51,2367	51,2367	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,7584	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,3865	[m ³]
Refuerzos long. Secundarios:		0,255198732	
Plancha		0,4424	[m ³]
Peso de Plancha		3,472993935	[Ton]
Peso de Refuerzos		8,987240601	[Ton]
Peso Total		12,46023454	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Fn Ref Prim Long	72,21	198,89	36,102
long costado	65,53	65,53	36,102
Fn Plancha	104,09		36,102

Fondo

Region de Fondo			
Presion de diseño		101	[kN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm ³]			
Vagras	SM	935,061192	[cm ³]
	I	0,00018906	[m ⁴]
Varengas	SM	996,06	[cm ³]
	I	0,00020614	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm ³]			
Ref Secundario Trans	SM	828,04	[cm ³]
	I	0,00016008	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,10	
ψ		0,65	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0181213	0,0065711	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0206442	0,0068310	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0112795	0,0060986	[m ²]
Superficie del Panel:	64,7973	64,7973	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,5482	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,4433	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,904544537	[m ³]
Plancha		0,5595	[m ³]
Peso de Plancha		4,392176504	[Ton]
Peso de Refuerzos		14,88387018	[Ton]
Peso Total		19,27604668	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Vagras	74,78	205,99	72,204
Varengas	73,17	113,19	72,204
Fn Ref Sec Trans	72,39	199,41	72,204

Doble Fondo

Region doble Fondo			
Presion de diseño		101	[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm3]			
Vagras	SM	1065,09314	[cm ³]
	I	0,00022594	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm3]			
Ref Secundario Trans	SM	1012,17	[cm ³]
	I	0,00021072	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,10	
ψ		0,65	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0186681	0,0071179	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0120795	0,0068986	[m ²]
Superficie del Panel:	0	0	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0002	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,000184864	[m ³]
Plancha		0,5595	[m ³]
Peso de Plancha		4,392176504	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,002770685	[Ton]
Peso Total		4,394947189	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	80,52	221,79	72,204
Fn Ref Sec Trans	72,34	199,25	72,204

Mamparo Estanco

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		7,38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	1988,37191	[cm ³]
	I	0,00053093	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	1817,60542	[cm ³]
	I	0,00046953	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0104419	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0098819	[m ²]
Superficie del Mamparo:		67,9491000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,6889	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,6412	[m ³]
Plancha		0,5015	[m ³]
Peso de Plancha		3,936531975	[Ton]
Peso de Refuerzos		10,44118527	[Ton]
Peso Total		14,37771724	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	75,28	207,34	19,8561
Fn Ref Transversal	45,56	125,49	19,8561
Fn Plancha	38,78	38,78	19,8561

Mamparo de Bodega

MAMPAROS Bodegas			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		6,44	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	230,76125	[cm ³]
	I	2,7855E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	743,632672	[cm ³]
	I	0,00013818	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0027835	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0057091	[m ²]
Superficie del Mamparo:		61,0591000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,1836	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,3705	[m ³]
Plancha		0,3929	[m ³]
Peso de Plancha		3,084416267	[Ton]
Peso de Refuerzos		4,349615606	[Ton]
Peso Total		7,434031873	[Ton]

		1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales		33,48	204,89	19,8561
Fn Ref Transversal		32,55	89,65	19,8561
Fn Plancha		33,81		19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal			
I	9,36E-06	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	27,52	75,79	19,8561

Áreas Seccionales	
Puntales	0,0013854 [m ²]
Volúmenes	
Puntales	0,0007 [m ³]
Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 4				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado mm	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		9	T 216x75/7x16	T 300x90/8x8
Primario Transversal		7	T 340x120/12x15	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		16	150x12	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE CBTA. Superior				
Primario Longitudinal		9	T 216x75/7x16	T 300x90/8x8
Primario Transversal		7	T 370x120/12x20	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		16	150x6	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Palmejar		1	T 780x200/12x30	T 254x155/9x9
Primario Transversal		7	T 425x120/12x25	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		16	65x14	L 101x76/9,52x9,52
Planchaje			8,63	9
SECCION DE FONDO				
Primario Longitudinal			T 370x120/12x20	FB 216x25
Primario Transversal			T 370x120/12x20	
Secundario Transversal			150x8	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	10,5
SECCION DE DOBLE FONDO				
Primario Longitudinal			T 370x120/12x20	FB 216x25
Primario Transversal			T 370x120/12x20	T 315x100/12x16
Secundario Transversal			T 550x120/7x7	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	9
MAMPARO				
f Transversales			T 525x150/12x25	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 575x150/12x25	FB 101x8mm
Planchaje			7,38	7,62
MAMPAROS DE BODEGA				
f Transversales			T 340x120/12x15	L 200x76/9,52x9,52
Ref Verticales			T 216x75/7x16	FB 101x8mm
Planchaje			6,44	6,35

Bloque 5

Geometria del compartimento		
Eslora del Compartimento:	10,25	[m]
Manga del Compartimento:	9,6	[m]
Puntal de Compartimento:	8,72	[m]
Calado de Compartimento:	5,05	[m]
Peso Específico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Específico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,857E+11	[N/m ²]

Variables de diseño		REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	12	12	12
Número de Refuerzos Trans. Primario	5	5	5
Número de Refuerzos Long. Primario	7	7	7
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	1	1
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	9	9	8

Espaciamiento entre Cuadernas	0,569444	0,57
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	0,67	0,55
Espaciamiento entre Web Frame	2,05	1,71
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,371429	1,2
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios Costado:	2,91	2,26

Longitud no soportada de Cuadernas	2,4	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Secundarios Costado:	1,67	[m]
Longitud no soportada de Web Frame	4,22	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primario	1,62	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primario	1,65	[m]

Cubierta principal

Cubierta Principal			
Presion de diseño	8		[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	83,9091284	[cm ³]
	I	6,9758E-06	[m ⁴]
Web Frame	SM	691,96	[cm ³]
	I	0,00012521	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS	SM	62,17	[cm ³]
SECUNDA	I	4,6275E-06	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0014958	0,0014958	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0054622	0,0198028	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0012443	0,0053883	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	98,4000000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,1073	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,9505	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,62073295	[m ³]
Plancha		0,6796	[m ³]
Peso de Plancha		5,33496174	[Ton]
Peso de Refuerzos		13,1769719	[Ton]
Peso Total		18,5119337	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	150,29	413,96	19,8561
Web Frames	93,73	258,19	19,8561
Fn Ref Sec Trans	55,80	153,69	19,8561
Fn Plancha	82,16	2958,70	19,8561

Cubierta Superior

Cubierta Superior			
Presion de diseño	8	[KN/m2]	
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios			
ESLORAS	SM	73,5499767	[cm ³]
	I	5,8247E-06	[m ⁴]
Web Frames	SM	606,53	[cm ³]
	I	0,00010455	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDA RIOS	SM	54,49	[cm ³]
	I	3,8639E-06	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0145022	0,0013796	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0200219	0,0193784	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios	0,0109663	0,0052916	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	98,4000000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0990	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,9302	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,60959413	[m ³]
Plancha		0,6796	[m ³]
Peso de Plancha		5,33496174	[Ton]
Peso de Refuerzos		12,8641352	[Ton]
Peso Total		18,1990969	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	137,34	378,31	19,8561
Web Frames	72,94	200,92	19,8561
Fn Ref Sec Trans	58,63	161,49	19,8561
Fn Plancha	82,16	2958,70	19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:		66	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm ³]			
Palmejares	SM	2512,79255	
	I	0,00073143	
Web Frame	SM	962,684589	
	I	0,00019674	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm ³]			
Ref Secundario Longitudinal	SM	73,1556637	[cm3]
	I	5,782E-06	[m4]
Cuadernas	SM	151,001056	[cm3]
	I	1,5589E-05	[m4]
Espesor de la plancha [mm]			
to		9,50	[mm]
Kp		0,06	
ψ		0,55	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0301056	0,0120555	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0264150	0,0066896	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0070751	0,0021455	
Refuerzos long. Secundarios:	0,0057001	0,0000001	
Superficie del Panel:	89,38	89,38	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,8650	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,3211	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,247161	[m ³]
Refuerzos long. Secundarios:		5,2978E-06	
Plancha		0,8491	[m ³]
Peso de Plancha		6,6655135	[Ton]
Peso de Refuerzos		11,2509712	[Ton]
Peso Total		17,9164847	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Fn Ref Prim Long	86,29	237,67	36,102
Fn Ref Prim Trans	322,56	888,48	36,102
cuadernas	80,61	16,84	36,102
long costado	49,13	16,84	36,102
Fn Plancha	37,14		36,102

Fondo

Region de Fondo			
Presion de diseño	101	[KN/m2]	
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm3]			
Vagras	SM	1743,02669	[cm ³]
	I	0,00044337	[m ⁴]
Varengas	SM	1831,85	[cm ³]
	I	0,00047458	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm3]			
Ref Secundario	SM	446,65	[cm ³]
Trans	I	6,8776E-05	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,05	
ψ		0,53	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0260372	0,0096310	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0278583	0,0099293	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0093559	0,0041750	[m ²]
Superficie del Panel:	98,4	98,4	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,6472	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,4766	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,48096241	[m ³]
Plancha		0,8497	[m ³]
Peso de Plancha		6,66987927	[Ton]
Peso de Refuerzos		12,5974522	[Ton]
Peso Total		19,2673315	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Vagras	465,81	1283,05	72,204
Varengas	465,90	192,68	72,204
Fn Ref Sec Trans	141,91	390,89	72,204
Fn Plancha	83,60		72,204

Doble fondo

Region doble Fondo			
Presion de diseño		101	[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm3]			
Vagras	SM	84,73911	[cm ³]
	I	7,0704E-06	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm3]			
Ref Secundario			
Trans	SM	39,58	[cm ³]
	I	2,4943E-06	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0179111	0,0015049	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios	0,0061240	0,0009431	[m ²]
Superficie del Panel:	98,4	98,4	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0000	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		1,3543E-05	[m ³]
Plancha		0,8497	[m ³]
Peso de Plancha		6,66987927	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,00024743	[Ton]
Peso Total		6,6701267	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	72,46	199,58	72,204
Fn Ref Sec Trans	85,36	92,39	72,204
Fn Plancha	83,60		72,204

Mamparo Estanco

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0104419	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0098819	[m ²]
Superficie del Mamparo:		83,7120000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,6374	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,4743	[m ³]
Plancha		0,6178	[m ³]
Peso de Plancha		4,84973259	[Ton]
Peso de Refuerzos		13,5766075	[Ton]
Peso Total		18,4263401	[Ton]

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100	[KN/mm ²]
Espesor			
to		7,38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	1988,37191	[cm ³]
	I	0,00053093	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	1817,60542	[cm ³]
	I	0,00046953	[m ⁴]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticale	53,24	146,65	19,8561
Fn Ref Transversal	42,49	117,03	19,8561
Fn Plancha	21,91	21,91	19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal			
I	9,36E-06	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	19,45	53,56	19,8561

Áreas Seccionales	
Puntales	0,0013854 [m ²]
Volúmenes	
Puntales	0,0007 [m ³]
Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 5				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado mm	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		7	T 217x100/8x17	T 300x90/8x8
Primario Transversal		5	T 340x120/12x15	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		12	100x9	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE CBTA. Superior				
Primario Longitudinal		7	T 217x90/7x17	T 300x90/8x8
Primario Transversal		5	T 525x150/12x25	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		12	90x9	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Palmejar		1	T 530x150/12x30	T 254x155/9x9
Primario Transversal		5	T 370x120/12x20	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		12	50x6	L 101x76/9,52x9,52
Planchaje			9,50	9
SECCION DE FONDO				
Primario Longitudinal			T 455x120/12x30	FB 216x25
Primario Transversal			T 460x120/12x35	
Secundario Transversal			100x9	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	10,5
SECCION DE DOBLE FONDO				
Primario Longitudinal			T 475x120/12x25	FB 216x25
Primario Transversal			T 525x150/12x25	T 315x100/12x16
Secundario Transversal			T 550x120/7x7	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	9
MAMPARO				
f Transversales			T 525x150/12x25	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 575x150/12x25	FB 101x8mm
Planchaje			7,38	7,62

Bloque 6

Geometria del compartimento		
Eslora del Compartimento:	5,37	[m]
Manga del Compartimento:	4,82	[m]
Puntal de Compartimento:	9,16	[m]
Calado de Compartimento:	5,06	[m]
Peso Especifico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Especifico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,86E+11	[N/m ²]

Variables de diseño	REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	14	16
Número de Refuerzos Trans. Primario	3	2
Número de Refuerzos Long. Primario	3	2
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	0	0
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	9	9

	OPTIMIZADO [m]	PRELIMINAR [m]
Espaciamiento entre Cuadernas	0,358	0,57
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	0,76	0,55
Espaciamiento entre Web Frame	1,79	1,71
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,205	1,2

Longitud no soportada de Cuadernas	2,45	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Secundarios Costado:	1,72	[m]
Longitud no soportada de Web Frame	4,22	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios:	3	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Primarios Cd	3,00	[m]

Cubierta principal

Cubierta Principal			
Presion de diseño		8	[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	274,005814	[cm ³]
	I	3,5237E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	749,90	[cm ³]
	I	0,00013978	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	70,57	[cm ³]
	I	5,5036E-06	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0030931	0,0030931	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0057386	0,0143813	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0013450	0,0054889	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	25,8834000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0498	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,2080	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,3703935	[m ³]
Plancha		0,1788	[m ³]
Peso de Plancha		1,4033226	[Ton]
Peso de Refuerzos		4,9311868	[Ton]
Peso Total		6,3345094	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	53,12	585,28	19,8561
Web Frames	29,01	319,65	19,8561
Fn Ref Sec Trans	68,47	188,61	19,8561
Fn Plancha	173,67	6366,67	19,8561

Cubierta Superior

Cubierta Superior			
Presion de diseño	8		[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios			
ESLORAS	SM	179,884453	[cm ³]
	I	1,9809E-05	[m ⁴]
Web Frames	SM	492,31	[cm ³]
	I	7,8576E-05	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS	SM	33,19	[cm ³]
SECUNDARIOS	I	1,96E-06	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		6,91	[mm]

	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Áreas Seccionales			
Refuerzos Long. Primarios:	0,0105430	0,0023889	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0137237	0,0130748	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0063095	0,0049904	[m ²]
Superficie del Panel:	0,0000000	25,8834000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0385	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,1891	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,3367528	[m ³]
Plancha		0,1788	[m ³]
Peso de Plancha		1,4033226	[Ton]
Peso de Refuerzos		4,4297502	[Ton]
Peso Total		5,8330729	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	86,60	238,55	19,8561
Web Frames	76,38	210,37	19,8561
Fn Ref Sec Trans	105,66	145,52	19,8561
Fn Plancha	173,67	6366,67	19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:	66		[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Web Frame	SM	689,34441	
	I	0,00012456	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario	SM	275,209658	[cm3]
Longitudinal	I	3,5449E-05	[m4]
Espesor de la plancha [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,08	
ψ		0,61	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0162548	0,0054495	[m ²]
Refuerzos long. Secundarios:	0,0051811	0,0031014	
Superficie del Panel:	49,1892	49,1892	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Trans. Primarios:		0,0788	[m ³]
			[m ³]
Refuerzos long. Secundarios:		0,0448461	
Plancha		0,4247	[m ³]
Peso de Plancha		3,3342076	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,6185773	[Ton]
Peso Total		3,9527849	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Fn Ref Prim Trans	54,24	149,40	36,102
long costado	151,68	417,80	36,102
Fn Plancha	68,13		36,102

Fondo

Region de Fondo			
Presion de diseño		101	[KN/m2]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm3]			
Vagras	SM	492,268865	[cm ³]
	I	7,8568E-05	[m ⁴]
Varengas	SM	1599,52	[cm ³]
	I	0,00039418	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm3]			
Ref Secundario	SM	146,31	[cm ³]
Trans	I	1,4931E-05	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]

Kp		0,08	
ψ		0,61	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0146263	0,0044319	[m ²]
Refuerzos Trans. Primarios:	0,0199415	0,0091361	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0072852	0,0021043	[m ²]
Superficie del Panel:	25,8834	25,8834	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0641	[m ³]
Refuerzos Trans. Primarios:		0,1321	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,1420012	[m ³]
Plancha		0,2235	[m ³]
Peso de Plancha		1,7544629	[Ton]
Peso de Refuerzos		2,6548243	[Ton]
Peso Total		4,4092873	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Vagras	89,80	247,36	72,204
Varengas	86,91	239,38	72,204
Fn Ref Sec Trans	83,24	229,29	72,204
Fn Plancha	236,11		72,204

Doble fondo

Region doble Fondo			
Presion de diseño	101		[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Vagras	SM	1495,26668	[cm ³]
	I	0,00035944	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario Trans	SM	1244,15	[cm ³]
	I	0,00027948	[m ⁴]
ESPEORES DE PLANCHA DE FONDO [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,08	
ψ		0,61	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Primarios:	0,0189603	0,0087658	[m ²]
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0130112	0,0078303	[m ²]
Superficie del Panel:	25,8834	25,8834	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,0001	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,0001167	[m ³]
Plancha		0,2235	[m ³]
Peso de Plancha		1,7544629	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,0013625	[Ton]
Peso Total		1,7558254	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	152,11	418,99	72,204
Fn Ref Sec Trans	81,56	224,65	72,204
Fn Plancha	236,11		72,204

Mamparo Estanco

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		7,38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	1988,371907	[cm ³]
	I	0,000530934	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	1817,60542	[cm ³]
	I	0,000469533	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0104419	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0098819	[m ²]
Superficie del Mamparo:		44,1512000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,2869	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,1429	[m ³]
Plancha		0,3258	[m ³]
Peso de Plancha		2,5578354	[Ton]
Peso de Refuerzos		3,374208	[Ton]
Peso Total		5,9320434	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	48,26	132,93	19,8561
Fn Ref Transversal	167,66	461,80	19,8561
Fn Plancha	28,31	28,31	19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal			
I	1,498E-05	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	22,29	61,39	19,8561

Áreas Seccionales	
Puntales	0,0013854 [m ²]
Volúmenes	
Puntales	0,0007 [m ³]
Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 3				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado mm	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		3	T 216x75/7x16	T 300x90/8x8
Primario Transversal		3	T 340x120/12x15	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		14	90x12	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE CBTA. Superior				
Primario Longitudinal		3	T 216x75/7x16	T 300x90/8x8
Primario Transversal		3	T 425x120/12x25	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		14	75x8	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Primario Transversal		3	T 340x120/12x15	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		14	0	L 101x76/9,52x9,52
Planchaje			8,63	9
SECCION DE FONDO				
Primario Longitudinal			T 370x120/12x20	FB 216x25
Primario Transversal			T 475x120/12x25	
Secundario Transversal			75x10	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	10,5
SECCION DE DOBLE FONDO				
Primario Longitudinal			T 450x120/12x25	FB 216x25
Primario Transversal			T 425x120/12x25	T 315x100/12x16
Secundario Transversal			T 550x120/7x7	T 315x100/12x17
Planchaje			8,63	9
MAMPARO				
f Transversales			T 525x150/12x25	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 575x150/12x25	FB 101x8mm
Planchaje			7,38	7,62

Bloque 7

Geometria del compartimento		
Eslora del Compartimento:	21,96	[m]
Manga del Compartimento:	11	[m]
Puntal de Compartimento:	2,71	[m]
Calado de Compartimento:	0	[m]
Peso Específico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Especifico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,857E+11	[N/m ²]

Variables de diseño	REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	12	14
Número de Refuerzos Trans. Primario	0	0
Número de Refuerzos Long. Primario	7	9
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	0	0
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	3	4

	OPTIMIZADO [m]	PRELIMINAR [m]
Espaciamiento entre Cuadernas	1,689230769	0,57
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	0,45	0,55
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,571428571	1,2

Longitud no soportada de Cuadernas	2,71	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Secundarios Costado:	5	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos ESLORAS	4,00	[m]

Cubierta de Puente

Cubierta de Puente			
Presion de diseño	8		[KN/m2]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	282,369271	[cm ³]
	I	3,6718E-05	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS	SM	407,38	[cm ³]
SECUND			
ARIOS	I	6,0638E-05	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
esloras	0,0317415	0,0031507	
Refuerzos Trans. Sec	0,0091266	0,0039457	[m ²]
Superficie del Panel:	241,5600000	241,5600000	[m ²]
Volúmenes			
esloras		0,4843	[m ³]
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,52083434	[m ³]
Plancha		1,6684	[m ³]
Peso de Plancha		13,0966805	[Ton]
Peso de Refuerzos		7,89047605	[Ton]
Peso Total		20,9871565	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	38,24	105,34	19,8561
Cuadernas	199,10	548,42	19,8561
Fn Plancha	34,63		19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:	66	[KN/m ²]	
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Palmejares	SM	686,555342	
	I	0,00012387	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario	SM	85,6529375	[cm3]
Longitudinal	I	7,175E-06	[m4]
Espesor de la plancha [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,02	
ψ		0,39	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Long. Prim	0,0340268	0,0054359	[m ²]
Refuerzos long. Secu	0,0051810	0,0015148	
Superficie del Panel:	59,5116	59,5116	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,8356	[m ³]
Refuerzos long. Secundarios:		0,04998968	[m ³]
Plancha		0,5139	[m ³]
Peso de Plancha		4,03389418	[Ton]
Peso de Refuerzos		6,55956778	[Ton]
Peso Total		10,593462	[Ton]

Mamparo Estanco

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		8,00	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	1988,37191	[cm ³]
	I	0,00053093	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	1817,60542	[cm ³]
	I	0,00046953	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0104419	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0098819	[m ²]
Superficie del Mamparo:		29,8100000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,1981	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,0000	[m ³]
Plancha		0,2200	[m ³]
Peso de Plancha		1,72699886	[Ton]
Peso de Refuerzos		1,55495068	[Ton]
Peso Total		3,28194954	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	134,94	1486,73	19,8561
Fn Ref Transversal	32,37	89,17	19,8561
Fn Plancha	20,59	20,59	19,8561

Mamparo de División

MAMPAROS de Division			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		8,00	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	230,76125	[cm ³]
	I	2,7855E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	743,632672	[cm ³]
	I	0,00013818	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0027835	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0057091	[m ²]
Superficie del Mamparo:		22,9200000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,0528	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,0000	[m ³]
Plancha		0,1834	[m ³]
Peso de Plancha		1,439376	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,41450625	[Ton]
Peso Total		1,85388225	[Ton]

		1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales		60,99	1469,81	19,8561
Fn Ref Transversal		23,12	63,69	19,8561
Fn Plancha		20,59		19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal			
I	1,872E-06	[m ⁴]	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn	90,01	247,92	19,8561

Áreas Seccionales	
Puntales	0,0013854 [m ²]
Volúmenes	
Puntales	0,0007 [m ³]
Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 7				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado mm	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		7	15x100/12x	T 300x90/8x8
Primario Transversal		0	25x120/12x	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		12	65x10	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Palmejar		0	80x200/12x	T 254x155/9x9
Secundario Transversal		#j REF!	25x120/12x	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		#j REF!	0	L 101x76/9,52x9,52
Planchaje			8,63	9
MAMPARO				
Ref Transversales			T 525x150/12x	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 575x150/12x	FB 101x8mm
Planchaje			8,00	7,62
MAMPAROS DE BODEGA				
Ref Transversales			T 340x120/12x	L 200x76/9,52x9,52
Ref Verticales			T 216x75/7x1	FB 101x8mm
Planchaje			8,00	6,35

Bloque 8

Geometría del compartimento		
Eslora del Compartimento:	15,69	[m]
Manga del Compartimento:	7,91	[m]
Puntal de Compartimento:	2,58	[m]
Calado de Compartimento:	0	[m]
Peso Especifico del material de construcc.:	7,85	[Ton/m ³]
Peso Especifico del fluido:	1,025	[Ton/m ³]
Modulo de Young del Material	2,00E+11	[N/m ²]
Blade frequency	16,41	[Hz]
K1 Para la 1ra frecuencia natural	22,4000	
K2 Para la 2da frecuencia natural	61,7000	
Modulo de Rigidez del Material	2,85714E+11	[N/m ²]

Variables de diseño		REDONDEO	Preliminar
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	9	9	10
Número de Refuerzos Trans. Primario	0	0	0
Número de Refuerzos Long. Primario	5	5	5
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	0	0	0
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundario	2	2	2

	OPTIMIZADO [m]	PRELIMINAR [m]
Espaciamiento entre Cuadernas	1,569	0,57
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:	0,52	0,55
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:	1,582	1,2

Longitud no soportada de Longitudinales	3,28	[m]
Longitud no soportada de Cuadernas	2,71	[m]
Longitud no soportada de Refuerzos Long. Secundarios Costado:	2,43	[m]

Cubierta de Helicóptero

Cubierta de Helicóptero			
Presión de diseño		8	[KN/m ²]
Cubierta Principal			
ESLORAS	SM	79,642655	[cm ³]
	I	6,4949E-06	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
BAOS SECUNDARIOS	SM	94,60	[cm ³]
	I	8,2197E-06	[m ⁴]
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios			
LONG COSTADO	SM	47,59	[cm ³]
	I	3,2098E-06	[m ⁴]
ESPESORES DE PLANCHA [mm]			
to		6,91	[mm]

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Refuerzos Tran. Long costado:	0,0055927	0,0014487	
Refuerzos Trans. Secundarios:	0,0057541	0,0016101	[m ²]
Superficie del Panel:	124,1079000	124,1079000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Tran. Long costado:		0,022917982	
Refuerzos Trans. Secundarios:		0,11462144	[m ³]
Plancha		0,8572	[m ³]
Peso de Plancha		6,728769286	[Ton]
Peso de Refuerzos		1,079684466	[Ton]
Peso Total		7,808453752	[Ton]

	1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo
Fn Ref Prim Long	19,25	53,03	19,8561
Fn Ref Prim Long Costado	13,54	37,28	19,8561
Fn Ref Sec Trans	20,54	56,59	19,8561
Fn Plancha	34,75		19,8561

Costados

Costado			
Presión de Diseño:		66	[KN/m ²]
Modulo Seccional de Refuerzos Primarios [cm³]			
Cuadernas	SM	686,555342	
	I	0,00012387	
Modulo Seccional de Refuerzos Secundarios [cm³]			
Ref Secundario	SM	96,9949753	[cm ³]
Longitudinal	I	8,5062E-06	[m ⁴]
Espesor de la plancha [mm]			
to		8,63	[mm]
Kp		0,02	
ψ		0,40	

Áreas Seccionales	Refuerzo con plancha asociada	Refuerzo sin plancha asociada	
Cuadernas	0,0283110	0,0054359	[m ²]
Refuerzos long. Secundarios:	0,0051810	0,0016350	
Superficie del Panel:	40,4802	40,4802	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Long. Primarios:		0,4265	[m ³]
Refuerzos long. Secundarios:		0,025865857	
Plancha		0,3495	[m ³]
Peso de Plancha		2,74388259	[Ton]
Peso de Refuerzos		3,347632659	[Ton]
Peso Total		6,091515249	[Ton]

		1ra Fn [Hz]	2da Fn [Hz]	Minimo [Hz]
Cuadernas		43,36	119,44	19,8561
long costado		20,74	57,12	19,8561
Fn Plancha		24,28		19,8561

Mamparo Estanco

MAMPARO ESTANCO			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		7,38	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	210,954866	[cm ³]
	I	2,4636E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	170,085862	[cm ³]
	I	1,8347E-05	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0026343	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0023081	[m ²]
Superficie del Mamparo:		20,4078000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,0340	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,0000	[m ³]
Plancha		0,1506	[m ³]
Peso de Plancha		1,182296119	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,266764737	[Ton]
Peso Total		1,449060857	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	65,04	716,63	19,8561
Fn Ref Transversa	25,63	70,60	19,8561
Fn Plancha	19,11	19,11	19,8561

Mamparo de División

MAMPAROS de Division			
Presion de Diseño		100	[KN/mm2]
Espesor			
to		6,44	[mm]
Refuerzos Verticales			
Primario	SM	230,76125	[cm ³]
	I	2,7855E-05	[m ⁴]
Refuerzos Transversales			
	SM	743,632672	[cm ³]
	I	0,00013818	[m ⁴]

Áreas Seccionales			
Refuerzos Verticales Primario:		0,0027835	[m ²]
Refuerzos Transversal:		0,0057091	[m ²]
Superficie del Mamparo:		13,5178000	[m ²]
Volúmenes			
Refuerzos Verticales:		0,0359	[m ³]
Refuerzos transversales:		0,0000	[m ³]
Plancha		0,0870	[m ³]
Peso de Plancha		0,682855172	[Ton]
Peso de Refuerzos		0,281872992	[Ton]
Peso Total		0,964728164	[Ton]

	1ra Fn	2da Fn	%F _b
Fn Ref Verticales	67,26	1617,93	19,8561
Fn Ref Transversal	44,68	123,08	19,8561
Fn Plancha	16,66		19,8561

Puntales

Puntales sobre cubierta principal				Áreas Seccionales	
				Puntales	0,0013854 [m ²]
I	9,36E-07	[m ⁴]		Volúmenes	
	1ra Fn	2da Fn	%F _b	Puntales	0,0007 [m ³]
Fn	70,24	193,48	19,8561	Peso Totalx4	0,041762775 [Ton]

ESCANTILLONADO BLOQUE 8				
Descripcion		Cantidad	Refuerzo empleado mm	Resultados SSC mm
SECCION DE CBTA. Principal				
Primario Longitudinal		5	T 315x100/12x15	T 300x90/8x8
Primario Transversal		0	T 425x120/12x25	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		9	65x10	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE CBTA. Superior				
Primario Longitudinal		5	T 216x75/7x16	T 300x90/8x8
Primario Transversal		0	T 460x120/12x35	T 150x80/8x8
Secundario Transversal		9	125x14	T 100x80/7x7
Planchaje			6,91	8
SECCION DE COSTADO				
Palmejar		0	T 780x200/12x30	T 254x155/9x9
Primario Transversal		0	T 525x120/12x25	T 209x100/8x8
Secundario Longitudinal		9	0	L 101x76/9,52x9,52
Planchaje			8,63	9
MAMPARO				
f Transversales			T 525x150/12x25	T 315x100/12x15
Ref Verticales			T 575x150/12x25	FB 101x8mm
Planchaje			7,38	7,62
MAMPAROS DE BODEGA				
f Transversales			T 340x120/12x15	L 200x76/9,52x9,52
Ref Verticales			T 216x75/7x16	FB 101x8mm
Planchaje			6,44	6,35

Anexo V.- Ramales de Sistemas a Bordo

Agua Dulce

Calculo en rama 1

D [pulg] =	1
D [m] =	0.0254
Area [m2] =	0.0005
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.006
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.75
g [m/s2] =	9.81
L (1codo) [m]	2.44
L(2valvulas)(m)	0.4572
L(1T)(m)=	4.57
L (tuberias) [m] =	3.8
Le [m] =	11.27

agua dulce ramal 1-baño estribor							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.1	0.8031415	2822.22	0.064827125	0.01	95.648	0.143763084	95.80
0.46	3.6944508	5644.44	0.064530324	0.11	95.648	3.028099391	98.78
0.69	5.5416763	8466.67	0.064430872	0.24	95.648	6.802723306	102.69
1	8.0314149	11288.89	0.064381048	0.50	95.648	14.27738449	110.42
1.31	10.521153	14111.11	0.064351121	0.86	95.648	24.4900305	121.00
1.62	13.010892	16933.33	0.064331157	1.31	95.648	37.4405318	134.40
2.5	20.078537	19755.56	0.064316891	3.13	95.648	89.14473	187.92
3	24.094245	22577.78	0.064306187	4.50	95.648	128.3470484	228.49
4	32.12566	36688.89	0.064277355	8.00	95.648	228.0702276	331.72

[Fuente: Elaboración propia]

Calculo en ramal 2

D [pulg] =	1
D [m] =	0.0254
Area [m2] =	0.0005
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.006
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.75
g [m/s2] =	9.81
L (2codo) [m] =	2.44
L(1T)(m)=	4.57
L(2valvulas)(m)=	0.9144
L (tuberias) [m] =	8.43
Le [m] =	16.35

agua dulce ramal 2-baño popa							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.1	0.8031415	2.82E+03	6.48E-02	0.01	95.6475	0.21	95.86
0.46	3.6944508	5.64E+03	6.45E-02	0.11	95.6475	4.40	100.15
0.69	5.5416763	8.47E+03	6.44E-02	0.24	95.6475	9.87	105.76
1	8.0314149	1.13E+04	6.44E-02	0.50	95.6475	20.72	116.87
1.31	10.521153	1.41E+04	6.44E-02	0.86	95.6475	35.55	132.05
1.62	13.010892	1.69E+04	6.43E-02	1.31	95.6475	54.35	151.31
2.5	20.078537	1.98E+04	6.43E-02	3.13	95.6475	129.40	228.17
3	24.094245	2.26E+04	6.43E-02	4.50	95.6475	186.30	286.45
4	32.12566	3.67E+04	6.43E-02	8.00	95.6475	331.06	434.71

[Fuente: Elaboración propia]

Sistema Contra Incendio

Cálculos en Ramal 1

D [pulg] =	2
D [m] =	0.0508
Area [m2] =	0.0020
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.003
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.9
g [m/s2] =	9.81
L (2codo) [m]	4.88
L(1T)(m)=	4.57
L(1valvulas)(m)	3.6576
L (tuberias) [m] =	2.89
Le [m] =	15.99

contra incendio ramal1							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.05	40.259508	2.82E+03	5.32E-02	0.00125	97.119	0.02093693	97.1411869
0.08	64.4152128	4.52E+03	5.29E-02	0.0032	97.119	0.05327381	97.1754738
0.11	88.5709176	6.21E+03	5.27E-02	0.00605	97.119	0.10043919	97.2254892
0.14	112.726622	7.90E+03	5.26E-02	0.0098	97.119	0.16243304	97.291233
0.17	136.882327	9.60E+03	5.26E-02	0.01445	97.119	0.23925537	97.3727054
0.2	161.038032	1.13E+04	5.25E-02	0.02	97.119	0.33090616	97.4699062
0.23	185.193737	1.30E+04	5.25E-02	0.02645	97.119	0.43738542	97.5828354
0.26	209.349442	1.47E+04	5.25E-02	0.0338	97.119	0.55869314	97.7114931
0.29	233.505146	1.64E+04	5.25E-02	0.04205	97.119	0.69482932	97.8558793
0.32	257.660851	1.81E+04	5.25E-02	0.0512	97.119	0.84579397	98.015994
0.65	523.373604	3.67E+04	5.24E-02	0.21125	97.119	3.48508368	100.815334

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculos en Ramal 2

D [pulg] =	2
D [m] =	0.0508
Area [m2] =	0.0020
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.003
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.9
g [m/s2] =	9.81
L (1codo) [m] =	2.44
L(T)(m)=	4.57
L(2valvulas)(m)	0
L (tuberias) [m] =	12.24
Le [m] =	19.25

contra incendio ramal2							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.05	40.259508	2.82E+03	5.32E-02	0.00125	97.119	0.02519647	97.1454465
0.08	64.4152128	4.52E+03	5.29E-02	0.0032	97.119	0.06411216	97.1863122
0.11	88.5709176	6.21E+03	5.27E-02	0.00605	97.119	0.12087316	97.2459232
0.14	112.726622	7.90E+03	5.26E-02	0.0098	97.119	0.19547943	97.3242794
0.17	136.882327	9.60E+03	5.26E-02	0.01445	97.119	0.28793097	97.421381
0.2	161.038032	1.13E+04	5.25E-02	0.02	97.119	0.39822776	97.5372278
0.23	185.193737	1.30E+04	5.25E-02	0.02645	97.119	0.52636982	97.6718198
0.26	209.349442	1.47E+04	5.25E-02	0.0338	97.119	0.67235714	97.8251571
0.29	233.505146	1.64E+04	5.25E-02	0.04205	97.119	0.83618971	97.9972397
0.32	257.660851	1.81E+04	5.25E-02	0.0512	97.119	1.01786755	98.1880675
0.65	523.373604	3.67E+04	5.24E-02	0.21125	97.119	4.19411073	101.524361

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculos en Ramal 3

D [pulg] =	1
D [m] =	0.0254
Area [m2] =	0.0005
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.006
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.9
g [m/s2] =	9.81
L (1codo) [m]	2.44
L(1T)(m)=	4.57
L(1valvulas)(m)	3.6576
L (tuberias) [m] =	6
Le [m] =	16.67

contra incendio ramal3							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.05	20.129754	1.41E+03	6.54E-02	0.00125	97.119	0.053651	97.173901
0.08	32.2076064	2.26E+03	6.50E-02	0.0032	97.119	0.13642428	97.2586243
0.11	44.2854588	3.10E+03	6.48E-02	0.00605	97.119	0.25712795	97.3821779
0.14	56.3633112	3.95E+03	6.47E-02	0.0098	97.119	0.41576193	97.5445619
0.17	68.4411636	4.80E+03	6.46E-02	0.01445	97.119	0.61232621	97.7457762
0.2	80.519016	5.64E+03	6.45E-02	0.02	97.119	0.84682078	97.9858208
0.23	92.5968684	6.49E+03	6.45E-02	0.02645	97.119	1.11924563	98.2646956
0.26	104.674721	7.34E+03	6.45E-02	0.0338	97.119	1.42960077	98.5824008
0.29	116.752573	8.18E+03	6.44E-02	0.04205	97.119	1.77788619	98.9389362
0.32	128.830426	9.03E+03	6.44E-02	0.0512	97.119	2.1641019	99.3343019
0.65	261.686802	1.83E+04	6.43E-02	0.21125	97.119	8.91587322	106.246123

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculos en Ramal 4

D [pulg] =	1
D [m] =	0.0254
Area [m2] =	0.0005
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.006
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.9
g [m/s2] =	9.81
L (1codo) [m]	2.44
L(1T)(m)=	4.57
L(1valvulas)(m)	3.6576
L (tuberias) [m] =	2.81
Le [m] =	13.48

contra incendio ramal4							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.05	20.129754	1.41E+03	6.54E-02	0.00125	97.119	0.04338179	97.1636318
0.08	32.2076064	2.26E+03	6.50E-02	0.0032	97.119	0.13642428	97.2586243
0.11	44.2854588	3.10E+03	6.48E-02	0.00605	97.119	0.25712795	97.3821779
0.14	56.3633112	3.95E+03	6.47E-02	0.0098	97.119	0.41576193	97.5445619
0.17	68.4411636	4.80E+03	6.46E-02	0.01445	97.119	0.61232621	97.7457762
0.2	80.519016	5.64E+03	6.45E-02	0.02	97.119	0.84682078	97.9858208
0.23	92.5968684	6.49E+03	6.45E-02	0.02645	97.119	1.11924563	98.2646956
0.26	104.674721	7.34E+03	6.45E-02	0.0338	97.119	1.42960077	98.5824008
0.29	116.752573	8.18E+03	6.44E-02	0.04205	97.119	1.77788619	98.9389362
0.32	128.830426	9.03E+03	6.44E-02	0.0512	97.119	2.1641019	99.3343019
0.65	261.686802	1.83E+04	6.43E-02	0.21125	97.119	8.91587322	106.246123

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculos en Ramal 5

D [pulg] =	1
D [m] =	0.0254
Area [m2] =	0.0005
ε [ft] =	0.0005
ε/D =	0.006
μ [m2/s] =	9.00E-07
f_o =	0.003
z [m] =	9.9
g [m/s2] =	9.81
L (1codo) [m]	0.00
L(1T)(m)=	4.57
L(1valvulas)(m)	1.8288
L (tuberias) [m] =	0.78
Le [m] =	7.18

contra incendio ramal5							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.05	20.129754	1.41E+03	6.54E-02	0.00125	97.119	0.02310991	97.1433599
0.08	32.2076064	2.26E+03	6.50E-02	0.0032	97.119	0.05876411	97.1809641
0.11	44.2854588	3.10E+03	6.48E-02	0.00605	97.119	0.11075664	97.2358066
0.14	56.3633112	3.95E+03	6.47E-02	0.0098	97.119	0.17908747	97.3078875
0.17	68.4411636	4.80E+03	6.46E-02	0.01445	97.119	0.26375659	97.3972066
0.2	80.519016	5.64E+03	6.45E-02	0.02	97.119	0.36476401	97.503764
0.23	92.5968684	6.49E+03	6.45E-02	0.02645	97.119	0.48210972	97.6275597
0.26	104.674721	7.34E+03	6.45E-02	0.0338	97.119	0.61579371	97.7685937
0.29	116.752573	8.18E+03	6.44E-02	0.04205	97.119	0.765816	97.926866
0.32	128.830426	9.03E+03	6.44E-02	0.0512	97.119	0.93217657	98.1023766
0.65	261.686802	1.83E+04	6.43E-02	0.21125	97.119	3.84046986	101.17072

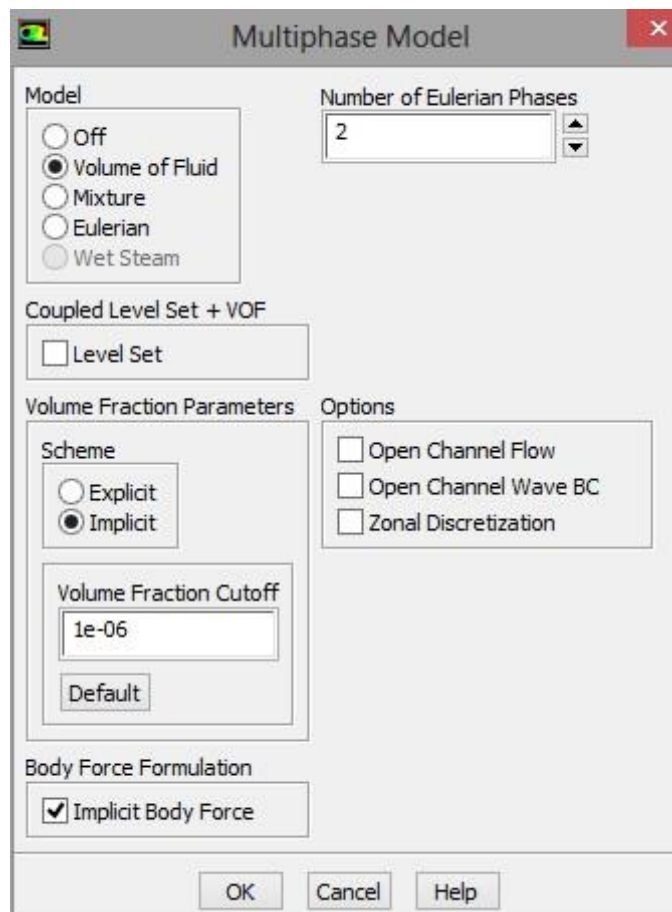
Ramal 6

D [pulg] =	1
D [m] =	0.0254
Area [m2] =	0.0005
ϵ [ft] =	0.0005
ϵ/D =	0.006
μ [m2/s] =	9.00E-07
fo =	0.003
z [m] =	9.9
g [m/s2] =	9.81
L (1codo) [m]	2.44
L(1T)(m)=	4.57
L(1valvulas)(m)	3.6576
L (tuberias) [m] =	2.14
Le [m] =	12.81

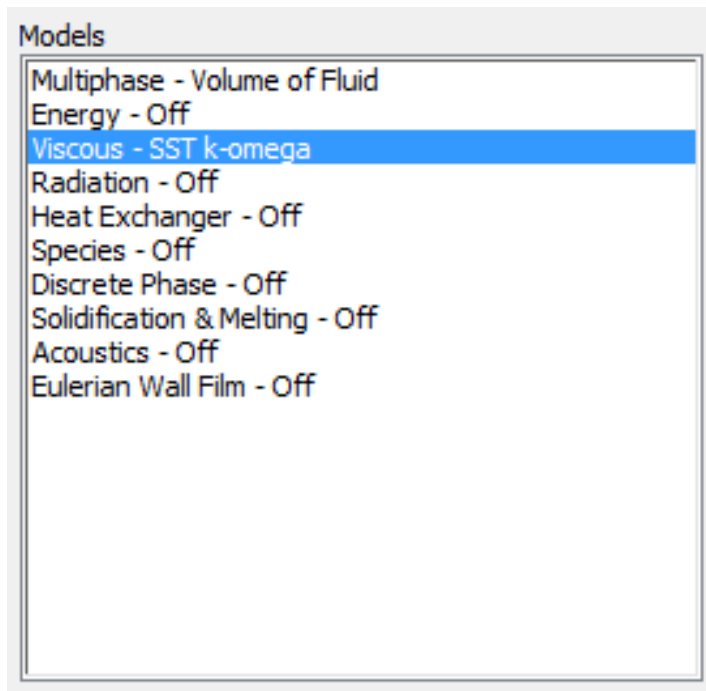
contra incendio ramal6							
V [m/s]	Q [GPM]	Reynolds	f	V2/2	gZ	Pérdidas	hX(m)
0.05	20.129754	1.41E+03	6.54E-02	0.00125	97.119	0.04122493	97.1614749
0.08	32.2076064	2.26E+03	6.50E-02	0.0032	97.119	0.10482716	97.2270272
0.11	44.2854588	3.10E+03	6.48E-02	0.00605	97.119	0.19757473	97.3226247
0.14	56.3633112	3.95E+03	6.47E-02	0.0098	97.119	0.31946761	97.4482676
0.17	68.4411636	4.80E+03	6.46E-02	0.01445	97.119	0.47050578	97.6039558
0.2	80.519016	5.64E+03	6.45E-02	0.02	97.119	0.65068924	97.7896892
0.23	92.5968684	6.49E+03	6.45E-02	0.02645	97.119	0.86001797	98.005468
0.26	104.674721	7.34E+03	6.45E-02	0.0338	97.119	1.09849199	98.251292
0.29	116.752573	8.18E+03	6.44E-02	0.04205	97.119	1.36611128	98.5271613
0.32	128.830426	9.03E+03	6.44E-02	0.0512	97.119	1.66287585	98.8330758
0.65	261.686802	1.83E+04	6.43E-02	0.21125	97.119	6.85087438	104.181124

Anexo W.- Proceso de Ansys Para el análisis CFD

Una vez empezado el programa, escogemos el modelo que queremos analizar, este es un modelo viscoso y VOF pues hay dos fluidos.

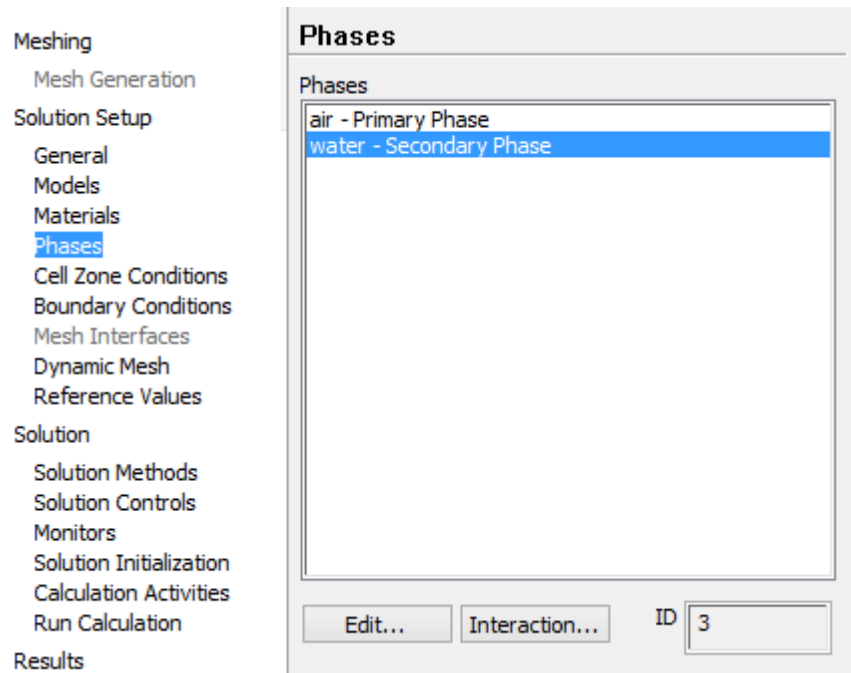


El resto de modelos, al no ser utilizados, no se activan.



Luego, se definen los materiales a utilizarse, en este caso son el agua de mar y el aire, en el programase puede añadir e agua, sin ningún problema.

Despues de añadir los materiales, se debe poner la fase, primario siempre será el menos denso, en este caso el aire será el primario y el agua el scundario.



Esto es muy importante, para el cálculo del programa.

Luego las condiciones de frontera, éstas se explican en el subcapítulo de CFD.

Las condiciones de frontera que deben de controlarse son, Inlet y outlet respectivamente, se las edita en el botón “Edit” mostrado en la figura inferior.

Una vez editadas las condiciones de frontera, que es donde se ingresa la velocidad de entrada, presión de salida y rugosidad de la superficie se editan las condiciones de operación, en este punto se debe ingresar un punto de presión que se encuentre en cualquier lugar ocupado por la fase uno, es decir, aire. Las condiciones de operación deben activarse las funciones mostradas en las figuras mostradas a continuación.

- Meshing
 - Mesh Generation
- Solution Setup
 - General
 - Models
 - Materials
 - Phases
 - Cell Zone Conditions
 - Boundary Conditions**
 - Mesh Interfaces
 - Dynamic Mesh
 - Reference Values
- Solution
 - Solution Methods
 - Solution Controls
 - Monitors
 - Solution Initialization
 - Calculation Activities
 - Run Calculation
- Results
 - Graphics and Animations
 - Plots
 - Reports

Boundary Conditions

Zone

- bottom
- inlet
- interior-solid
- outlet
- sides
- top
- wall-solid**

Phase	Type	ID
mixture	wall	1

Edit... Copy... Profiles...
Parameters... **Operating Conditions...**
Display Mesh... Periodic Conditions...
 Highlight Zone

Operating Conditions

Pressure

Operating Pressure (pascal)
 P

Reference Pressure Location

X (m) P

Y (m) P

Z (m) P

Gravity

Gravity

Gravitational Acceleration

X (m/s²) P

Y (m/s²) P

Z (m/s²) P

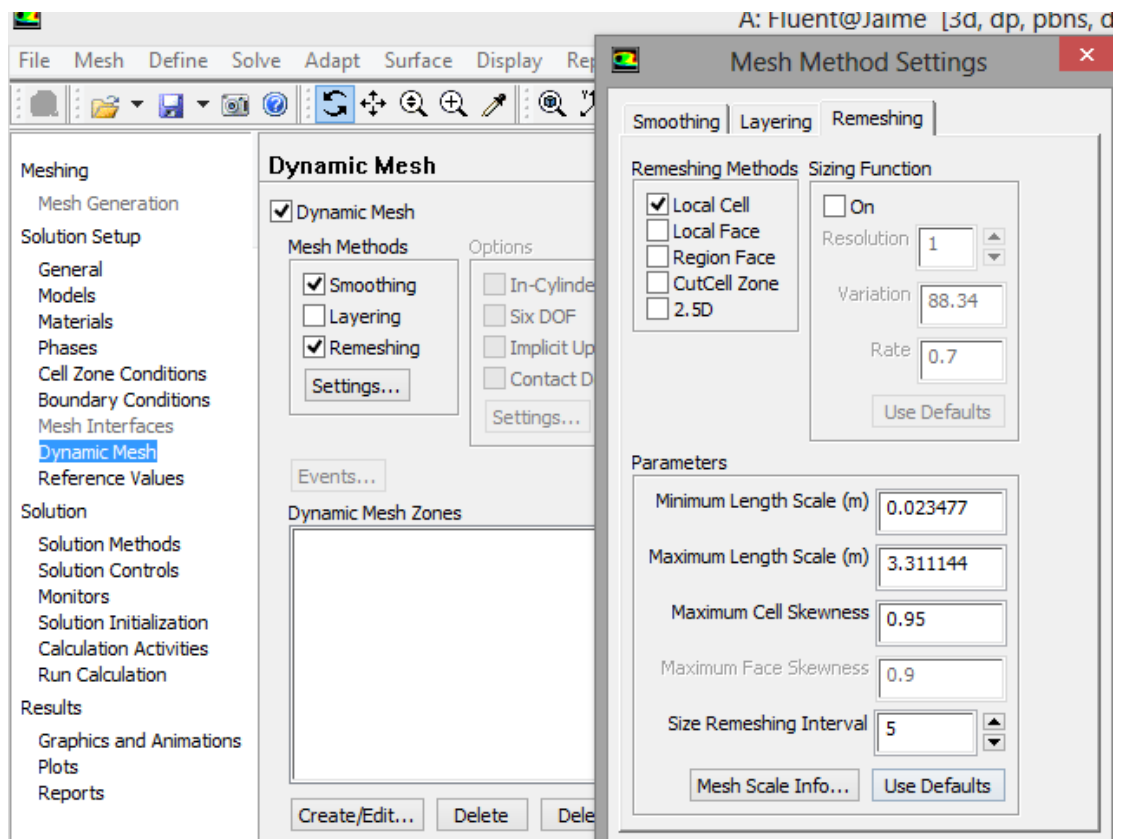
Variable-Density Parameters

Specified Operating Density

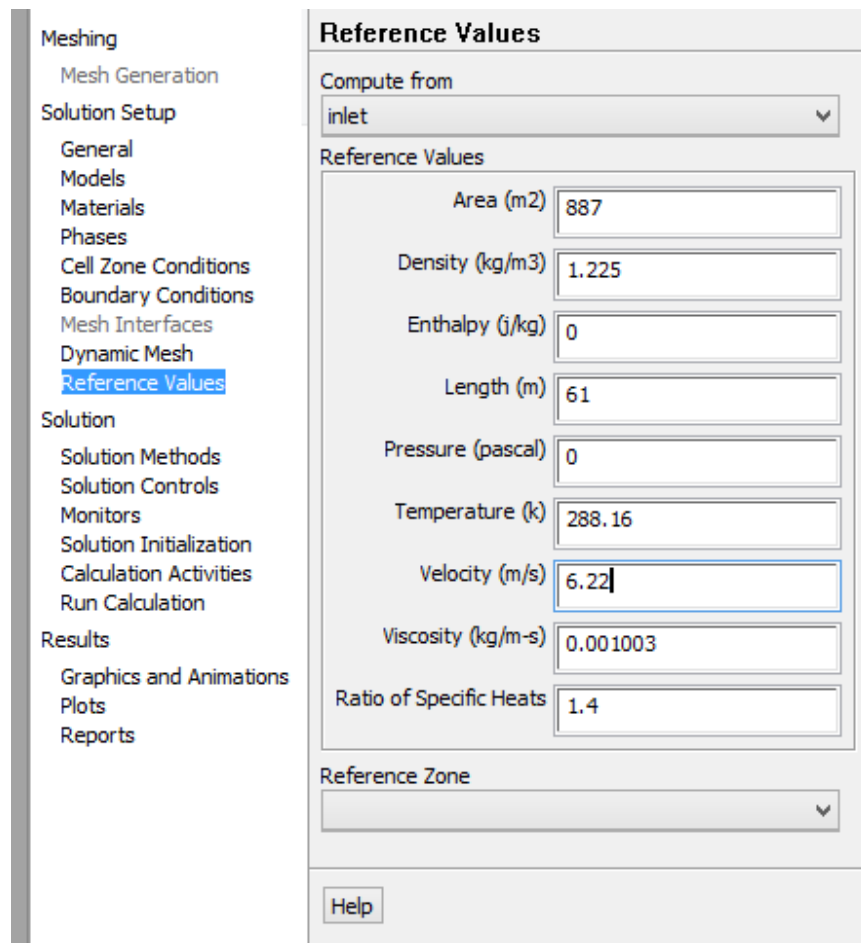
Operating Density (kg/m³)
 P

OK Cancel Help

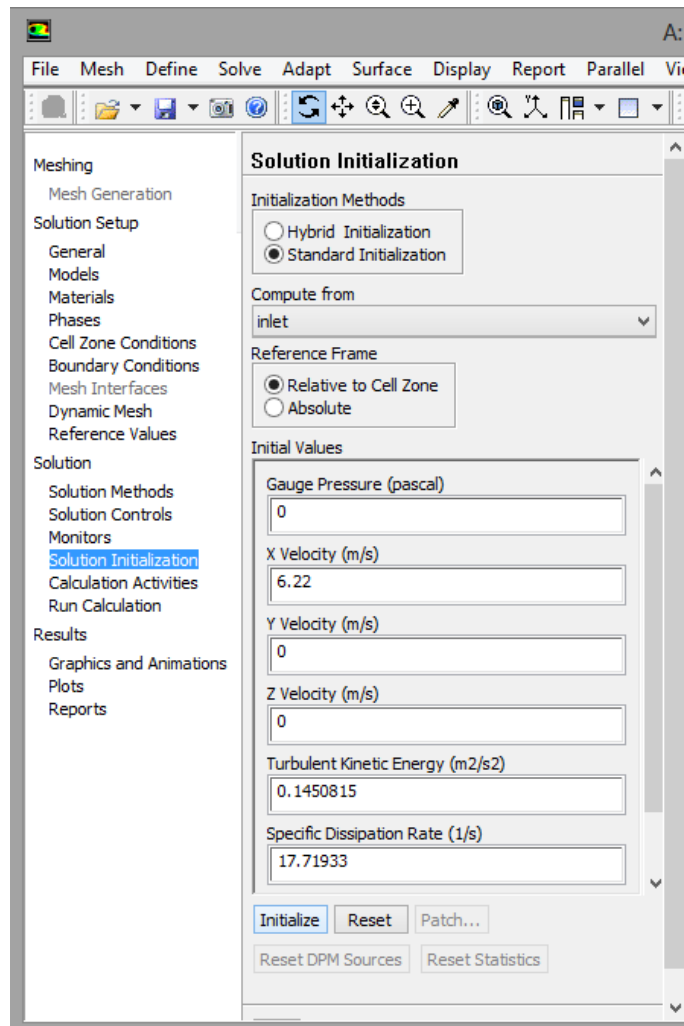
Después de esto, hay que activar el dynamic mesh, para movimiento y en utilizar los valores por defecto dados en el mismo.



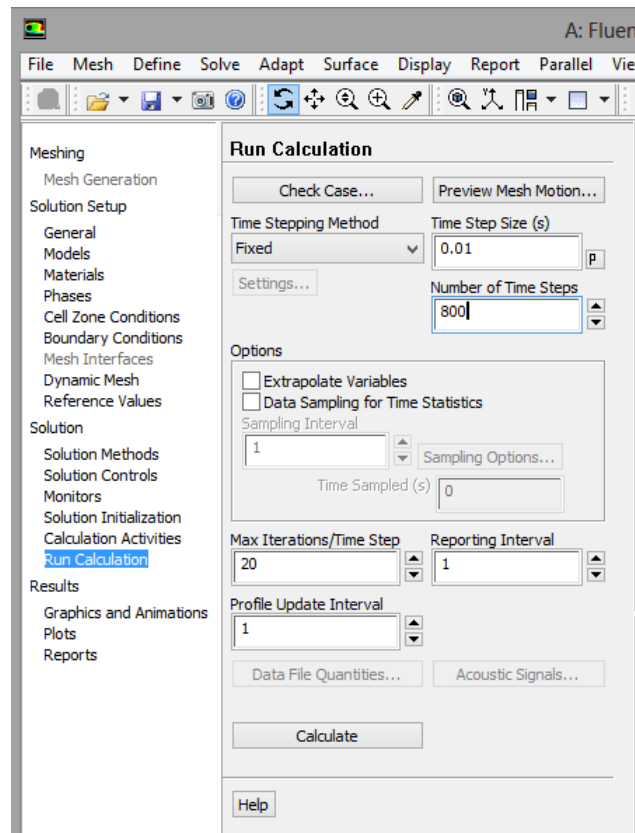
Después del dynamic mesh se analizan los valores de referencia, en estos se deben ingresar los valores de la longitud del buque, la velocidad y el área mojada.



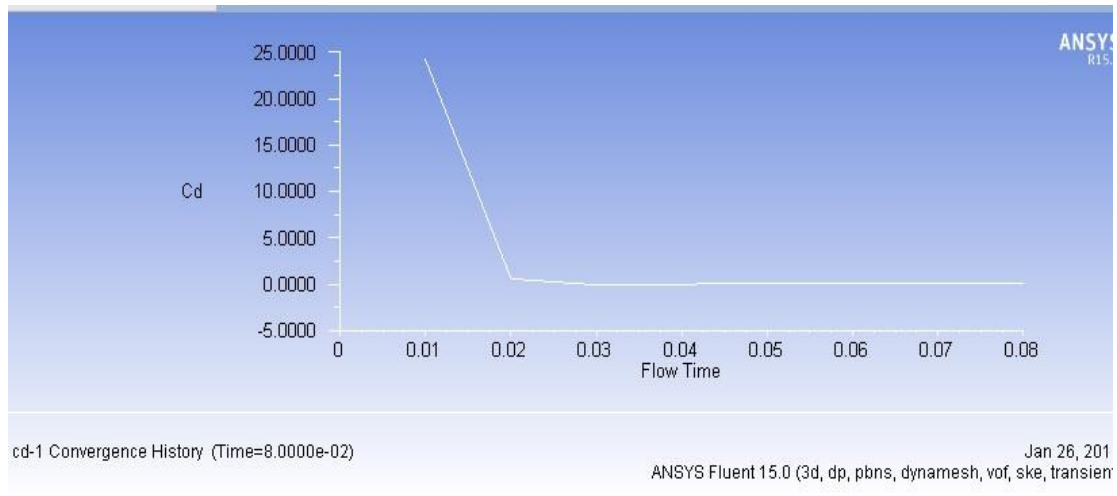
En los métodos de solución y controles de solución se puede dejar los valores por defecto, la inicialización debe de hacerse desde la entrada del fluido.



En calculación activities, escribimos 200 en el autosave y pasamos a correr el programa, pero antes se ingresan valores, tal y como se muestra en la imagen inferior.



Una vez ingresado esos valores, se corre el programa y se espera, se necesita tener la curva de convergencia, esta está mostrada en el subcapítulo de CFD en el capítulo tres, cuando el programa llega a una solución, en la ventana de solución aparece una notificación de que la solución ha convergido.



629539 cells marked for refinement, 0 cells marked for coarsening
Additional cells might have been marked because of the requirements of the
adaption algorithms.

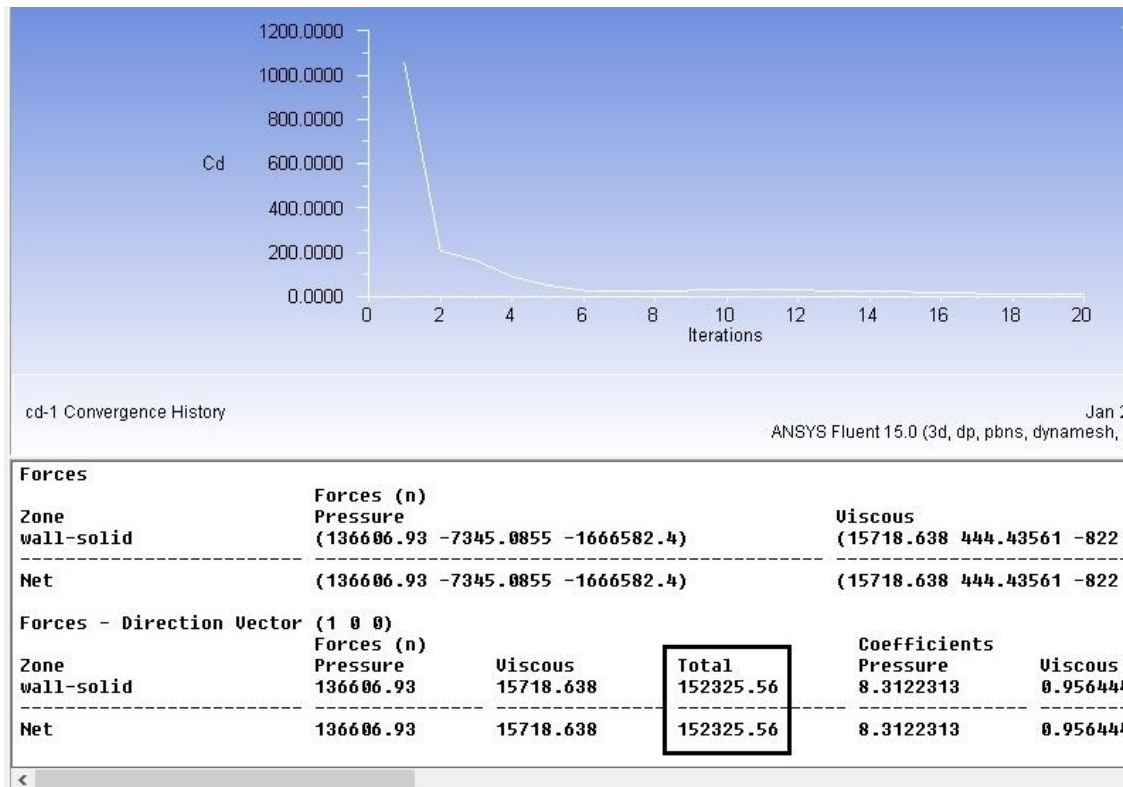
1339489 cells marked for refinement, 0 cells marked for coarsening
Additional cells might have been marked because of the requirements of the
adaption algorithms.

Updating solution at time level N... done.

iter	continuity	x-velocity	y-velocity	z-velocity	k	epsilon	vf-water	time/it
137	9.9600e-04	4.6564e-07	2.6623e-07	2.7913e-07	2.4064e-07	1.0631e-06	0.0000e+00	0:08:03

En este momento uno puede pausr el programa o seguir dándolo correr, esto es para tener más tiempo de animación.

Cuando la solución ha sido encontrada, se presenta el reporte y se presentan las fuerzas, en la dirección que se desea del cuerpo, puesto que a fuerza de arrastre, para este caso, está en la dirección x, se pide que se presente en esta dirección.



Así se realiza el proceso para las diferentes velocidades a las que se desea calcular, estos valores se presentan en la curva presentada en el subcapítulo del análisis CFD.

Bibliografía

- [1] **Puertos del Ecuador**, www.fao.org/fi/oldsite/FCP/es/ecu/body.htm
- [2] **ALVARIÑO, R., AZPÍROZ, J., MEIZOSO, M.**, El Proyecto Básico del buque mercante. Colegio Oficial de Ingenieros Navales, Fondo Editorial de Ingeniería Naval, Madrid, 1997.
- [3] **OMI**, Código de estabilidad sin averías para todos los tipos de buques regidos por instrumentos de la OMI, Resolución A.749(18), 1993
- [4] **Msc Patrick Townsend, Walter Méndez**
- [5] **Álvaro Briz**, jefe de flota manta
- [6] **Nauticexpo**. www.nauticexpo.es/prod/schenker/desalinizadores-por-osmosis-inversa-12v-24v-barco-recuperacion-energia-23417-199546.html
- [7] **www.atunerosecuador.com**
- [8] **ABS**, Steel Vessels under 90 meters (295 feet) in length. Rules for Building and Cassing, Part 4 Vessel Systems and Machinery, Houston, 2014.
- [9] **Germanischer Lloyds**, Rules for Clasification and construction for classification of ships, Edition 2007.
- [10] **Lloyd's Register**, Rule Finder, 2013
- [11] **Catterpillar Web**: Catalogos de motores Marinos e industriales
- [12] Sub-Secretaría de Puertos , transporte Maritimo y fluvial
- [13] **Dotación mínima**, Subsecretaría de Puertos, transporte marítimo y fluvial
- [14] **HOLTROP-MENNEN**, AN APROXIMATE POWER PREDICTION METHOD, HOLTROP-MENNEN, 1982

- [15] **Abs part3**, steel vessel under 90 meters (295 feet) in length, chapter 5 equipment
- [16] **Tesis Etsin- ISRAEL MARTINEZ**, CAPITULO 10 EQUIPOS Y SERVICIOS
- [17] **ISO 8861**, Ventilación en Sala de Máquinas
- [18] Tesis Etsin- ISRAEL MARTINEZ, CAPITULO 10 EQUIPOS Y SERVICIOS
- [19] **ISO 8861**, Ventilación en Sala de Máquinas.
- [20] **IMO RULES A468(XII)**: 1981, Code on noise levels on Merchant Ships
- [21] **ABS**, Crew habitability for ships
- [22] **Principals Of Naval Architecture**, Volumen li, Edward V. Lewis, 1988
- [23] **Resistance And Propulsion Of Ships**, Sv. Aa. Harvald, 1972
- [24] **Estimation Methods For Basic Ship Design**, Manuel Ventura
- [25] **THE WAGENINGEN PROPELLER SERIES**, G. KUIPER, 1992
- [26] **ABS**, Rules For Building And Classing, Steel Vessels Under 90 Meter In Length, Part 4 Vessel Systems And Machinery, Abs, 2014
- [27] **ABS**, ABS-VESSEL MANEUVERABILITY GUIDE, 2006
- [28] **CATERPILLAR**, Caterpillar 3600 marine engine Application & Installation guide, Iekm, 2005
- [29] Probrisa, <http://www.probrisa.com/probrisa-catalogo/#p=9>
- [31] **Catálogo de Bombas Pedrollo**,
- [32] **Maquinaria Maritima II**, Phd. José Rolando Marín, 2014
- [33] Tecnología de la construcción de Buques de Eslora Mayor a 50 m

[34] **Álvaro Briz**, jefe de flota manta

[35] **DNV**, Rules and Regulations

[36] **Ship vibration**, April 2006 (updated February 2014)

[35] <http://www.wego-vti.de/>

[36] **Notas de Clase de CFD**, Facultad de Mecánica, Espol.

[37] **Fluent Code Simulation of Flow around a Naval Hull: the DTMB 5415**

[38] **Resistencia de materiales**, Singer.

[39] **Approximate Methods for Multi-dof and Continuous Systems**,
Rayleigh's Method.

[40] **Dotación mínima de seguridad para tripulación**, Subsecretaria de
Puertos, Transporte Marítimo y Fluvial Ecuador

[41] **Diseño de un Buque Portacontenedor Ferrier**, Ing Luis Rodríguez, Ing.

Dennis Ramírez.

[42] **Prevención de Riesgos Laborales en el sector de la reparación y
construcción Naval**, www.insht.es.

[43] Cost Estimate, M Ventura