



ACTIVO FIJO 148544



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias biológicas, Oceánicas y Recursos Naturales
Centro de Información Bibliotecaria

No. DE INVENTARIO: D-76515
VALOR: \$ 4.09
CLASIFICACIÓN: 623.8232/RIV
FECHA DE INGRESO: 31/01/17
PROCEDENCIA: AUTOR
SOLICITADO POR: CIB.FIMCBOA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

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

DISEÑO DE UN REMOLCADOR FLUVIAL PARA TRANSPORTE MULTIMODAL RUTA MANTA-MANAOS

PROYECTO INTEGRADOR

Previa la obtención del Título de

INGENIERO NAVAL

Presentado por:

David Adrián Rivadeneira Gil

Byron Gustavo Chele Plúa

Guayaquil-Ecuador

2015

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por brindarme vida y salud para terminar mi carrera universitaria, a mis padres, mis abuelos, hermanos, primos, tíos, amigos, y compañeros universitarios que siempre estuvieron y me ayudaron cuando más los necesité. A mis profesores, por compartirme sus conocimientos al Ing. Franklin J. Domínguez Ruíz por sus enseñanzas y tutoría en el proyecto.

David Adrián Rivadeneira Gil

A Dios por ser el guía en las decisiones importantes de mi vida, al Ing. Roberto Morante por su valiosa colaboración y enseñanzas, al Ing. Franklin Domínguez por su orientación en el desarrollo de este trabajo.

Byron Gustavo Chele Plúa

DEDICATORIA

Haber logrado la culminación de mi carrera, es sinónimo de los valores y esfuerzos que mis padres y abuelos me han brindado, a Patty por su apoyo incondicional, y a mis amigos Emilio, Joffre y Carlos, dedico a ellos este primer triunfo.

David Adrián Rivadeneira Gil

A mis padres por su eterna ayuda en mis estudios, a Hellen y Diana por ser el apoyo diario, a los Ing. Milton Paredes, Iván López por ser mis guías en este mundo tan complicado de la Ingeniería.

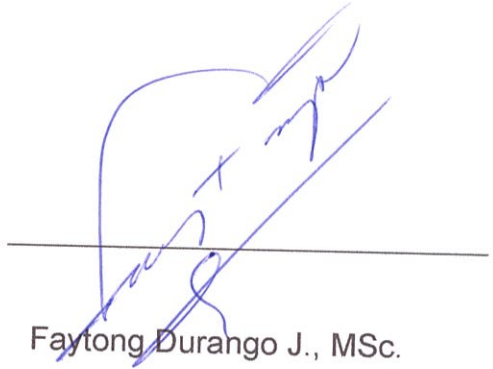
Byron Gustavo Chele Plúa

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Domínguez R.', written over a horizontal line.

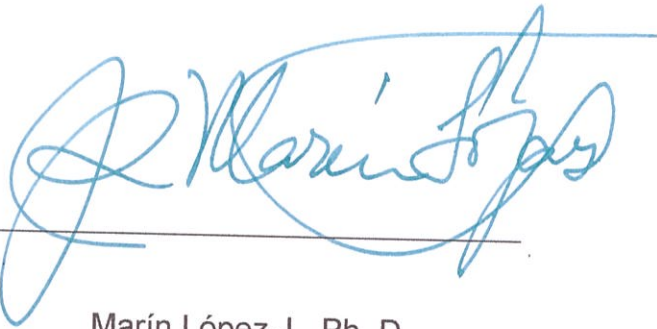
Franklin Domínguez R., Ing.

DIRECTOR

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Faytong Durango J.', written over a horizontal line.

Faytong Durango J., MSc.

VOCAL

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Marín López J.', written over a horizontal line.

Marín López J., Ph. D.

VOCAL

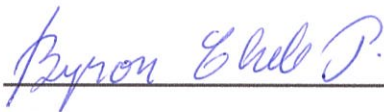
DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en esta tesis, corresponden exclusivamente a su autor, y el patrimonio intelectual del Proyecto Integrador corresponderá a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”.

(Reglamento de Exámenes y Títulos Profesionales de la ESPOL).



David Adrián Rivadeneira Gil



Byron Gustavo Chele Plúa

RESUMEN

En el presente trabajo se ha desarrollado el diseño de un Remolcador Fluvial para brindar servicio de asistencia en remolque o empuje de convoy (Conjunto de barcazas). Las barcazas pueden transportar carga al granel o en contenedores; la ruta de navegación en la que se opera es en el Eje Multimodal Manta-Manaos.

La ruta fluvial de navegación, será de Puerto Providencia a Manaus en un recorrido de ida de aproximadamente 1100 millas náuticas (2037km) pasando por Iquitos en la república de Perú y Leticia en Colombia, navegando por el río Napo hasta llegar al Amazonas [1]. La ruta de navegación tiene diferentes zonas de operación, tales como; zonas de aguas rasas de no más de 1.7 metros profundidad, y zonas de más de 15 metros de profundidad, las cuales las llamaremos aguas profundas.

La capacidad de carga del convoy a 1.20 metros de calado en aguas rasas es de hasta 5188 ton, mientras que para zonas de aguas profundas será de 10000 ton.

En el diseño preliminar; mediante el uso de la base de datos de remolcadores que operan en zonas parecidas de limitación, se obtuvieron las dimensiones principales del Remolcador Fluvial. Luego con la ayuda de un programa

computacional modelador 2d se mejoran las líneas de formas del modelo prototipo, que se obtuvo de un remolcador que opera en el Río Babahoyo. Además, con la implementación de Normas de Sociedades Clasificadoras, fórmula empíricas navales y software especializados, se realizaron los cálculos de resistencia y propulsión, escantillonado, balance eléctrico, etc.

En el diseño definitivo se estableció la integración de los grupos tecnológicos, de tal manera que estos puedan ser optimizados como un conjunto. Esta optimización busca la minimización del costo de construcción total del proyecto. Debido a las condiciones de navegación, el grupo tecnológico de mayor trascendencia es la parte propulsiva, desarrollándose un modelo de CFD (Remolcador-Barcaza) para evaluar su resistencia obtenida por fórmulas empíricas, con el objetivo final de verificar que la optimización por parte de este grupo sea la adecuada.

Finalmente en el proyecto se estimaron los costos correspondientes a la construcción del Remolcador Fluvial, operación, e ingresos anuales, dando lugar al análisis de factibilidad del proyecto, que para la condición crítica de captación de mercado a partir el año 3 el proyecto es rentable y para el año 10 la rentabilidad será de \$323,797.56. Además, se ha desarrollado la planificación de la obra y sistemas de confiabilidad.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	IV
ÍNDICE GENERAL	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABLAS	XV
INDICE DE ANEXOS	XXIV
ABREVIATURAS Y SIMBOLOS.....	XXV
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1.....	4
DISEÑO CONCEPTUAL.....	4
1.1 Alcance del Proyecto.....	4
1.2 Requerimientos Básicos del Diseño	5
1.3 Cálculo y Selección de Dimensiones Principales	7
1.4 Distribución General Conceptual.....	15
1.4.1 Espacios de Habitabilidad	15
1.4.2 Distribución General.....	18
1.5 Resultados de la Estimación de Pesos	20
1.6 Análisis de resultados obtenidos en el diseño conceptual	22
CAPITULO 2.....	23
DISEÑO PRELIMINAR	23
2.1 Capacidad de Tanques y Distribución General.....	23
2.2 Desarrollo de líneas de Formas y Cálculos hidrostáticos	29

2.3	Cálculo de Estabilidad Transversal.....	34
2.4	Cálculo de Resistencia y Propulsión.....	41
2.5	Cálculo Estructural.....	49
2.6	Sistemas a Bordo	57
2.6.1	Equipos de Amarre y Fondeo.....	57
2.6.2	Sistema de Combustible.....	59
2.6.3	Sistema Contraincendios.....	65
2.6.4	Sistemas de Achique.....	69
2.6.5	Sistemas de Agua Dulce	76
2.7	Balance Eléctrico	80
2.8	Análisis de resultados obtenidos en el diseño preliminar	87
CAPITULO 3		88
DISEÑO DEFINITIVO		88
3.1	Distribución de Habitabilidad y Confort	89
3.1.1	Calculo de peso de la Superestructura.....	95
3.2	Dimensiones y Formas Definitivas	97
3.3	Calculo de Arqueo	106
3.4	Sistema de Propulsión y Gobierno.....	111
3.5	Escantillonado Definitivo.....	136
3.6	Sistemas a Bordo complementarios.....	146
3.6.1	Sistemas de Ventilación	146
3.6.2	Sistemas de Gases de Escape.....	149

3.7	Análisis de resultados obtenidos en el diseño definitivo.....	153
CAPITULO 4	.....	155
ANALISIS ECONÓMICO	.....	155
4.1	Estimación de Costos y Factibilidad.....	155
4.2	Planificación del Proyecto.....	166
4.3	Riesgo y Confiabilidad del Proyecto.....	168
CONCLUSIONES	.....	174
RECOMENDACIONES	.....	177
ANEXOS	.....	178
BIBLIOGRAFÍA	.....	315

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura No. 1	Espiral de diseño.....	5
Figura No. 2	Recorrido Puerto Providencia-Iquitos-Leticia-Manaos	6
Figura No. 3	Variación Potencia vs. DWT.....	9
Figura No. 4	Variación L/B vs Potencia.....	11
Figura No. 5	Variación D vs L/B.....	11
Figura No. 6	Modelo prototipo optado.....	14
Figura No. 7	Dimensiones principales y distribución de Área.....	17
Figura No. 8	Distribución General- Tanques	19
Figura No. 9	Curva de Longitud Inundable.....	27
Figura No. 10	Distribución de tanques	28
Figura No. 11	Plano de Líneas de formas del Remolcador Fluvial	30
Figura No. 12	Curvas Hidrostática	32
Figura No. 13	Curvas Cruzadas de Estabilidad	34
Figura No. 14	Curva de Brazo Adrizante, Condición LC1	37
Figura No. 15	Curva de Brazo Adrizante, Condición LC2	38
Figura No. 16	Curva de Resistencia Arreglo Convoy 4x2	42
Figura No. 17	Potencia Bhp vs Velocidad, profundidad ilimitada	45
Figura No. 18	Potencia Bhp vs. Velocidad, profundidad 15 metros.....	46
Figura No. 19	Potencia Bhp vs. Velocidad, profundidad 5 metros.....	46
Figura No. 20	Potencia Bhp vs. Velocidad, profundidad 2.5 metros.....	47
Figura No. 21	Curva de Peso Resultantes	50

Figura No. 22 Rayado Estructural de Costado	51
Figura No. 23 Rayado Estructural de Fondo y Cubierta	52
Figura No. 24 Cuaderna Maestra, C 28 y C29	52
Figura No. 25 Cuaderna de proa, C 51 y C52.....	53
Figura No. 26 Cuaderna de popa, C 1 ½ y C2	53
Figura No. 27 Modelo Rhino Casco. Estimacion de peso	55
Figura No. 28 Modelo Rhino Caseta. Estimacion de peso	55
Figura No. 29 Cabrestante Seleccionado	59
Figura No. 30 Diagrama Funcional –Sistema de entrega retorno.....	60
Figura No. 31 Diagrama Funcional-Sistema de llenado y trasvasije	61
Figura No. 32 Curva del Cabezal entrega y requerido	63
Figura No. 33 Esquema para el cálculo de NPSHA	64
Figura No. 34 Diagrama Funcional-Sistema Contraincendios.....	66
Figura No. 35 Equilibrio del sistema	67
Figura No. 36 Diagrama funcional-Sistema de Achique	72
Figura No. 37 Diagrama Funcional-Sistema conjunto Achique – C. Incendio	73
Figura No. 38 Curva del Cabezal y flujo requerido.....	74
Figura No. 39 Diagrama Funcional- Sistema de Agua dulce.....	77
Figura No. 40 Configuraciones de luces según, [37].....	83
Figura No. 41 Esquema de Aislación Térmica según solas[42]	92
Figura No. 42 Vista en Perfil de la Superestructura y centroide	96

Figura No. 43	Diagrama de flujo de la optimización de dimensiones	100
Figura No. 44	Curva GZ, Criterios generales. Max carga.....	102
Figura No. 45	Curva GZ, Cumplimiento de criterios. Max carga	103
Figura No. 46	Curva GZ y brazo escorante debido al viento	104
Figura No. 47	Modelo 3d- Diseño Preliminar vs Definitivo	108
Figura No. 48	Plano de Distribución	109
Figura No. 49	Plano de capacidades	110
Figura No. 50	Diagrama de Flujo de optimización propulsiva	113
Figura No. 51	Mallado tetraédrico para barcaza 30.5x9.15x0.85 metros ..	115
Figura No. 52	Propiedades del fluido y dominio computacional	116
Figura No. 53	Contornos de velocidades. Convoy 2x1, H=2m, T=0.85 m.	117
Figura No. 54	Contornos de velocidades. Remolcador-Convoy 2x1, H=2m, T=0.85 m	117
Figura No. 55	Bocín típico, [64].....	123
Figura No. 56	Esquema de análisis. Línea propulsora	126
Figura No. 57	Diagrama de Campbell.....	128
Figura No. 58	Plano de helice Ka. 4-70	130
Figura No. 59	Esquema de ubicación de la línea propulsora	131
Figura No. 60	Diagrama de Flujo	134
Figura No. 61	Diagrama de Flujo de la optimización estructural	140
Figura No. 62	Vista en Perfil del Remolcador	141
Figura No. 63	Vista en planta con las fronteras de la Optimización	141

Figura No. 64	Rayado estructural optimizado. Costado y Cubierta	143
Figura No. 65	Cuaderna maestra del Diseño Preliminar	145
Figura No. 66	Cuaderna maestra de la optimización definitiva	145
Figura No. 67	Vista de perfil sistema de escape	152
Figura No. 68	Vista transversal de popa de la embarcación	152
Figura No. 69	Diagrama circular- Costos del Proyecto	158
Figura No. 70	Diagrama circular-Costos Operacionales Anuales.....	161
Figura No. 71	Curva de factibilidad- 80% captación de mercado	164
Figura No. 72	Curva de factibilidad- 60% captación de mercado	164
Figura No. 73	Curva de factibilidad- 50% captación de mercado	165
Figura No. 74	Curva de factibilidad- 42% captación de mercado	165
Figura No. 75	Proceso de evaluación de riesgo.....	169
Figura No. 76	Esquema de confiabilidad del Grupo 100-Casco y Superestructuras	172
Figura No. 77	Sistema de Confiabilidad del Proyecto	173
Figura No. 78	Plano de barcaza de convoy estandar.....	179
Figura No. 79	Curva de Resistencia para un Convoy de 4x2.....	200
Figura No. 80	Resistencia para un Convoy de 3x2 y 2x2.....	201
Figura No. 81	Resistencia para un Convoy de 2x1 y 2x2.....	202
Figura No. 82	Motor Caterpillar C18 Acert	204
Figura No. 83	Reductores Sf w1700	205
Figura No. 84	Distribución de Fuerza Cortante: Fuente SSC.....	217

Figura No. 85	Distribución de Momento Flector: Fuente SSC	218
Figura No. 86	Ilustración general del Programa SSC: Fuente SSC	218
Figura No. 87	Sección de sala de Máquina – Cuaderna 18	219
Figura No. 88	Configuración de puntales Zona de Casetas	220
Figura No. 89	Esquema de análisis	225
Figura No. 90	Esquema de Análisis	234
Figura No. 91	Tablas de cálculo de SSC	247
Figura No. 92	Esquema de perfil y cubierta principal	257
Figura No. 93	Esquema de la Cubierta de Oficiales y climatización	258
Figura No. 94	Esquema de Cubierta de Mando	259
Figura No. 95	Curva de longitud inundable	261
Figura No. 96	Barcaza navegando en aguas profundas	262
Figura No. 97	Barcaza T=0.85 m, H=2.09 m	263
Figura No. 98	Barcaza 2x1, T=0.85 m, H=2.09 m	264
Figura No. 99	Barcaza 2x1+ Remolcador_T=1.2 m, H=1.7 m	265
Figura No. 100	Resistencia residual vs. La razón V/L	267
Figura No. 101	Factor de Fricción en agua dulce, a 59 °F, para modelo de barcazas según	268
Figura No. 102	Modelado y características generales de la hélice	272
Figura No. 103	Esquema iterativo de la línea de eje	273
Figura No. 104	Modelado del eje y ubicación del peso de la hélice	275
Figura No. 105	Reacciones calculadas por SAP2000	275

Figura No. 106 Pérdida de cabezal por Fricción (in H ₂ O) en tubería recta por cada 100 ft.....	293
Figura No. 107 Características del silenciador	296
Figura No. 108 Coeficiente de pérdida por reducción	299
Figura No. 109 Grupo 200-Sistema de propulsión	313
Figura No. 110 Grupo 300- Grupo Electrónico	313
Figura No. 111 Grupo 500- Sistemas Auxiliares	313
Figura No. 112 Grupo 600- Equipamiento y Habitabilidad	314

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla. I Requerimientos de Diseño	7
Tabla. II Base de datos de remolcadores	8
Tabla. III Dimensiones principales de la Barcaza.	10
Tabla. IV Rango de dimensiones principales.....	12
Tabla. V Dimensiones Principales Remolcador Fluvial.....	12
Tabla. VI Área implementada para habitabilidad	16
Tabla. VII Resultados de capacidades de Tanques.....	18
Tabla. VIII Resultados de pesos en el Remolcador Fluvial.....	21
Tabla. IX Incremento de potencia en aguas restringidas	24
Tabla. X Capacidades de tanques.....	25
Tabla. XI Resultados de pesos en el Remolcador Fluvial.....	25
Tabla. XII Cálculos Hidrostáticos.....	31
Tabla. XIII Resumen Dimensiones Principales	33
Tabla. XIV LC1, Salida de puerto	36
Tabla. XV LC2, Arribo a puerto.....	36
Tabla. XVI LC3, Combustible 10% y Agua Fresca/Grises 100%	36
Tabla. XVII LC4, Combustible 100% y Agua Fresca/Grises 10%	37
Tabla. XVIII Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC1	38
Tabla. XIX Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC2.....	39
Tabla. XX Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC3.....	39
Tabla. XXI Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC4.....	40

Tabla. XXII Configuraciones de Convoy Barcazas	41
Tabla. XXIII Datos de entrada Navcad	41
Tabla. XXIV Resistencia al avance y Potencia Efectiva	
Remolcador-Convoy Barcazas	43
Tabla. XXV Resumen de Empujes Necesarios Remolcador-Convoy	44
Tabla. XXVI Especificaciones de la Maquina Seleccionada	48
Tabla. XXVII Resultados comparativos –SSC	54
Tabla. XXVIII Resusitados de pesos. Puntales.....	56
Tabla. XXIX Resumen del Cálculo de Pesos.....	56
Tabla. XXX Resultados Finales	58
Tabla. XXXI Valores y resultados en la estimacion del Cabrestante.....	58
Tabla. XXXII Características de Bomba Requerida	62
Tabla. XXXIII Características de la Bomba Seleccionada	63
Tabla. XXXIV Capacidad de Bomba contraincendios-Buques menores de 500 TRB	65
Tabla. XXXV Características de la bomba.....	68
Tabla. XXXVI Diámetros requeridos para ramales de tuberías	71
Tabla. XXXVII Características para la selección de la bomba	75
Tabla. XXXVIII Características de la bomba.....	75
Tabla. XXXIX Secciones del buque a analizar.....	77
Tabla. XL Descargas Sugeridas.....	78
Tabla. XLI Características de la Bomba	79

Tabla. XLII Máximos Voltajes según ABS[35]	81
Tabla. XLIII Características de las Lámparas Seleccionadas[36]	82
Tabla. XLIV Potencia para el Alumbrado Exterior	83
Tabla. XLV Alumbrado para la Navegación.....	84
Tabla. XLVI Resultado totales en las condiciones de operación.....	85
Tabla. XLVII Resumen de Datos para la Selección de la Planta Eléctrica...	85
Tabla. XLVIII Características del Generador Principal, [38].....	86
Tabla. XLIX Dotación para el Remolcador[40].....	90
Tabla. L Espacios Requeridos.....	91
Tabla. LI Niveles de ruido aceptables.....	93
Tabla. LII Resumen de resultados. Aislamiento Acústico	94
Tabla. LIII Resultados de Peso de Casetas y sus Centroide	95
Tabla. LIV Resultados de Costos de Aislante.....	96
Tabla. LV Comparación de resultados	97
Tabla. LVI Dimensiones de Remolcadores prototipos para evaluación de Estabilidad	101
Tabla. LVII Tabla resumen, cumplimiento de	102
Tabla. LVIII Tabla resumen, cumplimiento de	103
Tabla. LIX Tabla resumen, cumplimiento de	104
Tabla. LX Tabla resumen, cumplimiento de	105
Tabla. LXI Resultados obtenidos, con Hydromax y optimización.....	105
Tabla. LXII Volumen de Superestructuras	107

Tabla. LXIII Diseño Preliminar vs. Diseño Definitivo	108
Tabla. LXIV Resultados Formulaciones-Ansys CFX.....	118
Tabla. LXV Variables de entrada convoy 3x4, velocidad= 6 nudos	119
Tabla. LXVI Resumen del cálculo de optimización en aguas restringidas .	120
Tabla. LXVII Resumen del cálculo de optimización en aguas profundas...	120
Tabla. LXVIII Resultado para la selección del reductor	121
Tabla. LXIX Geometría de la Hélice	122
Tabla. LXX Características generales del motor principal	122
Tabla. LXXI Resultados para el eje de cola.....	124
Tabla. LXXII Resultados. Ubicación de descansos y frecuencia natural del sistema	126
Tabla. LXXIII Resultados según Sap2000.....	127
Tabla. LXXIV Características importantes de la línea de eje	127
Tabla. LXXV Comparación de costo Diseño Preliminar vs. Diseño Definitivo.	129
Tabla. LXXVI Restricciones de Maniobrabilidad	133
Tabla. LXXVII Dimensiones del Timón	135
Tabla. LXXVIII Resultados Finales por Maniobrabilidad	135
Tabla. LXXIX Resultados – Compartimento 3, Sección Media	142
Tabla. LXXX Resultados comparativos	144
Tabla. LXXXI Resultados Comparativos	145
Tabla. LXXXII Flujo requerido para la combustión.....	147

Tabla. LXXXIII	Calor total irradiado por componentes sala de máquinas .	148
Tabla. LXXXIV	Ventilador Seleccionado,	149
Tabla. LXXXV	Características del silenciador seleccionado.....	150
Tabla. LXXXVI	Resumen de resultados caída de presión en el sistema de escape de motores.	151
Tabla. LXXXVII	Resumen de Estimacion de Costo	157
Tabla. LXXXVIII	Gasto Mensual-Anual. Tripulación	159
Tabla. LXXXIX	Costos Generales, Mantenimiento y Combustibel	160
Tabla. XC	Costos Unitarios- Ruta Manta-Manaos, [1].	162
Tabla. XCI	Ingreso Anual	163
Tabla. XCII	Cronograma de actividades para la construcción	167
Tabla. XCIII	Evaluación de riesgos.....	170
Tabla. XCIV	Áreas de Espacios Recomendados de Embarcaciones	180
Tabla. XCV	Coeficientes bidimensional y factor K, [7].....	184
Tabla. XCVI	Dimensiones Principales	184
Tabla. XCVII	Resultados Parciales.....	185
Tabla. XCVIII	Valores sugeridos.....	188
Tabla. XCIX	Pesos obtenidos.....	189
Tabla. C	Ecuaciones de aproximación para a^* , a^{**}	191
Tabla. CI	Análisis velocidad e incremento de potencia en aguas restringidas.	192
Tabla. CII	Características de motores y generador.....	193

Tabla. CIII Condiciones de Carga LC1 y LC2, respectivamente	196
Tabla. CIV Condiciones de Carga LC3 y LC4, respectivamente	197
Tabla. CV Condición LC1 y Condición LC2	198
Tabla. CVI Condición LC3 y Condición LC4	199
Tabla. CVII Resultados de Navcad del Remolcador-Sin restricción de canal	206
Tabla. CVIII Resultados de Navcad.....	206
Tabla. CIX Resultados de Navcad.....	207
Tabla. CX Resultados de Navcad.....	207
Tabla. CXI Resultados de Navcad.....	208
Tabla. CXII Resultados de Navcad del remolcador a T=1.56 m- 15 m de profundidad.....	208
Tabla. CXIII Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad	209
Tabla. CXIV Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad	209
Tabla. CXV Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad	210
Tabla. CXVI Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad	210
Tabla. CXVII Resultados de Navcad del remolcador a T=1.56 m- 5 m de profundidad.....	211
Tabla. CXVIII Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad	211
Tabla. CXIX Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad	212
Tabla. CXX Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad	212
Tabla. CXXI Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad	213

Tabla. CXXII Resultados de Navcad del remolcador a T=1.56 m- 2.5 m de profundidad.....	213
Tabla. CXXIII Resultados de Navcad del convoy – 2.5 m de profundidad .	214
Tabla. CXXIV Resultados de Navcad del convoy – 2.5 m de profundidad .	214
Tabla. CXXV Resultados de Navcad -6 nudos	215
Tabla. CXXVI Ingreso de Datos Principales	217
Tabla. CXXVII Datos de entrada	222
Tabla. CXXVIII Tablas de DNV, Equipamento General	223
Tabla. CXXIX Resultados iniciales DNV	223
Tabla. CXXX Corrección según el tipo de servicio de la embarcación	224
Tabla. CXXXI Resultados finales.....	224
Tabla. CXXXII Características del tramo 2-3	226
Tabla. CXXXIII Calculo de caída de presión en el tramo 2-3	227
Tabla. CXXXIV Características del Tramo 1-2.....	228
Tabla. CXXXV Análisis en la pérdida de presión tramo 1-2.....	229
Tabla. CXXXVI Características del tramo empalme descarga	230
Tabla. CXXXVII Calculo de cabezal en un ramal.....	230
Tabla. CXXXVIII Características del tramo succiónn Empalme.....	231
Tabla. CXXXIX Calculo del cabezal desde la toma del mar al empalme. ..	231
Tabla. CXL Detalle para cálculo de pérdidas por accesorios y longitud.....	232
Tabla. CXLI Características del tramo 1-2.....	235
Tabla. CXLII Calculo de caída de presión en el tramo 1-2.....	236

Tabla. CXLIII Características del tramo 0-1.....	237
Tabla. CXLIV Calculo de caída de presión en el tramo 0-1	238
Tabla. CXLV Iluminación recomendada según el local,.....	241
Tabla. CXLVI Valores de Fu en función de K.....	242
Tabla. CXLVII Cálculo de potencia para la Iluminación de habitación	243
Tabla. CXLVIII Balance Eléctrico	244
Tabla. CXLIX Dotación Mínima para Remolcadores	245
Tabla. CL Tablas para la Islación Térmica.....	246
Tabla. CLI Cálculo y Resultados obtenidos por SSC.....	248
Tabla. CLII Datos del Motor y Resultados de las fuentes de ruido	250
Tabla. CLIII Informe de Resultados del Aislamiento Acústico.....	253
Tabla. CLIV Áreas, Peso del acero y confort.....	256
Tabla. CLV Barcazas modelo y factor de resistencia al avance	260
Tabla. CLVI Coeficientes ka.4-70 para tobera N 19 A y N 37.....	266
Tabla. CLVII Datos de entrada	269
Tabla. CLVIII Cálculo de diámetro por SSC.	270
Tabla. CLIX Espesor de las camisas.....	270
Tabla. CLX Calculo de distancia entre descansos, reacciones en los descansos y primera frecuencia natural.....	274
Tabla. CLXI Criterio de Frecuencia	278
Tabla. CLXII Datos de entrada del compartimento de sección media	280
Tabla. CLXIII Datos de partida	280

Tabla. CLXIV Resultados de optimización.....	281
Tabla. CLXV Resultados, razones de aspecto-Sección Media.....	281
Tabla. CLXVI Datos de ventiladores – Series 44M.....	291
Tabla. CLXVII Desglose de costos de tuberías y accesorios.....	301
Tabla. CLXVIII Detalle del Costo del Consumo de combustible	304
Tabla. CLXIX Costo anual del consumo de combustible	304
Tabla. CLXX Calculo del Van y Tir. 80% de captación de mercado	305
Tabla. CLXXI Calculo del Van y Tir. 60% de captación de mercado	306
Tabla. CLXXII Calculo del Van y Tir. 50% de captación de mercado	307
Tabla. CLXXIII Calculo del Van y Tir. 42% de captación de mercado	308
Tabla. CLXXIV Detalle de la amortización.....	309
Tabla. CLXXV Planificacion de actividades de construcción	311
Tabla. CLXXVI Escala para la evaluación de riesgo.....	312

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A-Plano de Barcaza	179
ANEXO B-Estimación de Líquidos.....	181
ANEXO C-Estimación de pesos	183
ANEXO D-Estimación de capacidades	190
ANEXO E-Análisis de Estabilidad	196
ANEXO F-Resistencia y Propulsión-Navcad.....	200
ANEXO G-Cálculo Estructural	216
ANEXO H-Sistema a Bordo.....	222
ANEXO I-Caída de Presión	225
ANEXO J-Balance Eléctrico	240
ANEXO K-Dotación Mínima y Confort	245
ANEXO L-Formas	260
ANEXO M-Resultados de CFD.....	262
ANEXO N-Propulsión y Gobierno	266
ANEXO O-Escantillonado Definitivo	276
ANEXO P-Sistemas complementarios.....	291
ANEXO Q- Análisis Económico	301
ANEXO R- Valoración de Riesgos.....	312
ANEXO S- Confiabilidad de los Sistemas.....	313

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS

T	Calado	m
K	1, para tiempos, 0.13 para dos tiempos	
hi	Alto del espacio a iluminar	m
Ht	Altura de llenado del tanque	m
zi	Altura de un punto determinado en la tubería	cm
a	Altura desde la línea de verano hasta la cubierta	m
H	Altura efectiva medida desde la línea de verano hasta las caseta superior	m
hi	Alturas de cada caseta que tenga un ancho mayor de B/4	m
Bc	Ancho del compartimento	m
bi	Ancho del espacio a iluminar	m
b	Ancho del panel	m
Bt	Ancho del Tanque	m
A	Área de perfil del Casco, que tengan un ancho mayor a B/4	m ²
Aw	Área del Plano de Flotación	m ²
A	Área equivalente de absorción de ruido	m ²
As	Área seccional combinada plancha y refuerzo	m ²
s	Área total de la superficie del compartimento	m ²
δhb	Cabezal de Bomba	psi
NPSHA	Cabezal positivo de succión disponible	psi
NPSHR	Cabezal positivo de succión requerido	psi
hi	Caída de Presión en un Punto de tubería	cm ² /s ²
ΔP	Caída de presión máxima del motor	plg H ₂ O

δp	Caída de presión por tubería	cm^2/s^2
P_{gt}	Caída de presión total- sist. de gas de escape	Kpa
C_e	Calor específico del aire, 1.01	KJ/kg°C
Cap_{agua}	Capacidad del Tanque de Agua	gal
Cap_{combust}	Capacidad del Tanque de Combustible	gal
C_{dia}	Capacidad del tanque diario	gal
C	Carrera del Pistón	m
Q_{req}	Caudal requerido	gpm
α_m	Coeficiente absoritivo	
C_b	Coeficiente de Bloque	
t	Coeficiente de deducción de empuje	
w	Coeficiente de estela	
C_m	Coeficiente de Sección Media	
β_b	Coeficiente de seguridad, y para el caso de buque que operen en lagos y ríos con corriente moderada, se recomienda tomar el valor de 1.	
a	Coeficiente donde se recomienda que tome el valor de 200 para refuerzos primarios, y 226 para refuerzos secundarios	
C_f	Coeficiente Friccional	
C_p	Coeficiente Prismático	
C_{wp}	Coeficiente Prismático Vertical	
k	Coeficiente que depende del material, para el caso de acero naval se recomienda tomar el valor de 1.	
k_i	Coeficiente que está en función del modo de vibración	
m	Coeficiente que recomienda la norma, usar 8 para transversales y 12 para longitudinales.	
C_r	Coeficiente Residual	

α^* , α^{**}	Coeficientes de Karpov	
Q	Constante de posición de la fuente de ruido	
R	Constante del Compartimento	
Kc	Constante del material	
g_{AA}	Consumo específico de aceite de los motores auxiliares	gr/ hp hora
g_{AP}	Consumo específico de aceite de los motores principales	gr/ hp hora
ΔC_f	Corrección del Coeficiente Friccional	
C_{p-i}	Costo por seguro de protección e indemnización	\$/año
C_{MO}	Costo de la mano de Obra, en función de la hora hombre de la construcción	\$
M & R_{maq}	Costo de mantenimiento y reparación de la maquinaria	\$/año
M & R_{casco}	Costo del mantenimiento y reparación del casco	\$/año
C_{MAT}	Costo del material empleado en la construcción (Acero)	\$
$C_{puertos}$	Costo por operación en puertos	\$/día
C_{riesgo}	Costo por seguro de riesgo	\$/año
C_{cons}	Costo Total de la construcción incluido material y mano de obra	\$
C_{mis}	Costos Misceláneos	\$/año
$C_{S_C\ M}$	Costos por seguro de casco y maquinaria	\$/año
ρ	Densidad de agua dulce	ton/m ³
S_g	Densidad de gas de escape	kg/m ³
Δ	Desplazamiento de la Embarcación	ton
Dp	Diámetro de la hélice	m
D_{eje}	Diámetro del Eje	pulg

D	Diámetro del Pistón	m
Dp	Diámetro del Propulsor	pulg
De	Diámetro externo de tuberías	pulg
Dg	Diámetro interior del ducto de escape	mm
Di	Diámetro interno de tuberías	pulg
r	Distancia del panel o refuerzo del fondo hasta la punta de la hélice medido a las 12 en punto	m
ΔT	Elevación de temperatura en sala de máquinas, se admite entre 10 y 15°	°C
T _{Dispo}	Empuje disponible para una embarcación	KN
T _{Nec}	Empuje necesario para una embarcación	KN
L	Es el Flujo luminoso en lúmenes	lm
Lwl	Eslora de Flotación	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares	m
Lwo	Eslora total	m
S	Espaciamiento entre refuerzos	m
DI	Espaciamiento entre refuerzos longitudinales primarios	m
Dt	Espaciamiento entre refuerzos transversales primarios	m
t	Espesor de material	mm
t ₁	Espesor de plancha recomendado considerando dimensiones principales	mm
t ₃	Espesor de plancha recomendado considerando el pandeo	mm
t ₂	Espesor de plancha recomendado considerando la presión de diseño	mm
H	Espesor del panel, análisis acústico	m
tp	Espesor del panel, estructuras	mm

t_0	Espesor máximo entre t_1, t_2 y t_3	mm
$1/(f)^{1/2}$	Factor de fricción del material	
F_d	Factor de Suciedad- Se usará el valor Promedio de 1.5	
F_u	Factor de Utilización del Local Iluminado	
K_1	Factor que depende del tipo de combustible	
Q_g	Flujo del gas de escape	m^3/min
f_w	Frecuencia considerando el efecto de masa añadida	Hz
f_c	Frecuencia Crítica del Panel	Hz
f_{blade}	Frecuencia del aspa de la hélice	Hz
f	Frecuencia incidente	Hz
f_n	Frecuencia Natural del panel o refuerzo	Hz
g	Gravedad	m/s^2
K	Índice del Local a iluminar	
I	Inercia Seccional de la plancha más refuerzo	m^4
E	Intensidad de iluminación requerida por el local en Luxes	lux
a_i	Largo del espacio a iluminar	m
a	Largo del panel	m
$L_{manzana}$	Longitud de la manzana de la hélice	m
c	Longitud del compartimento	m
L_t	Longitud del tanque	m
L o L_b	Longitud no soportada	m
B	Manga Moldeada	m
m	Masa del panel	Kg/m^2
m	Masa por longitud del elemento estructural	Kg/m
E	Módulo de Elasticidad	N/m^2

G	Módulo de Rigidez del material	N/m ²
Lp®	Nivel de ruido a una distancia r	dB
CN	Numero cúbico	pies ³
EN	Número de Equipo	
Z	Número de Pistones	
nls	Número de refuerzos longitudinales de costado	
nlc	Número de refuerzos longitudinales secundarios de cubierta	
nlf	Número de refuerzos longitudinales secundarios de fondo	
ntc	Número de refuerzos transversales secundarios de cubierta	
ntf	Número de refuerzos transversales secundarios de fondo	
Ps	Perdida de presión del silenciador	Kpa
Z	Periodo de tiempo de cambio de aceite	horas
WQR	Peso de elementos del cuarto de máquina-Regresional	ton
W _{gobierno}	Peso de elementos del Gobierno	ton
W _{generadores}	Peso de Generador	ton
W _p	Peso de la Hélice	ton
W _{helice}	Peso de la hélice	Kg
W _{pala}	Peso de la Pala	ton
WME	Peso de Maquinaria - Regresional	ton
W _{super}	Peso de Superestructura	ton
Weje	Peso del Eje	ton
W _{motor}	Peso del Motor Principal	ton

W_{reductor}	Peso del Reductor	ton
W_{rosca}	Peso en rosca	ton
W_{casco}	Peso estructural del casco	ton
WST	Peso estructural-confort del Barco - Regresional	ton
DWT	Peso Muerto	ton
WQE	Peso para líneas de eje fuera de sala de máquinas-Regresional	ton
WOA	Peso por Equipos y Habitabilidad - Regresional	ton
W_{maq}	Peso total en sala de Maquina	ton
LCB	Posición Longitudinal del Centro de Boyantez	m
LCF	Posición Longitudinal del Centro de Flotación	m
LCG	Posición Longitudinal del Centro de Gravedad	m
VGC	Posición vertical del Centro de Gravedad	m
BHP	Potencia al Freno	Hp
Pbal	Potencia de iluminación con balasto	Watt
Pif	Potencia de iluminación fluorescente	Watt
H	Potencia de la maquinaria principal	Kw
Pot	Potencia de maquinaria principal	Kw
EHP	Potencia Efectiva	Hp
P_{EA}	Potencia efectiva de los motores auxiliares	Kw
P_{EP}	Potencia efectiva de los motores principales	Kw
P_i	Presión absoluta en un punto de la tubería	cm^2/s^2
P_{atm}	Presión atmosférica	kpa
P	Presión de diseño de la estructura a analizar	KN/m^2
P_{fricc}	Presión de fricción por tuberías	cm^2/s^2
P_{suc}	Presión de Succión	kpa
P_{vap}	Presión de Vapor	kpa

F_i	Probabilidad de falla de un elemento	%
F_{sistema}	Probabilidad de falla del sistema	%
P_{sistema}	Probabilidad de ocurrencia del sistema	%
P_{Ri}	Probabilidad de ocurrencia de un elemento	%
H	Profundidad de canal	m
D	Puntal Moldeado	m
ga	Razón de consumo de agua de personas	lt/per día
gc	Razón de consumo de combustible del Motor	gal/h
ρ_1/ρ_2	Relación de densidades entre el fluido y el material de construcción	
RT	Resistencia total al avance	KN
R	Revoluciones del eje	RPM
N	Revoluciones del Motor	RPM
Re	Reynolds de diámetro	
ϵ	Rugosidad del material	mm
Lw	Ruido producido por los generadores	dB
Lp	Ruido producido por los Motores Principales	dB
S	Superficie a Iluminar	m ²
Sm	Superficie mojada	m ²
°T	Temperatura del gas de escape	°F
Per	Tiempo de duración del crucero	horas
Tll	Tiempo de llenado	min
Tm	Tiempo Medio de crucero	horas
TRB	Toneladas de Registro Bruto	ton
TRN	Toneladas de Registro Neto	ton
V	Velocidad de Diseño	nudos
vi	Velocidad del flujo en un punto de tubería	cm/s

V_1	Velocidad efectiva friccional	nudos
V_2	Velocidad efectiva residual	nudos
V_o	Velocidad en aguas Profundas	nudos
Tip_s	Velocidad en la punta del aspa	pies/s
V_{carter}	Volumen de aceite en los Carter, 0.25 Pe	m^3
Vol	Volumen de la Obra Viva	m^3
VMQ	Volumen del Cuarto de Maquina	m^3
T	Calado	m
K	1, para tiempos, 0.13 para dos tiempos	
h_i	Alto del espacio a iluminar	m
H_t	Altura de llenado del tanque	m
z_i	Altura de un punto determinado en la tubería	cm
a	Altura desde la línea de verano hasta la cubierta	m
H	Altura efectiva medida desde la línea de verano hasta las caseta superior	m
h_i	Alturas de cada caseta que tenga un ancho mayor de $B/4$	m
B_c	Ancho del compartimento	m
b_i	Ancho del espacio a iluminar	m
b	Ancho del panel	m
B_t	Ancho del Tanque	m
A	Área de perfil del Casco, que tengan un ancho mayor a $B/4$	m^2
A_w	Área del Plano de Flotación	m^2
A	Área equivalente de absorción de ruido	m^2
A_s	Área seccional combinada plancha y refuerzo	m^2
s	Área total de la superficie del compartimento	m^2
δ_{hb}	Cabezal de Bomba	psi

NPSHA	Cabezal positivo de succión disponible	psi
NPSHR	Cabezal positivo de succión requerido	psi
h_i	Caída de Presión en un Punto de tubería	cm^2/s^2
δp	Caída de presión por tubería	cm^2/s^2
Cap_{agua}	Capacidad del Tanque de Agua	gal
$\text{Cap}_{\text{combust}}$	Capacidad del Tanque de Combustible	gal
C_{dia}	Capacidad del tanque diario	gal
C	Carrera del Pistón	m
Q_{req}	Caudal requerido	gpm
α_m	Coeficiente absoritivo	
C_b	Coeficiente de Bloque	
t	Coeficiente de deducción de empuje	
w	Coeficiente de estela	
C_m	Coeficiente de Sección Media	
β_b	Coeficiente de seguridad, y para el caso de buque que operen en lagos y ríos con corriente moderada, se recomienda tomar el valor de 1.	
a	Coeficiente donde se recomienda que tome el valor de 200 para refuerzos primarios, y 226 para refuerzos secundarios	
C_f	Coeficiente Friccional	
C_p	Coeficiente Prismático	
C_{wp}	Coeficiente Prismático Vertical	
k	Coeficiente que depende del material, para el caso de acero naval se recomienda tomar el valor de 1.	
k_i	Coeficiente que está en función del modo de vibración	
m	Coeficiente que recomienda la norma, usar 8 para transversales y 12 para longitudinales.	

C_r	Coefficiente Residual	
α^*, α^{**}	Coefficientes de Karpov	
Q	Constante de posición de la fuente de ruido	
R	Constante del Compartimento	
Kc	Constante del material	
ΔC_f	Corrección del Coeficiente Friccional	
C_{MO}	Costo de la mano de Obra, en función de la hora hombre de la construcción	\$
C_{MAT}	Costo del material empleado en la construcción (Acero)	\$
C_{cons}	Costo Total de la construcción incluido material y mano de obra	\$
ρ	Densidad de agua dulce	ton/m ³
Δ	Desplazamiento de la Embarcación	ton
Dp	Diámetro de la hélice	m
Deje	Diámetro del Eje	pulg
D	Diámetro del Pistón	m
Dp	Diámetro del Propulsor	pulg
De	Diámetro externo de tuberías	pulg
Di	Diámetro interno de tuberías	pulg
r	Distancia del panel o refuerzo del fondo hasta la punta de la hélice medido a las 12 en punto	m
T_{Dispo}	Empuje disponible para una embarcación	KN
T_{Nec}	Empuje necesario para una embarcación	KN
L	Es el Flujo luminoso en lúmenes	lm
Lwl	Eslora de Flotación	m
Lpp	Eslora entre perpendiculares	m

Lwo	Eslora total	m
S	Espaciamiento entre refuerzos	m
DI	Espaciamiento entre refuerzos longitudinales primarios	m
Dt	Espaciamiento entre refuerzos transversales primarios	m
t	Espesor de material	mm
t ₁	Espesor de plancha recomendado considerando dimensiones principales	mm
t ₃	Espesor de plancha recomendado considerando el pandeo	mm
t ₂	Espesor de plancha recomendado considerando la presión de diseño	mm
H	Espesor del panel, análisis acústico	m
t _p	Espesor del panel, estructuras	mm
t ₀	Espesor máximo entre t ₁ , t ₂ y t ₃	mm
$1/(f)^{1/2}$	Factor de fricción del material	
F _d	Factor de Suciedad- Se usará el valor Promedio de 1.5	
F _u	Factor de Utilización del Local Iluminado	
K ₁	Factor que depende del tipo de combustible	
f _c	Frecuencia Crítica del Panel	Hz
f	Frecuencia incidente	Hz
f _w	Frecuencia considerando el efecto de masa añadida	Hz
f _{blade}	Frecuencia del aspa de la hélice	Hz
f _n	Frecuencia Natural del panel o refuerzo	Hz
g	Gravedad	m/s ²
K	Índice del Local a iluminar	
I	Inercia Seccional de la plancha más refuerzo	m ⁴

E	Intensidad de iluminación requerida por el local en Luxes	lux
ai	Largo del espacio a iluminar	m
a	Largo del panel	m
c	Longitud del compartimento	m
Lt	Longitud del tanque	m
L o Lb	Longitud no soportada	m
B	Manga Moldeada	m
m	Masa del panel	Kg/m ²
m	Masa por longitud del elemento estructural	Kg/m
E	Módulo de Elasticidad	N/m ²
G	Módulo de Rigidez del material	N/m ²
Lp®	Nivel de ruido a una distancia r	dB
EN	Número de Equipo	
Z	Número de Pistones	
nls	Número de refuerzos longitudinales de costado	
nlc	Número de refuerzos longitudinales secundarios de cubierta	
nlf	Número de refuerzos longitudinales secundarios de fondo	
ntc	Número de refuerzos transversales secundarios de cubierta	
ntf	Número de refuerzos transversales secundarios de fondo	
WQR	Peso de elementos del cuarto de máquina-Regresional	ton
W _{gobierno}	Peso de elementos del Gobierno	ton
W _{generadores}	Peso de Generador	ton

W_p	Peso de la Hélice	ton
W_{pala}	Peso de la Pala	ton
WME	Peso de Maquinaria - Regresional	ton
W_{super}	Peso de Superestructura	ton
Weje	Peso del Eje	ton
W_{motor}	Peso del Motor Principal	ton
$W_{reductor}$	Peso del Reductor	ton
Wrosca	Peso en rosca	ton
W_{casco}	Peso estructural del casco	ton
WST	Peso estructural-confort del Barco - Regresional	ton
DWT	Peso Muerto	ton
WQE	Peso para líneas de eje fuera de sala de máquinas- Regresional	ton
WOA	Peso por Equipos y Habitabilidad - Regresional	ton
W_{maq}	Peso total en sala de Maquina	ton
LCB	Posición Longitudinal del Centro de Boyantez	m
LCF	Posición Longitudinal del Centro de Flotación	m
LCG	Posición Longitudinal del Centro de Gravedad	m
VGC	Posición vertical del Centro de Gravedad	m
BHP	Potencia al Freno	Hp
Pbal	Potencia de iluminación con balasto	Watt
Pif	Potencia de iluminación fluorescente	Watt
Pot	Potencia de maquinaria principal	KW
EHP	Potencia Efectiva	Hp
Pi	Presión absoluta en un punto de la tubería	cm ² /s ²
Patm	Presión atmosférica	kpa
P	Presión de diseño de la estructura a analizar	KN/m ²

Pfricc	Presión de fricción por tuberías	cm ² /s ²
Psuc	Presión de Succión	kpa
Pvap	Presión de Vapor	kpa
H	Profundidad de canal	m
D	Puntal Moldeado	m
ga	Razón de consumo de agua de personas	lt/per día
gc	Razón de consumo de combustible del Motor	gal/h
ρ_1/ρ_2	Relación de densidades entre el fluido y el material de construcción	
RT	Resistencia total al avance	KN
N	Revoluciones del Motor	RPM
Re	Reynolds de diámetro	
ϵ	Rugosidad del material	mm
Lw	Ruido producido por los generadores	dB
Lp	Ruido producido por los Motores Principales	dB
S	Superficie a Iluminar	m ²
Sm	Superficie mojada	m ²
Per	Tiempo de duración del crucero	horas
Tll	Tiempo de llenado	min
Tm	Tiempo Medio de crucero	horas
TRB	Toneladas de Registro Bruto	ton
TRN	Toneladas de Registro Neto	ton
V	Velocidad de Diseño	nudos
vi	Velocidad del flujo en un punto de tubería	cm/s
V ₁	Velocidad efectiva friccional	nudos
V ₂	Velocidad efectiva residual	nudos
Vo	Velocidad en aguas Profundas	nudos

Vol	Volumen de la Obra Viva	m ³
VMQ	Volumen del Cuarto de Maquina	m ³

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el Ministerio de Transporte y Obras Publicas construye el terminal para pasajeros en Puerto Providencia (Sucumbíos), el eje multimodal Manta-Manaos puede ganar importancia en virtud de que acortaría sustancialmente la distancia y el tiempo de tránsito que hoy se verifica en las importaciones de Manaos descargadas en los puertos asiáticos.

El proyecto Diseño de un Remolcador Fluvial para el Transporte de Carga en el Sistema Multimodal Ruta Manta-Manaos, es de gran ayuda, ya que mediante el uso un convoy de barcazas se puede tener mayor capacidad de carga a menos calado, este tipo de carga a transportar por el eje multimodal puede ser en contenedores o carga al granel, por lo que el Remolcador Fluvial contará con la característica de ser de bajo calado y de gran potencia, es decir, podrá llevar mayor cantidad de carga en zonas de poca accesibilidad para otras embarcaciones.

La ruta de navegación que cubriría el remolcador será de Puerto Providencia a Manaos en un recorrido 2037 km pasando por Iquitos en la república de Perú y Leticia en Colombia, navegando por el rio Napo hasta llegar al Río Amazonas.

En este proyecto se pretende desarrollar un remolcador que operará en zonas de hasta de 1.7 metros de profundidad, condiciones de operación principalmente en el río Napo. Estas condiciones y restricciones son de gran trascendencia, ya que afecta directamente a la propulsión y maniobrabilidad, por lo que se realizó un análisis en CFD para el control de estos efectos.

El proyecto se ha desarrollado bajo el cumplimiento de los requisitos principales del armador, como son, capacidad y tiempos de entregas de carga en puertos, sin desmerecer a lo ya antes mencionado.

Como parte del diseño final del proyecto se acoplarán los grupos tecnológicos de la embarcación, tales como, Estructura, Propulsión, Generación Eléctrica, Sistemas Auxiliares, etc., dando lugar a la optimización de los grupos tecnológicos de tal manera que minimicen el costo de construcción del proyecto.

El objetivo general es diseñar de un Remolcador Fluvial de bajo calado que transportará carga mediante el empuje de convoy de barcazas con contenedores o carga al granel en la ruta Multimodal Manta-Manaos. Los objetivos específicos que persiguen son:

- Establecer el alcance y restricciones del diseño conceptual para la selección de las dimensiones principales del Remolcador Fluvial.

- Calcular y diseñar las formas, dimensiones y capacidades del Remolcador Fluvial en forma preliminar.
- Proponer e implementar un método de optimización de costo, el cual permita mejor el diseño del Remolcador Fluvial.
- Estimar el costo de construcción y analizar la confiabilidad del proyecto.

CAPITULO 1

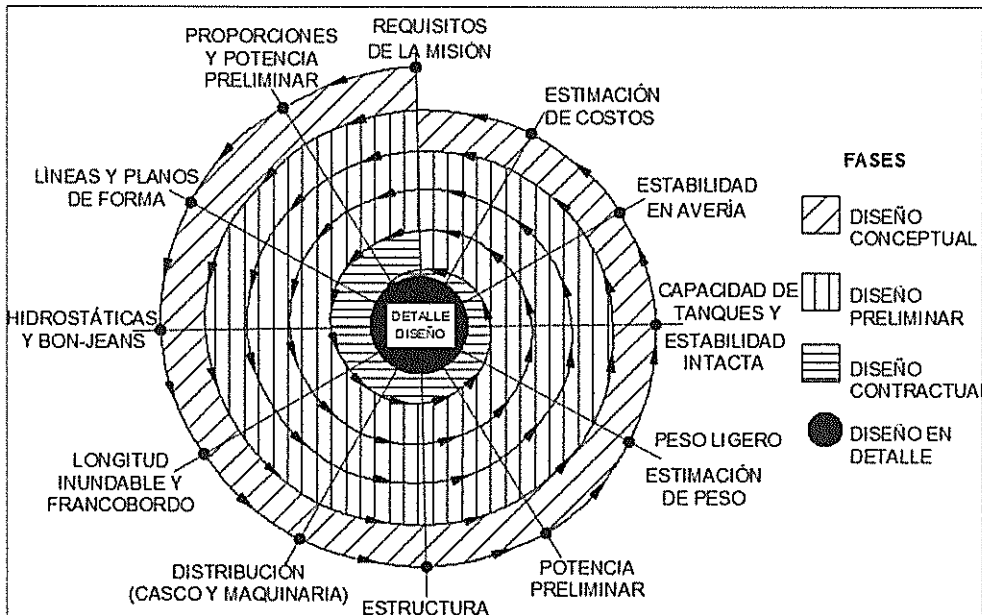
DISEÑO CONCEPTUAL

1.1 Alcance del Proyecto

En nuestro país, el diseño de remolcadores fluviales se lo hace basándose en construcciones previas, lo cual no garantiza un diseño óptimo, debido a las condiciones y lugares de operación de estas embarcaciones. Éste proyecto de integración trata de establecer un método racional para el diseño y selección de los diferentes grupos tecnológicos para un Remolcador Fluvial el cual prestará servicios de empuje a barcazas convoy en la Ruta Manta-Manaos, para lo cual se aplicarán formulaciones poco comunes en nuestro medio, pero que de alguna manera deben ser incluidas en la espiral de diseño.

Metodología. En este proyecto se ha llegado a desarrollar las tres primeras etapas de diseño tal como se aprecia en la Figura No. 1.

Figura No. 1 Espiral de diseño



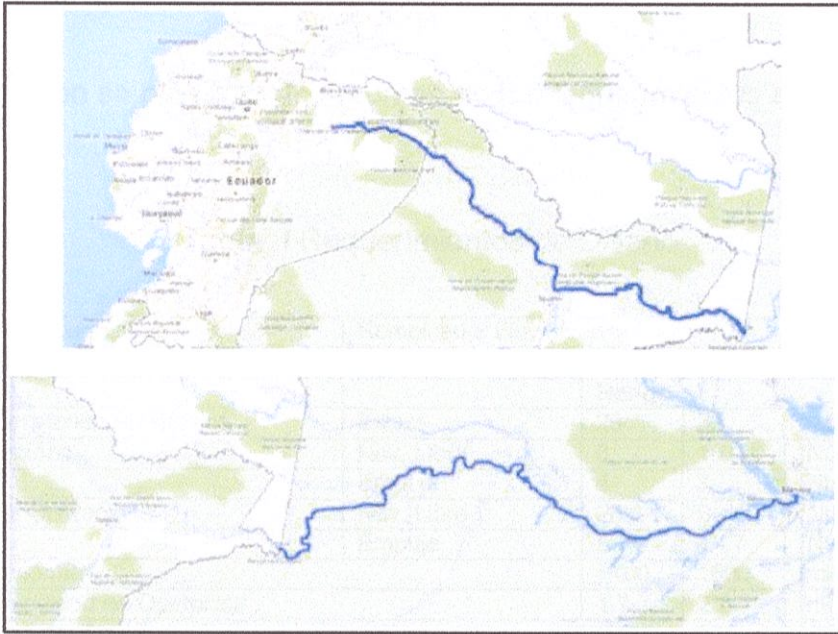
[Fuente: Diseño básico del buque mercante]

1.2 Requerimientos Básicos del Diseño

La ruta fluvial de operación será la comprendida por los Puertos de Providencia en Ecuador y Manaus en Brazil, pasando por las ciudades de Iquitos en Perú y Leticia en Colombia, con un recorrido aproximado de 1100 millas náuticas (2037 Km), en un canal de entre 150-200 metros de ancho y 1.7 metros, [2], de profundidad como mínimo, cabe mencionar que estos valores prevalecen en el Río Napo, además se tendrá un rango máximo de autonomía de 1600 millas, lo cual dará la capacidad al remolcador de realizar un viaje hasta Manaus y regresar a Leticia donde se abastecerá de

combustible, mejorando así la autonomía con respecto a los remolcadores que prestan actualmente servicios en la ruta multidonal.

Figura No. 2 Recorrido Puerto Providencia-Iquitos-Leticia-Manaos



[Fuente: Google Earth]

La capacidad de empuje para el Remolcador Fluvial será de un convoy 3x3 dotado con una capacidad de carga de 10000 ton, la velocidad de operación estará en un rango de 8-10 nudos en navegación libre y 4-7 nudos en condición de trabajo.

Con la finalidad de cumplir con los convenios internacionales, la embarcación deberá ser diseñada respetando los convenios de SOLAS, [3], en lo que respecta a la seguridad en el mar y control de averías, para el tratamiento de

desechos y aguas sentinas se debe regir a las normas dadas por MARPOL, [4]. El cálculo estructural se desarrollará aplicando las normas IACS. En Habitabilidad se contará con camarotes para 5 tripulantes incluido el capitán, área para cocina, comedor de tripulación, baños.

A continuación se presenta un resumen de los requerimientos a considerar:

Tabla. I Requerimientos de Diseño

Tipo de buque	Remolcador Fluvial			
Capacidad de Empuje - Convoy	Convoy 3x3			
		Rango		
Dimensiones Principales	Eslora	25	32	[m]
Velocidad	Nav. Libre	8	10	[Nudos]
	Empuje	4	7	[Nudos]
Perfil Operacional	Nav. Libre	20%	8 - 10	[Nudos]
	Empuje	80%	4 - 7	[Nudos]
Autonomía		1100	1600	[millas]
Profundidad de Operación		1.7	2.5	[m]
Ancho del Canal		100	200	[m]
Tiempo de Operación		8	10	[horas/día]
Velocidad del viento		2	4	[km/hora]
Velocidad de corriente	Río Napo	0.6	3	[Nudos]
	Río Amazonas [2]	4	6	[Nudos]
Capacidad de Agua		1200	2400	[Gal]

[Fuente: Elaboración propia]

1.3 Cálculo y Selección de Dimensiones Principales

Para determinar las dimensiones principales se utilizarán datos de remolcadores fluviales que operan en los ríos Paraguay, Uruguay, Mar del plata, donde las condiciones de navegación son semejantes a la ruta

multimodal a excepción de la profundidad del canal que para estas rutas esta entre 3.5-10 m.

Tabla. II Base de datos de remolcadores

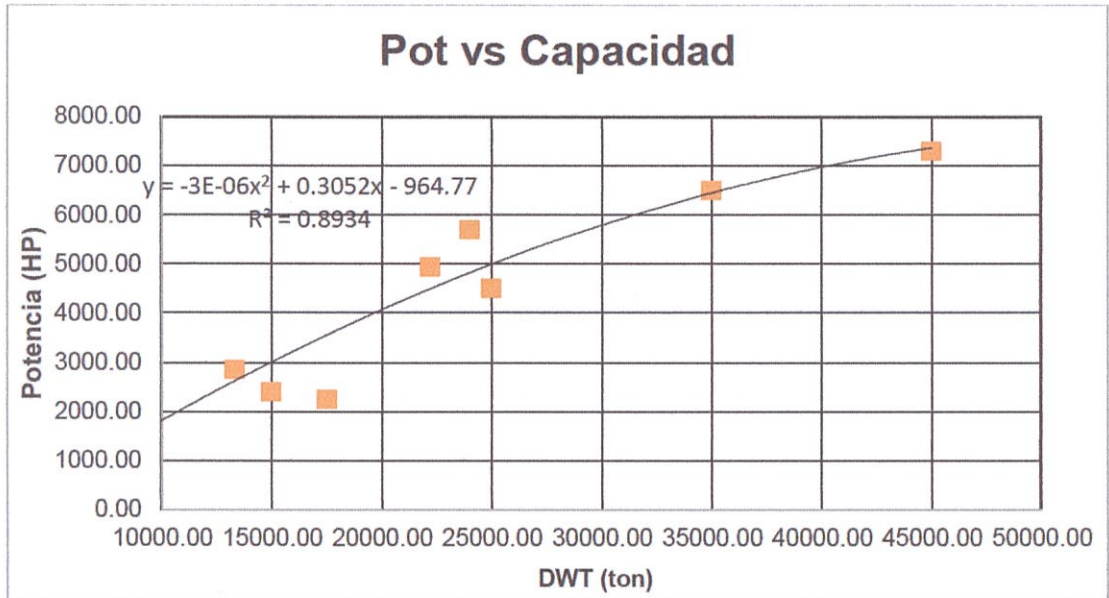
Remolcador	L(m)	D(m)	B(m)	H(m)	Bhp	Carga (ton)	Coef. Carga
Damen Pusher 2611	26.21	2.30	11.00	1.65	2250.00	17500.00	46.67
Ipe	27.85	2.20	12.00	2.04	2850.00	13320.00	37.89
Cuiaba	27.85	2.20	12.00	2.04	2850.00	13320.00	37.89
Iadario	27.85	2.20	12.00	2.04	2850.00	13320.00	37.89
Caceres	27.65	2.20	12.00	2.04	2850.00	13320.00	37.89
Sao Paulo	27.85	2.20	12.00	1.70	2850.00	13320.00	37.89
Damen ASD Pusher 2811	27.85	2.90	11.00	2.00	2400.00	15000.00	37.50
Mitai	36.94	2.59	11.98	2.40	4940.00	22200.00	36.44
Damen Pusher 3613	36.60	2.80	13.00	1.85	4500.00	25000.00	33.33
Damen Pusher 4317	43.15	3.20	17.00	1.95	6500.00	35000.00	32.31
Damen Pusher 4619	45.90	3.20	19.00	1.95	7300.00	45000.00	32.00
Correntino	32.10	3.00	10.70	2.90	5700.00	24000.00	25.26
Trafluem	32.82	3.13	9.15	2.70	7600.00	30000.00	23.68
Tamengo	46.39	3.29	12.19	3.00	10640.00	36000.00	20.30

[Fuente: Compañía Damen y Fluvialba]

A continuación se presenta en la Figura No. 3 la variación de potencia en función de las toneladas de carga. La regresión desarrolla una ecuación que nos permita encontrar el rango de trabajo para nuestro remolcador. Además en la Tabla. II se indica el coeficiente de carga, el que permite reducir el rango de búsqueda en la base de datos.

La potencia encontrada en las curvas regresionales, es la requerida por el remolcador para desplazar una determinada capacidad de carga.

Figura No. 3 Variación Potencia vs. DWT



De acuerdo a los requerimientos del armador, el convoy será del tipo 3x3 con una carga de 10000 ton pero debido a la falta de datos para DWT menores a 13320 ton se procedió a extrapolar la carga requerida obteniendo la una potencia de 1785 Bhp, además, conociendo que la resistencia de una embarcación aumenta al disminuir la profundidad y ancho del canal de navegación, se recomienda operar en un rango de potencia que va desde los 1520 Bhp hasta 2050 Bhp.

En la tabla siguiente se presenta las características de la barcaza empleada.

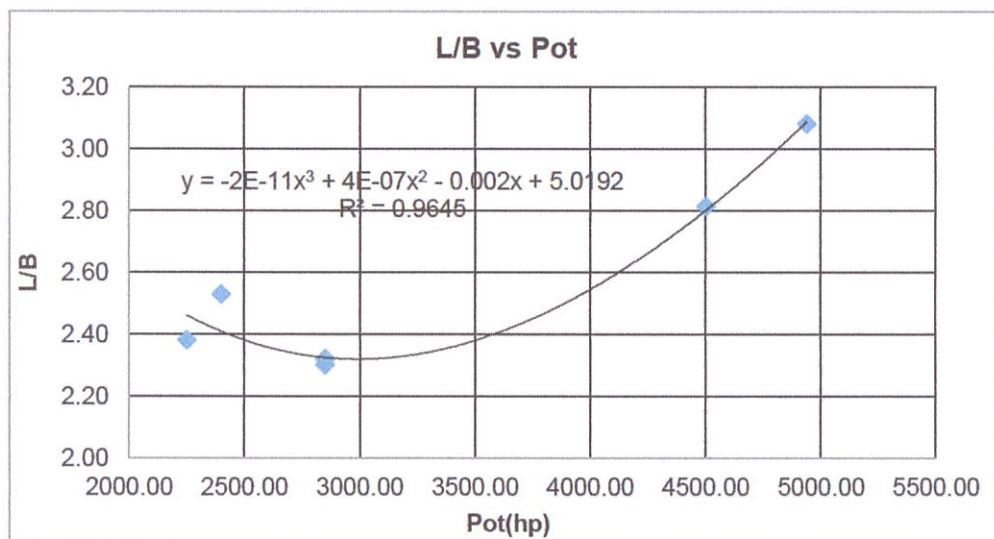
Tabla. III Dimensiones principales de la Barcaza.

Características de la Barcaza	
L(m)	60.70
Lwl(m)	59.53
B(m)	10.67
D(m)	3.65
T(m)	2.47
Δ (ton)	1457.00
Cb	0.92

[Fuente: Elaboración propia]

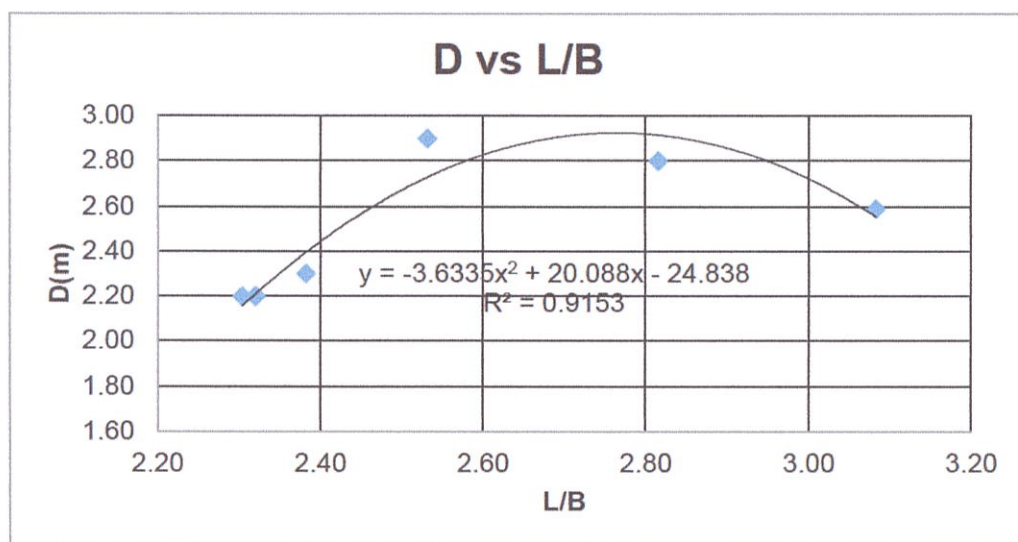
Una vez determinado nuestro rangos de potencia se graficará la variación del número adimensional L/B , y se desarrollarán ecuaciones de regresión para el cálculo de las dimensiones principales del remolcador.

Figura No. 4 Variación L/B vs Potencia



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 5 Variación D vs L/B



[Fuente: Elaboración propia]

El rango de búsqueda de las dimensiones principales se muestra en la siguiente tabla.

Tabla. IV Rango de dimensiones principales

Rango L/B	2.30	3.08
Rango L(m)	26.21	36.94
Rango B(m)	11.00	13.00
Rango D(m)	2.20	2.90
Rango T(m)	1.65	2.40

[Fuente: Elaboración propia]

Para la selección de la Eslora se tuvo en consideración, la curva de Potencia y los requerimientos del armador dando como resultado una eslora de 28 metros. Con la eslora seleccionada dentro del rango se interpoló para obtener las dimensiones restantes. Las dimensiones principales se presentan:

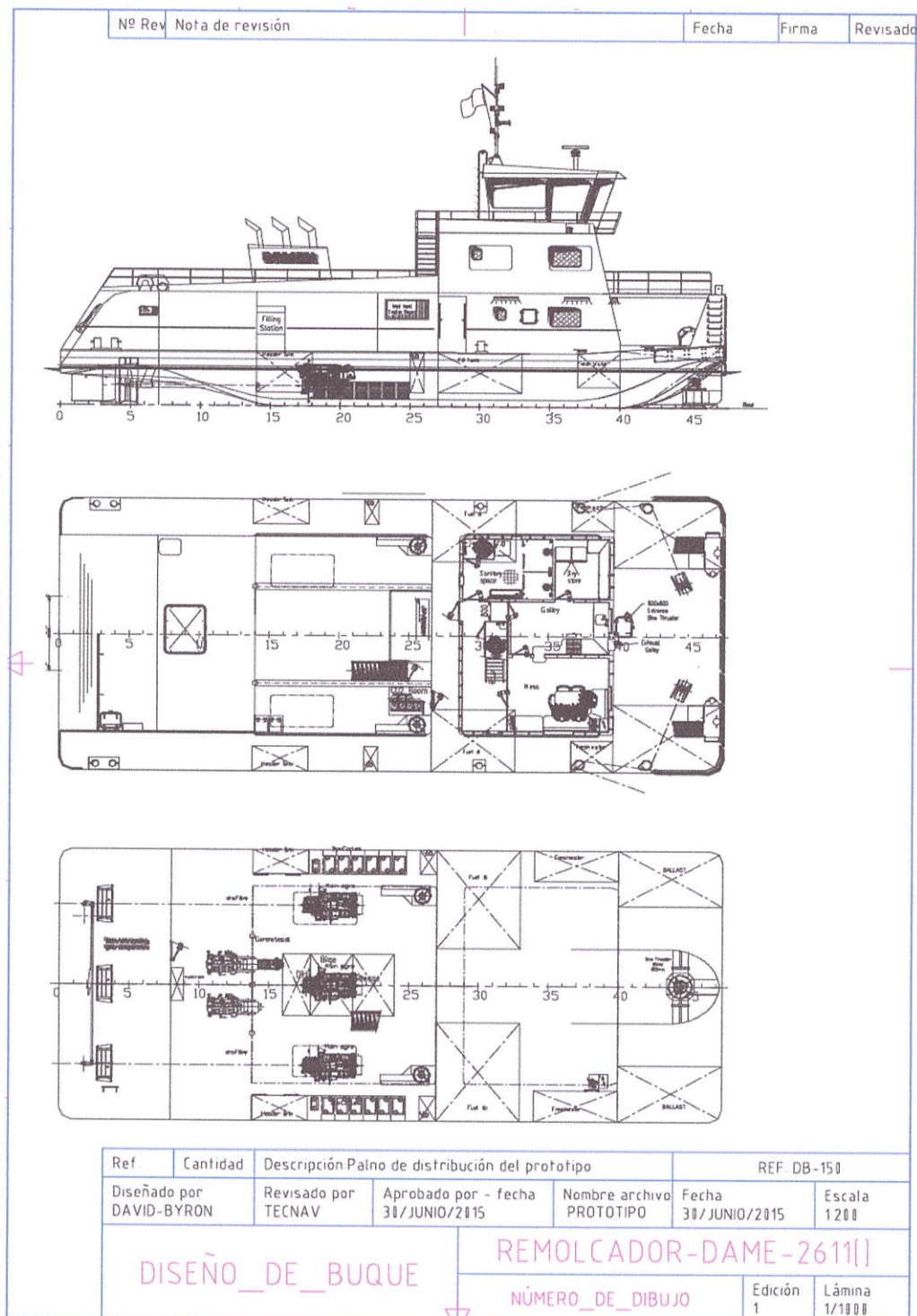
Tabla. V Dimensiones Principales Remolcador Fluvial

Dimensiones Principales	
L [m]	28
B [m]	11.5
D [m]	2.26
T [m]	1.57
Lpp [m]	26.5
Lwl [m]	27.2

[Fuente: Elaboración propia]

En la tabla anterior, se muestra un calado inferior y fuera del rango de la base de datos, debido a las condiciones de operación. El efecto de la profundidad del canal se analizará en detalle en el capítulo siguiente.

Figura No. 6 Modelo prototipo optado



[Fuente: Compañía Damen]

El modelo presentado en la figura es un remolcador Damen ASD Pusher 2811 que actualmente están destinados para ríos de Brasil. Según el libro de Proyecto Básico del Buque Mercante, [7], las formas pueden ser obtenidas de distintas maneras. Generando unas formas propias que cumplan con los requisitos dimensionales del proyecto, generando las formas a partir de una serie sistemática desarrollada por algún canal de experiencia hidrodinámica y mediante la derivación de las formas a partir de algún buque similar al que se proyecta. Este último método es el que emplearemos para la obtención de nuestras formas tal como se mencionará en el Capítulo 2.

1.4 Distribución General Conceptual

En este subcapítulo se establece de manera conceptual los espacios de habitabilidad y de distribución general de los tanques principales.

Para espacios de habitabilidad se usaran área mínimas requeridas, y la distribución general se la realizará de acuerdo a la capacidad de los tanques y la disposición de mamparos según recomendaciones IACS, [9]

1.4.1 Espacios de Habitabilidad

Al momento de definir la disposición general hay que tener en consideración las necesidades y requerimientos del armador. Una necesidad en este tipo de embarcaciones son los accesos a las distintas zonas del barco que deberá

ser lo más rápido y sencillo posible, para que las operaciones de trabajo y de maniobra del remolcador se puedan realizar adecuadamente y sin obstáculos.

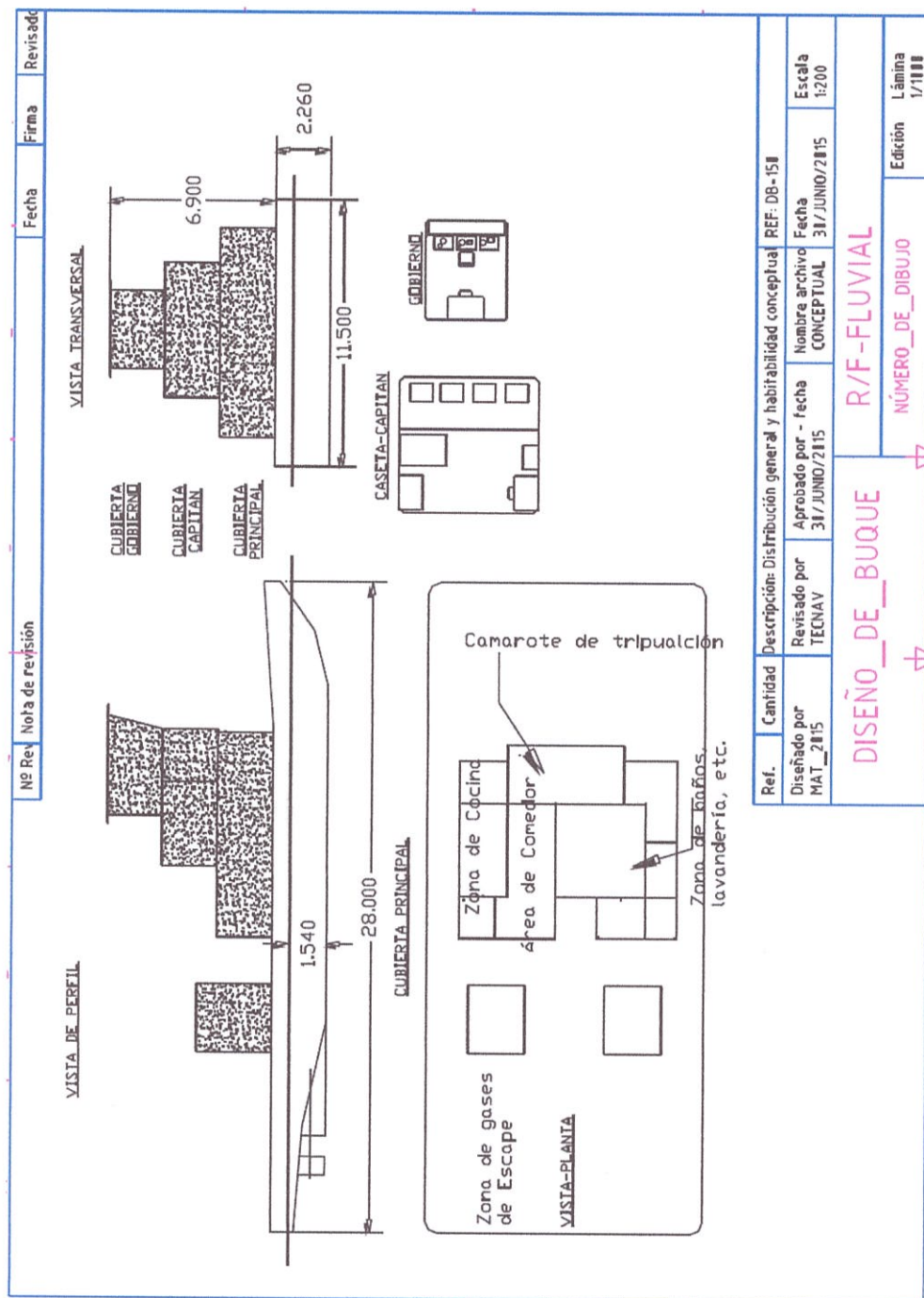
El número de tripulantes necesarios en este remolcador se lo estima haciendo una relación con las regresiones de los remolcadores. Un remolcador de Damen, [6], de 15000 ton necesita 7 personas, por lo que se decidió asignar 5 tripulantes para las 10000 ton. Siguiendo las normas de ABS los espacios establecidos se presentan en la siguiente tabla.

Tabla. VI Área implementada para habitabilidad

Característica de la Zona	Área Total de Ocupación (m²)
Cocina	14.36
Comedor (4 personas)	12.55
Baños, Lavandería, etc.	14.90
Camarote de tripulantes (4 personas)	11.85
Camarote de capitán	20.68
Área de Climatización	12.52
Puente de Mando	14.5
pasillos, otros	14.00
Torre para salidas de gases de escape	13.78

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 7 Dimensiones principales y distribución de Área



Ref.	Cantidad	Descripción: Distribución general y habitabilidad conceptual		REF: DB-15II
Diseñado por MAT_2015	Revisado por TECNAV	Aprobado por - fecha 31/JUNIO/2015	Nombre archivo CONCEPTUAL	Fecha 31/JUNIO/2015
Escala 1:200		Edición Lámina 1/1000		
DISEÑO_DE_BUQUE		R/F-FLUVIAL		
		NÚMERO_DE_DIBUJO		

[Fuente: Elaboración propia]

1.4.2 Distribución General

La estimación de la capacidad de los tanques de agua y combustible, se lo realizó para un recorrido de ida y vuelta (1600 millas), pudiendo reabastecerse de combustible en el puerto de Leticia, y de agua a su regreso.

De los Métodos de Estimación para el Diseño básico de Embarcaciones, [8], recomienda usar 200 lt/per. día para dimensionar el tanque de agua. Debido a que el viaje promedio diario se lo realiza en 10 horas y es un buque de trabajo, el valor establecido es 150 lt/per día. Para los tanques de combustible se usó la razón de consumo de combustible (29 gal/h) dada por Caterpillar.

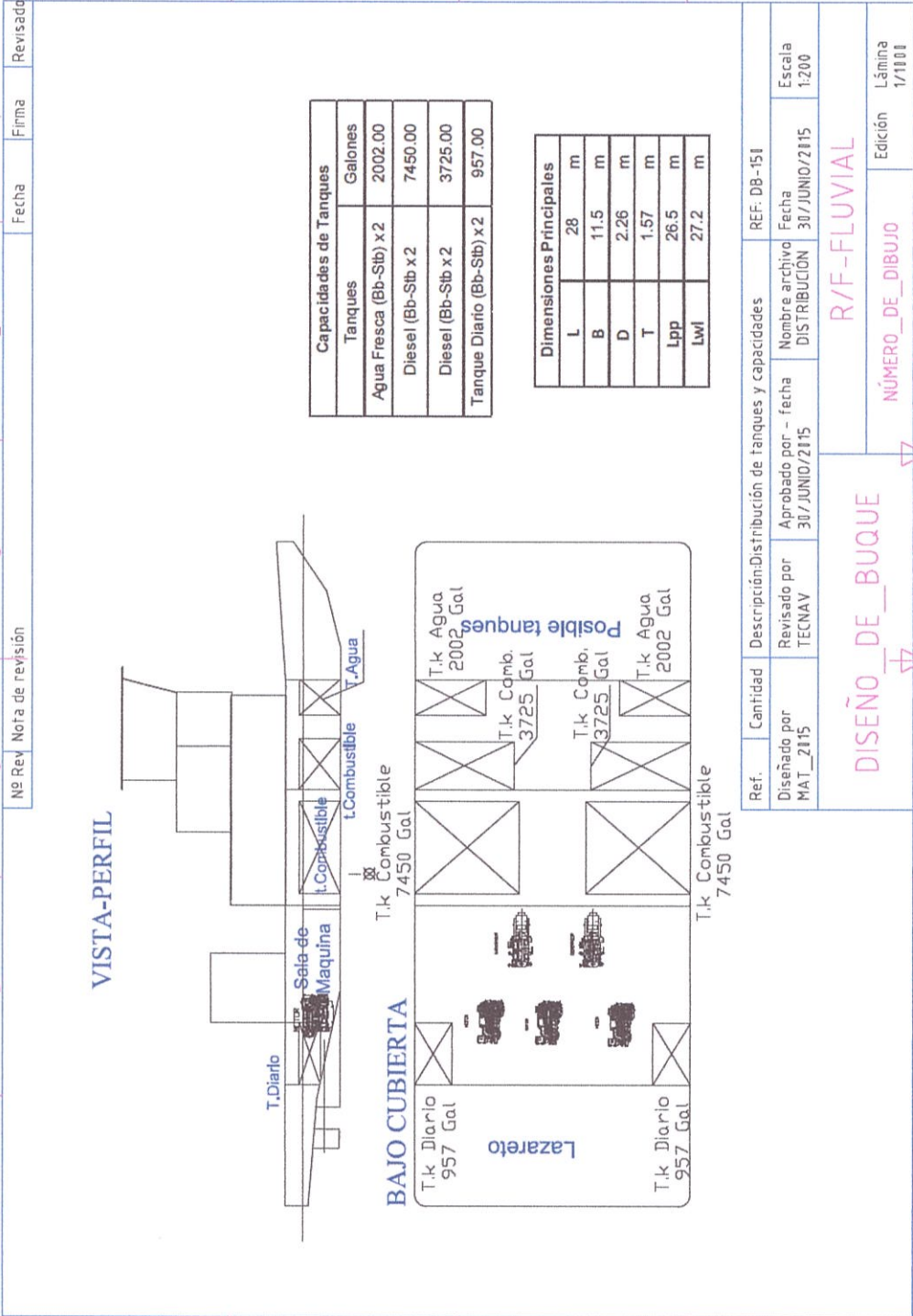
Los resultados se presentan en la Tabla. VII, y el detalle de cálculo en el ANEXO B-Estimación de Líquidos.

Tabla. VII Resultados de capacidades de Tanques

Distancia	2037.20	km
V	6.00	Nudos
	11.10	km/h
tm	183.49	h
Cap_Agua	3640.28	gal
Cap+10% Agua	4004.30	gal
	15.16	m3
Cap. Combustible	15963.79	gal
Cap+40% Comb.	22349.31	gal
	84.59	m3

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 8 Distribución General- Tanques



[Fuente: Elaboración propia]

En el esquema presentado, la distribución de los mamparos se la realizó de acuerdo a las funciones, como son:

- Soporte de estructuras
- Subdivisión de tanques
- Espacios recomendados para sala de máquinas

1.5 Resultados de la Estimación de Pesos

Para la estimación en la etapa conceptual los pesos fueron clasificados en tres grupos: Estructura, Maquinaria-Sistemas Auxiliares, Equipamiento – Habitabilidad.

Para la estimación del peso del casco y superestructuras se utilizó las fórmulas dadas por D.G.M Watson y A.W. Gilfillan, obteniendo un valor de 194.7 ton, para los demás grupos se utilizó las formulaciones presentadas en, [7], obteniendo un peso de maquinaria de 38.52 ton, esto considerando 3 motores de 600 Bhp y 3 líneas de eje de aproximadamente 5 m de longitud, también se estimó un peso de equipamiento y habitabilidad de 44 ton. La siguiente tabla muestra un resumen con los pesos y posición del centro de gravedad con referencia en sección media y desde línea base.

Tabla. VIII Resultados de pesos en el Remolcador Fluvial

Resumen de Grupos	Detalle	Watson D. y Giffillan A.W. (ton)	Hekkenberg R. (ton)	LCG(m)	VGC(m)
G-100	Estructura de acero	194.70	202.12	0.6	2.1
G-200 y G-300	Sistema Propulsor (Mp, Auxiliares)	38.52	35.56	-6.5	1.5
G-400,G-500 y G-600	Equipamiento Y habitabilidad	44.00	45.58	4.3	4.8
G-800	Tanq. de Combustibles_1	48.51		1.13	0.85
	Tanq. de Combustible_2	23.64		4.57	0.85
	Agua Fresca	15.14		7.43	0.85
	W_{rosca}(ton)	277.22	283.27	0.20	2.45
	DW(ton)	87.29		3.15	0.85
	Δ_{total} (ton)	364.52	370.56	0.91	2.06

[Fuente: Elaboración propia]

Se contrastaron los resultados obtenidos con, [7], aplicando las estimaciones presentadas por Robert Hekkenberg, encontrando la máxima diferencia de 10% en el grupo de Maquinaria-Sistemas auxiliares.

Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO C-Estimación de peso.

1.6 Análisis de resultados obtenidos en el diseño conceptual

El dimensionamiento a nivel conceptual del Remolcador Fluvial se ha basado en la información presentada en, [5], [6], obteniendo resultados aceptables a este nivel de diseño.

Las dimensiones principales fueron seleccionadas haciendo uso de las curvas de regresión, para la reducción del rango de búsqueda de las dimensiones se utilizó el factor de carga permitiendo cumplir con las restricción de diseño y los requerimientos del armador.

La potencia fue obtenida de acuerdo a la capacidad de carga del convoy siendo esta de 1800 Bhp, se considera que esta potencia aumentará en la etapa de diseño preliminar debido a la restricción de calado en la ruta de navegación.

Para la distribución principal se considera razonable el esquema presentado en la teniendo en consideración la distribución de la embarcación prototipo y las recomendaciones dadas por la Lloyd's Register, Sección de Espacios de Maquinaria, [9] .

El desplazamiento de la embarcación se calculó mediante formulaciones empíricas, dando como resultado 364.5 ton, se prevé que este peso varíe en la etapa preliminar, considerando posibles cambios en potencia requerida, equipamiento y habitabilidad.

CAPITULO 2

DISEÑO PRELIMINAR

2.1 Capacidad de Tanques y Distribución General

La capacidad de los tanques se la estableció para una autonomía de 1100 millas (2037 km). En esta etapa se toma en consideración el aumento de potencia debido a las restricciones del canal de navegación para el cálculo de capacidad de combustible. Además, se describió la distribución general adecuada para evitar excesos de asientos o encabuzamientos.

Para la corrección de potencia por aguas restringidas, se implementó el método de Karpov, [11] y Artjuskov, [12], obteniendo los siguientes resultados (ver Tabla. IX).

Tabla. IX Incremento de potencia en aguas restringidas

L [m]	27.20	27.20
V [nudos]	6.00	6.00
V [m/s]	3.08	3.08
Profundidad [m]	2.50	5.10
T [m]	1.54	1.54
Ancho de Canal	200	200
a* promedio	0.81	0.9999
V _{reducida} [nudos]	4.86	6.00
EHP	1045	697

[Fuente: Elaboración propia]

El aumento de potencia es aproximadamente 50%, por lo tanto, se incrementó de 1549 Bhp a 2323 Bhp, por lo que se considerará 4 motores de 600 Bhp.

Las consideraciones generales para el cálculo de la capacidad de tanque son:

- Autonomía 1100 millas
- Tiempo de viaje 18 días aproximados
- 150 Lt/per día, para agua fresca y grises
- 100 Lt/per día, para aguas negras
- Para aceites lubricación, según[13].
- Capacidad de tanque de lodos, según ABS, [17].
- Consumo de combustible 29 gal/h, para maquinaria principal
- Consumo de combustible 4 gal/h, para generadores.
- Operación río Napo 9 días, río Amazonas 9 días.

Las capacidades obtenidas fueron:

Tabla. X Capacidades de tanques

Agua Fresca	Capacidad	3640.28 gal
	Cap+10%	4004.31 gal 15.16 m ³
Aguas Grises	Cap. A. Grises	4004.31 gal
		15.16 m ³
Aguas Negras	Capacidad	2426.85 gal
		9.19 m ³
Maquinaria Principal y Auxiliares	Cap. Comb. MP	17294.11 gal
	Cap. Comb. Gen	1834.92 gal
	Cap. Com. Total	19129.03 gal
	Cap. Comb. +15%	21998.38 gal 83.26 m ³
Lodos	Cap_A. Lodos	351.20 Gal
		1.33 m ³
Aceite de Lubricación	Cap. Aceite	373.33 gal
		1.41 m ³

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XI Resultados de pesos en el Remolcador Fluvial

Resumen de Grupos	Detalle	Watson D. y Gilfillan A.W. (ton)	LCG(m)	VGC(m)
G-100	Estructura de acero	194.70	0.7	2.1
G-200 y G-300	Sistema Propulsor (Mp, Auxiliares)	38.52	-6.5	1.5
G-400, G-500 y G-600	Equipamiento Y habitabilidad	44.00	5	4.8
G-800	Tanq. de Combustibles_1	69.94	0.01	0.66
	Tanq. Agua Fresca	15.16	7.00	1.00
	Tanq. Agua Grises	15.16	4.02	1.00
	Tanq. Agua Negras	9.42	5.02	1.00
	Tanq. Lodos	1.21	-2.50	2.58
	Tanq. Aceite de Lubricación	1.30	-2.50	2.58
	W_{rosca}(ton)	277.22	0.38	2.45
DW(ton)	112.18	1.86	0.82	
Δ_{total} (ton)	389.41	0.81	1.74	

[Fuente: Elaboración propia]

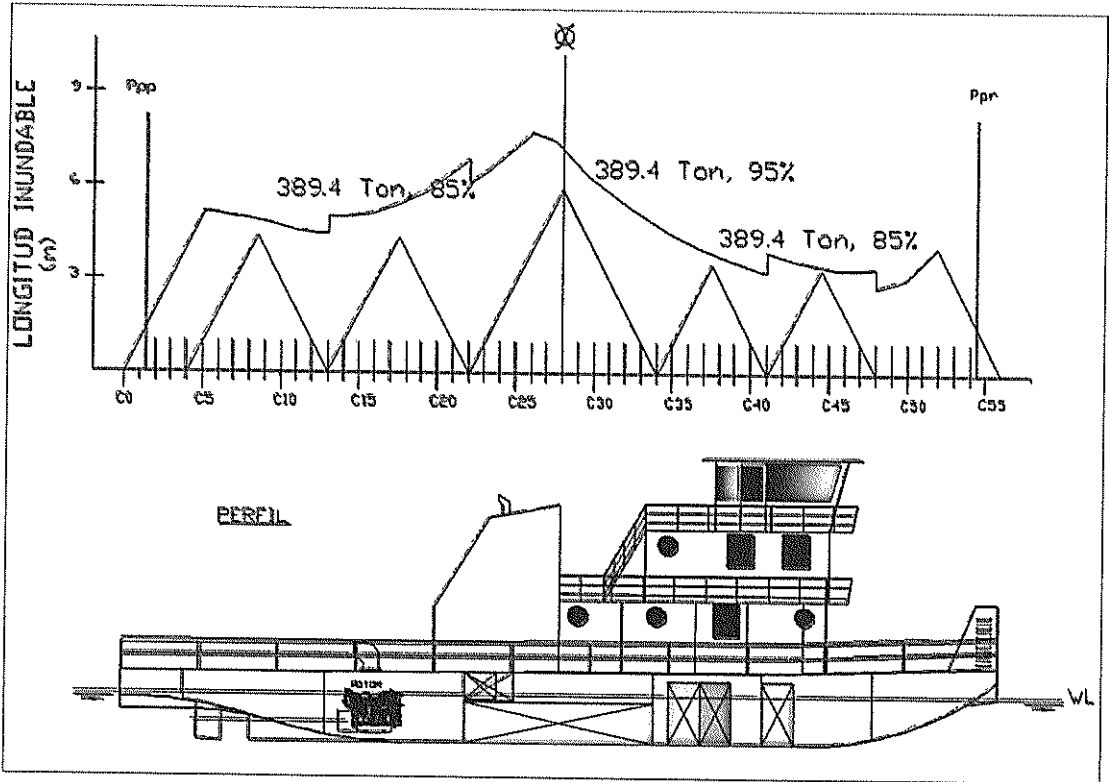
Se obtuvo un peso debido a los tanques de 113 ton., con lo cual el desplazamiento del remolcador aumento de 364.52 ton a 389.41 ton.

Los caculos se detallan en el ANEXO D-Estimación de capacidades.

Conocida la capacidad de tanques y sus dimensiones se procedió al compartimentaje estanco de la embarcación, para lo cual se consideró los requerimientos dado por SOLAS, [18], para espacios ocupados como alojamientos a proa de sala de máquinas (permeabilidad 95%), y espacios ocupados por maquinaria (permeabilidad 85%).

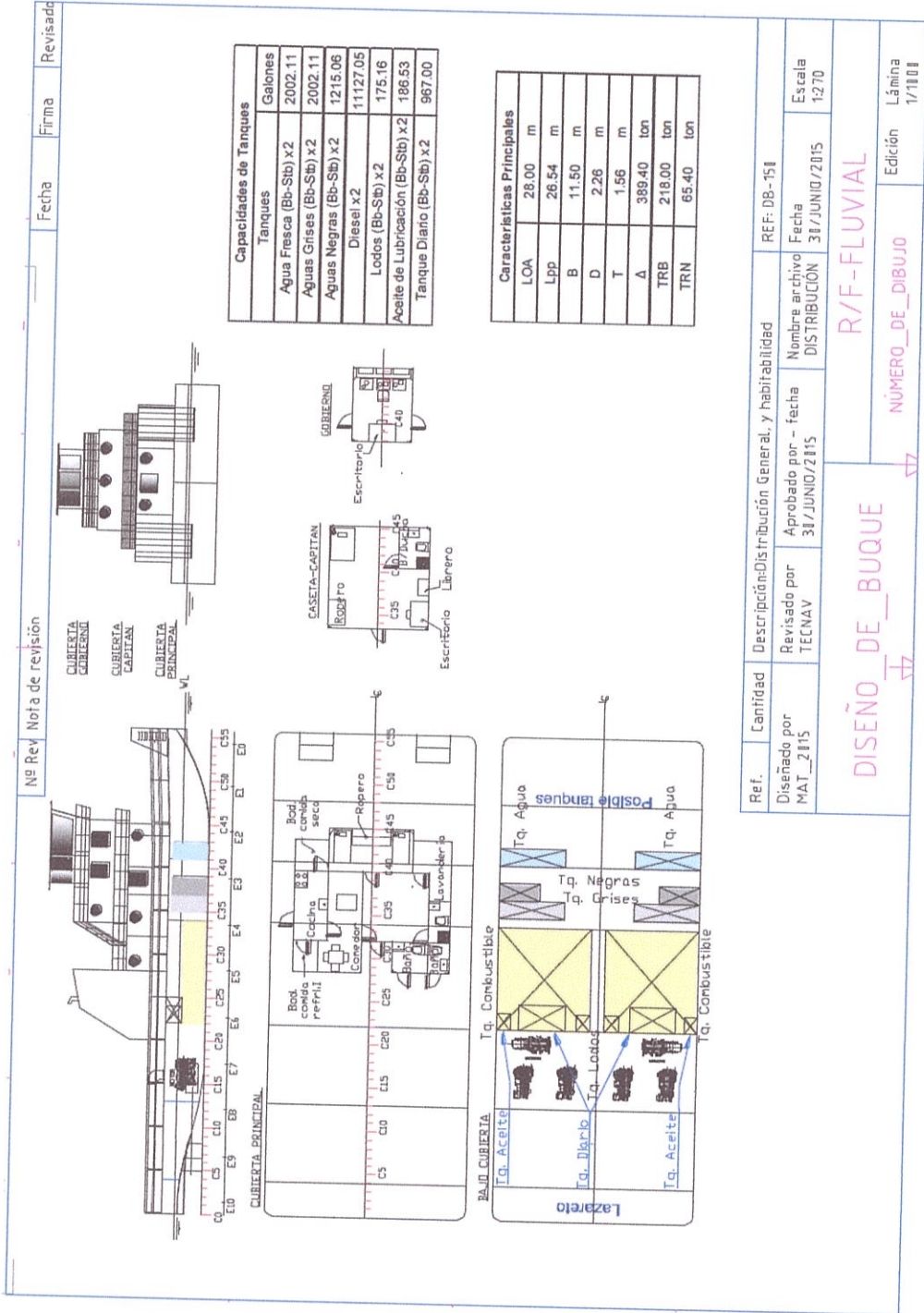
Para determinar la ubicación de mamparos estancos se utiliza la curva de esloras inundables, para los valores de permeabilidad antes descritos. Dado que la regla nos indica que el factor de subdivisión es la unidad para embarcaciones de eslora inferior a 55 m. En la Figura No. 9 se presentan las curvas de esloras inundables para el remolcador.

Figura No. 9 Curva de Longitud Inundable



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 10 Distribución de tanques



[Fuente: Elaboración propia]

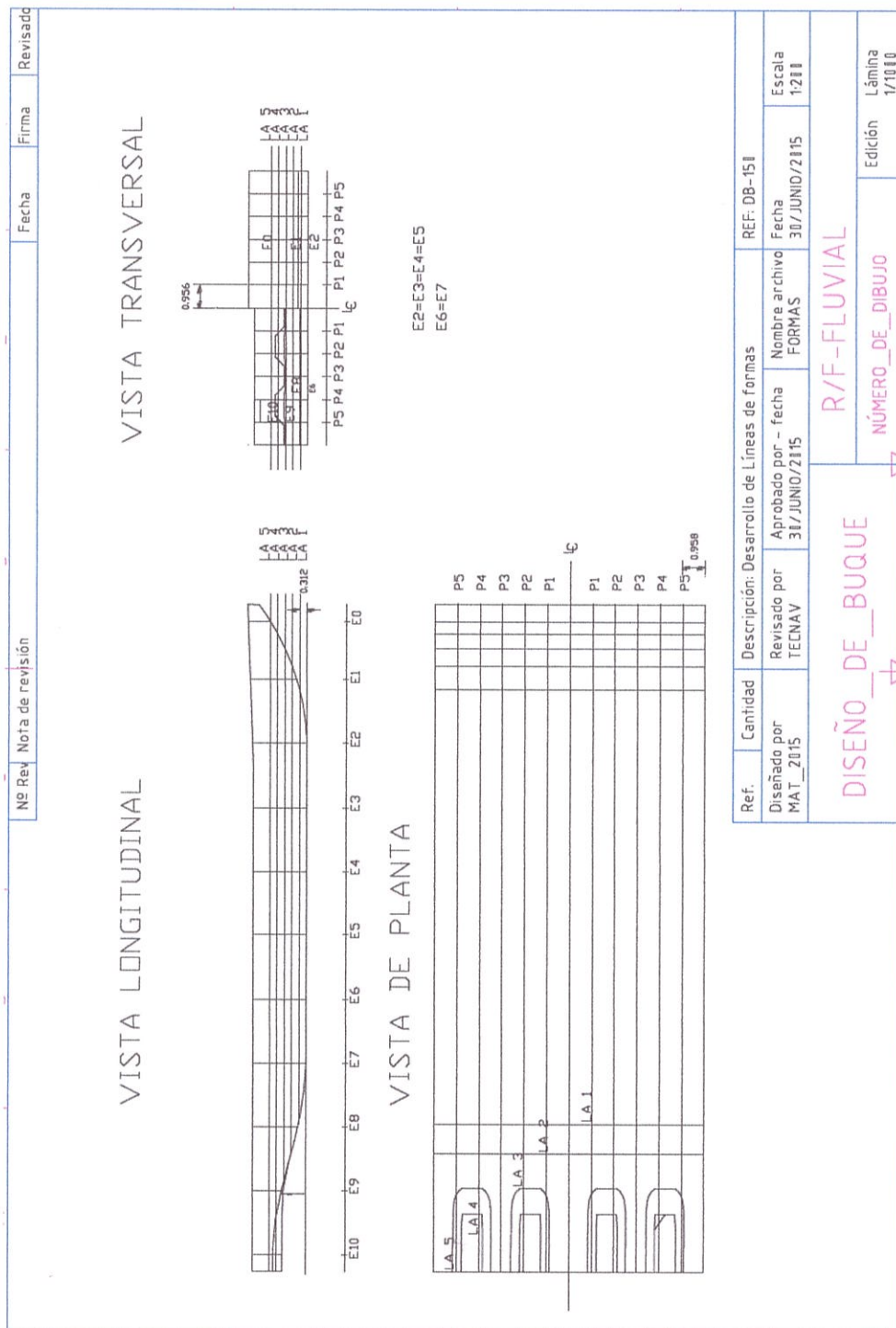
Ref.	Cantidad	Descripción-Distribución General, y habitabilidad		REF: DB-15J
Diseñado por MAT_2115	Revisado por TECNAV	Aprobado por - fecha 31/JUNIO/2015	Nombre archivo DISTRIBUCION	Fecha 31/JUNIO/2015
DISEÑO DE BUQUE				Edición Lámina 1/1101
R/F-FLUVIAL				Edición Lámina 1/1101
NÚMERO DE DIBUJO				Edición Lámina 1/1101

2.2 Desarrollo de líneas de Formas y Cálculos hidrostáticos

Con la ayuda del programa Rhinoceros V4 se procedió a derivar las formas del buque prototipo Damen ASD Pusher 2811, de tal manera que las dimensiones principales estimadas en la fase conceptual se satisfagan o aproximen, para lo cual se tomó en consideración las zonas de proa y popa, debido a su directa relación en cuanto al comportamiento hidrodinámico.

Dado la forma y lugar de trabajo se mantuvo el perfil de proa con un ángulo de entrada de 90 grados, valor que aumenta la resistencia al avance, pero es vital en el buen comportamiento de estabilidad, para el perfil de popa se consideró el ángulo de entrada a la hélice, al seleccionar de una manera racional este parámetro permitirá el ingreso de suficiente agua a la hélice para generar el empuje necesario, se recomienda que este ángulo no sea menor a 7 grados ni mayor a 18 grados.

Figura No. 11 Plano de Líneas de formas del Remolcador Fluvial



[Fuente: Elaboración propia]

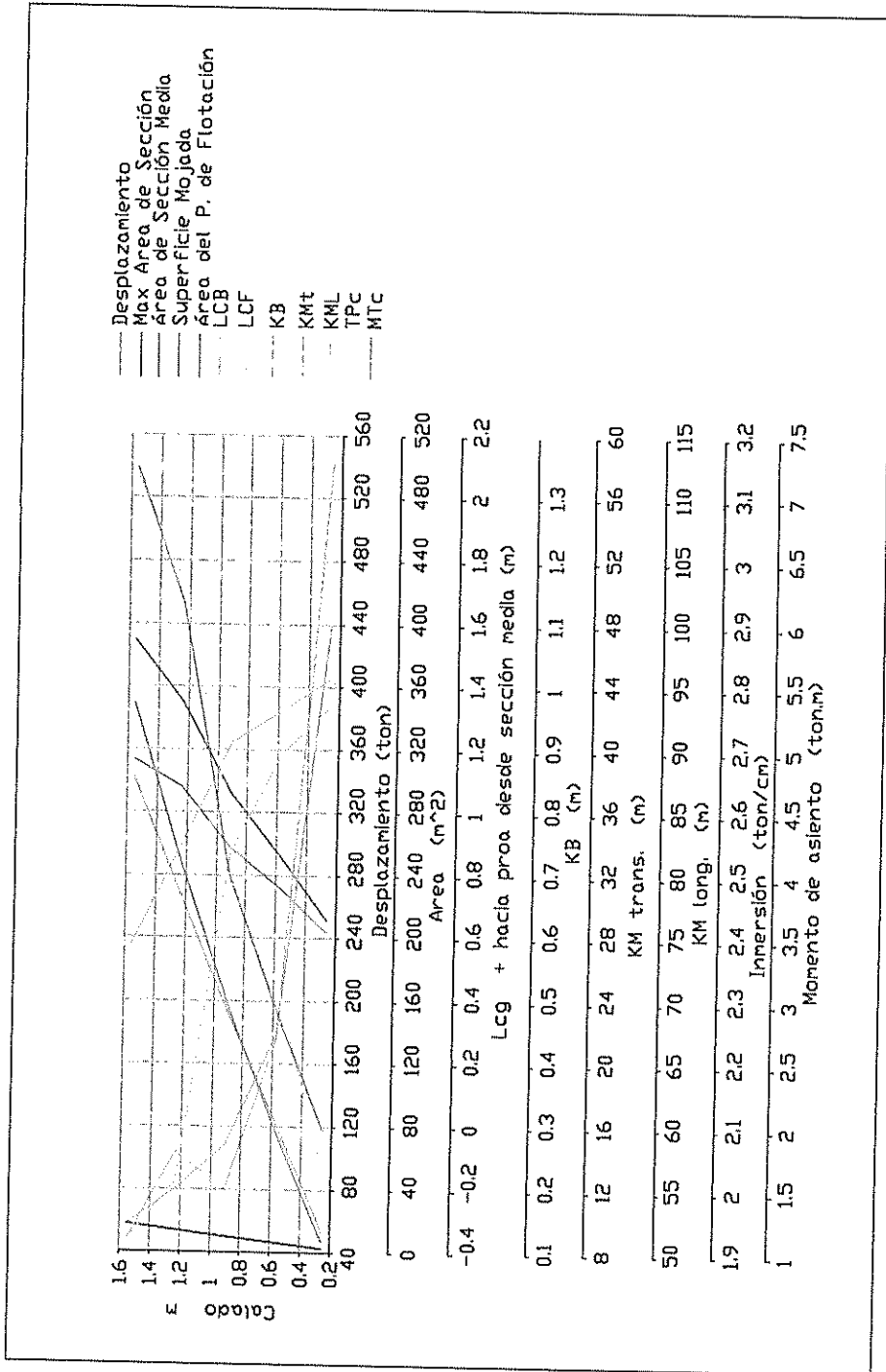
Con las líneas de formas generadas con el programa AutoCAD 2014, se ejecutó el módulo de cálculos hidrostáticos del programa Hydromax, obteniendo los siguientes resultados para la condición de máxima carga.

Tabla. XII Cálculos Hidrostáticos

Calado (m)	0,255	0,511	0,766	1,021	1,277	1,532
Desplazamiento (ton)	46,820	101,900	162,200	227,700	301,800	380,400
Volumen m ³	46,818	101,860	162,171	227,721	301,835	380,381
Lwl (m)	17,694	19,720	21,363	26,330	26,815	27,246
Sm (m ²)	211,270	244,398	274,125	320,202	355,077	387,308
Aw (m ²)	203,062	226,594	245,924	280,271	297,987	313,325
Cp	0,902	0,880	0,862	0,737	0,767	0,793
Cb	0,902	0,880	0,862	0,736	0,767	0,793
Cm	0,999	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Cwp	0,998	0,999	1,001	0,926	0,966	1,000
LCB +proa (m)	1,428	1,343	1,271	1,156	0,848	0,599
LCF +proa (m)	1,338	1,216	1,063	0,069	-0,181	-0,387
KB (m)	0,133	0,269	0,407	0,547	0,695	0,842
KG (m)	1,532	1,532	1,532	1,532	1,532	1,532
BMt (m)	47,801	24,516	16,713	13,677	10,924	9,078
BML (m)	112,693	71,972	57,790	62,755	55,899	50,955
GMt (m)	46,401	23,253	15,587	12,692	10,087	8,388
GML (m)	111,294	70,708	56,664	61,770	55,062	50,265
KMt (m)	47,933	24,785	17,119	14,224	11,619	9,920
KML (m)	112,826	72,240	58,196	63,302	56,594	51,797
TPc (ton/cm)	2,031	2,266	2,459	2,803	2,980	3,133
MTc (ton.m)	1,966	2,718	3,468	5,308	6,272	7,216

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 12 Curvas Hidroestática



[Fuente: Elaboración propia]

La Tabla. XIII establece una comparación entre los resultados obtenidos en el diseño conceptual y el diseño preliminar.

Tabla. XIII Resumen Dimensiones Principales

	Conceptual	Preliminar
Eslora total (m)	28.00	28.00
Manga (m)	11.50	11.50
Calado (m)	1.48	1.56
Puntal (m)	2.26	2.26
Desplazamiento (ton)	364.50	389.40
Lwl (m)	27.28	27.40
Sm (m²)	383.51	390.16
Aw (m²)	313.67	315.03
Cp	0.76	0.77
Cb	0.76	0.77
Cm	1.00	1.00
Cwp	1.00	1.00
LCB +proa (m)	0.91	0.82
LCF +proa (m)	-0.37	-0.31

[Fuente: Elaboración propia]

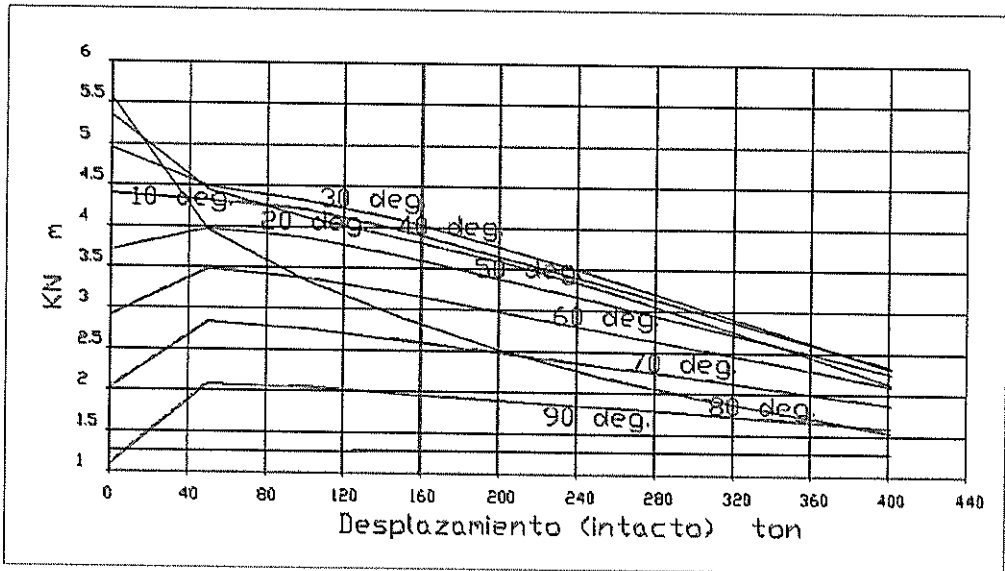
Debido al incremento en la capacidad de los tanques de agua y combustible el desplazamiento en el diseño preliminar aumentó a 389.4 ton, con una buena distribución de pesos se logró mantener un asiento en popa menor al 1% de la eslora con lo cual se garantiza que la hélice se encuentre por debajo de la línea de flotación.

2.3 Cálculo de Estabilidad Transversal

Como parte del diseño preliminar se calculó la estabilidad transversal para diferentes condiciones de carga las cuales se describen más adelante.

Empleando el módulo de cálculos hidrostáticos Hydromax, se calculó las curvas KN. Los resultados obtenidos en la siguiente gráfica.

Figura No. 13 Curvas Cruzadas de Estabilidad



[Fuente: Elaboración propia]

Criterios a seguir:

Las curvas de estabilidad intacta para diferentes condiciones de carga deberán cumplir con los siguientes criterios de estabilidad intacta de la U.S

Coast Guard, Subchapter S, Part 173, Subpart E – Towing y también Part 174, Subpart E – Tugboats and towboats.

- a) El área bajo la curva de brazos adrizantes no será inferior a 5.15 metros-grados hasta el ángulo de inclinación de 40°.
- b) El área bajo la curva de brazos adrizantes no será inferior a 1.72 metros-grados para un ángulo de inclinación entre 30° y 40°.
- c) El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora que no sea inferior a 25°.
- d) La curva de brazos adrizantes deberá ser positiva para al menos de 60°.

Además, la estabilidad intacta de acuerdo a los criterios de estabilidad de la US Navy, donde realiza el análisis del GZ para la condición de remolque. Las condiciones de carga que se consideran en el análisis se presentan en las tablas No. 14, 15, 16, 17.

Condiciones de carga:

- LC1, Salida de puerto. Tanques de líquidos 100% (Máxima Carga).
- LC2, Arribo a puerto. Tanques de Líquidos 10%.
- LC3, Combustible 10% y Agua Fresca/Grises 100%, para control de asiento.
- LC4, Combustible 100% y Agua Fresca/Grises 10%, para control.

Tabla. XIV LC1, Salida de puerto

Descripción	Peso total	Volumen	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
	Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
Δ LIJERO (ton)	277.200	-	0.383	0.000	2.445	0.000
Dw (ton)	112.223	125.209	1.891	0.000	0.792	0.087
Δ TOTAL (ton)	389.423	125.209	0.817	0.000	1.969	0.087
Sup. L. Corrección					0.000	
VCG					1.969	

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XV LC2, Arribo a puerto

Descripción	Peso total	Volumen	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
	Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
Δ LIJERO (ton)	277.200	-	0.383	0.000	2.445	0.000
Dw (ton)	12.436	13.841	1.463	0.000	0.265	149.891
Δ TOTAL (ton)	289.636	13.841	0.429	0.000	2.352	149.891
Sup. L. Corrección					0.518	
VCG					2.869	

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XVI LC3, Combustible 10% y Agua Fresca/Grises 100%

Descripción	Peso total	Volumen	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
	Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
Δ LIJERO (ton)	277.200	-	0.383	0.000	2.445	0.000
Dw (ton)	26.077	27.482	4.359	0.000	0.702	140.818
Δ TOTAL (ton)	303.277	27.482	0.724	0.000	2.295	140.818
Sup. L. Corrección					0.464	
VCG					2.760	

[Fuente: Elaboración propia]

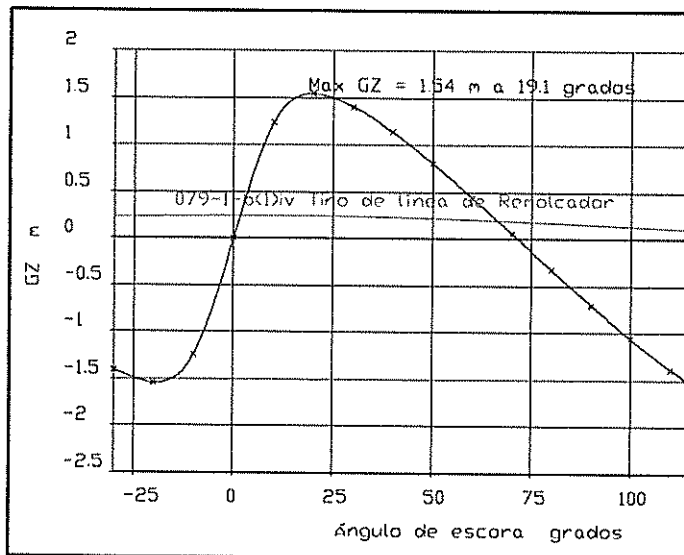
Tabla. XVII LC4, Combustible 100% y Agua Fresca/Grisés 10%

Descripción	Peso total	Volume n	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
	Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
Δ_{LJERO} (ton)	277.200	-	0.383	0.000	2.445	0.000
DW (ton)	76.115	89.650	0.239	0.000	0.646	20.539
Δ_{TOTAL} (ton)	353.315	89.650	0.352	0.000	2.058	20.539
Sup. L. Corrección					0.058	
VCG					2.116	

[Fuente: Elaboración propia]

Resultados.- Las tablas en detalle se presentan en el ANEXO E-Análisis de Estabilidad. Las condiciones de carga LC3 y LC4, son condiciones implementadas para el control de exceso de asiento o encabuzamientos. Los resultados obtenidos para las condiciones de carga LC1 y LC2 se presenta a continuación.

Figura No. 14 Curva de Brazo Adrizante, Condición LC1



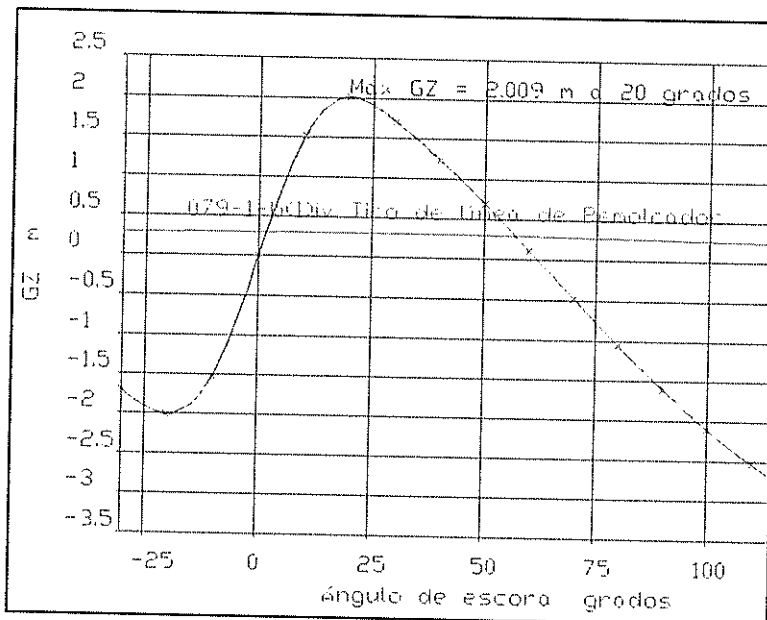
[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XVIII Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC1

Código	Criterio	Valor	Unidades	Valor Actual	Estado	Margen %
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: b – Área bajo la curva de Gz, de 0 a 40	5.1510	m.grados	19.8934	Pasado	+286.20
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: c – Área bajo la curva de Gz, de 30 to 40	1.7070	m.grados	12.7448	Pasado	+646.62
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: d – Ángulo máximo. GZ	25.0	grados	19.1	Fallo	-23.64
Subpart E – Remolcadores y Empujadores	174.145: e – Rango de estabilidad positiva	60.0	grados	71.5	Pasado	+19.18
DDS 079-1-b(1) Estabilidad Intacta	079-1-b(1)iv Cable de Remolque				Pasado	
	Ángulo de escora constante será menor (<)	15.0	grados	0.0	Pasado	+100.00
	Area1 / Area2 debe ser más grande (>)	40.00	%	100.00	Pasado	+150.00
	GZ (intersección) / GZ(máx.)será menor que (<)	60.00	%	0.00	Pasado	+100.00

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 15 Curva de Brazo Adrizante, Condición LC2



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XIX Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC2

Código	Criterio	Valor	Unidades	Valor Actual	Estado	Margen %
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: b – Área bajo la curva de Gz, de 0 a 40	5.1510	m.grados	26.6809	Pasado	+417.97
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: c – Área bajo la curva de Gz, de 30 to 40	1.7070	m.grados	14.7760	Pasado	+765.61
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: d – Ángulo máximo. GZ	25.0	grados	20.0	Fallo	-20.00
Subpart E – Remolcadores y Empujadores	174.145: e – Rango de estabilidad positiva	60.0	grados	61.9	Pasado	+3.21
DDS 079-1-b(1) Estabilidad Intacta	079-1-b(1)iv Cable de Remolque				Pasado	
	Ángulo de escora constante será menor (<)	15.0	grados	0.0	Pasado	+100.00
	Area1 / Area2 debe ser más grande (>)	40.00	%	100.00	Pasado	+150.00
	GZ(intersección) / GZ(máx.)será menor que (<)	60.00	%	0.00	Pasado	+100.00

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XX Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC3

Código	Criterio	Valor	Unidades	Valor Actual	Estado	Margen %
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: b – Área bajo la curva de Gz, de 0 a 40	5.1510	m.grados	25.7877	Pasado	+400.63
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: c – Área bajo la curva de Gz, de 30 to 40	1.7070	m.grados	14.4157	Pasado	+744.50
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: d – Ángulo máximo. GZ	25.0	grados	20.0	Fallo	-20.00
Subpart E – Remolcadores y Empujadores	174.145: e – Rango de estabilidad positiva	60.0	grados	62.6	Pasado	+4.31
DDS 079-1-b(1) Estabilidad Intacta	079-1-b(1)iv Cable de Remolque				Pasado	
	Ángulo de escora constante será menor (<)	15.0	grados	0.0	Pasado	+100.00
	Area1 / Area2 debe ser más grande (>)	40.00	%	100.00	Pasado	+150.00
	GZ(intersección) / GZ(máx.)será menor que (<)	60.00	%	0.00	Pasado	+100.00

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XXI Resultados-Análisis de estabilidad Intacta. Condición LC4

Código	Criterio	Valor	Unidades	Valor Actual	Estado	Margen %
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: b – Área bajo la curva de Gz, de 0 a 40	5.1510	m.grados	23.9293	Pasado	+364.56
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: c – Área bajo la curva de Gz, de 30 to 40	1.7070	m.grados	14.5606	Pasado	+753.00
Subpart E - Remolcadores y Empujadores	174.145: d – Ángulo máximo. GZ	25.0	grados	20.0	Fallo	-20.00
Subpart E – Remolcadores y Empujadores	174.145: e – Rango de estabilidad positiva	60.0	grados	70.8	Pasado	+18.02
DDS 079-1-b(1) Estabilidad Intacta	079-1-b(1)iv Cable de Remolque				Pasado	
	Ángulo de escora constante será menor (<)	15.0	grados	0.0	Pasado	+100.00
	Area1 / Area2 debe ser más grande (>)	40.00	%	100.00	Pasado	+150.00
	GZ(intersección) / GZ(máx.)será menor que (<)	60.00	%	0.00	Pasado	+100.00

[Fuente: Elaboración propia]

Se observa que el criterio del ángulo para máximo GZ no cumple, debido a que los criterios de la U.S Coast Guard recomienda que este sea para un ángulo de 25 grados para remolcadores. Sin embargo, hay que considerar el hecho que nuestra embarcación opera bajo condiciones distintas ya que es un Remolcador Fluvial. Los resultados obtenidos para los asientos tanto en proa como popa, fueron satisfecho, obteniendo valores máximos de 0.12 y 0.22 m respectivamente.

Los caculos se detallan en el ANEXO E-Análisis de Estabilidad.

2.4 Cálculo de Resistencia y Propulsión

Para el cálculo de la resistencia se utilizó el programa Navcad, método Denmark Cargo, para diferentes condiciones y configuraciones de Barcazas. Tabla. XXII, el programa considera efectos en el incremento de la resistencia en aguas restringidas, en la Tabla. XXIII, se presentan los datos del remolcador para la condición de máxima carga a la velocidad de 6 nudos.

Tabla. XXII Configuraciones de Convoy Barcazas

Convoy	Calado (m)	DWT (ton)	Δ_{total} (ton)
4x2	2.13	5758.00	9710.00
3x2	2.59	6087.30	9051.30
2x2	2.59	4058.20	6034.20
2x2	1.59	1441.60	3417.60
1x1	1.59	720.80	1708.80

[Fuente: Elaboración propia]

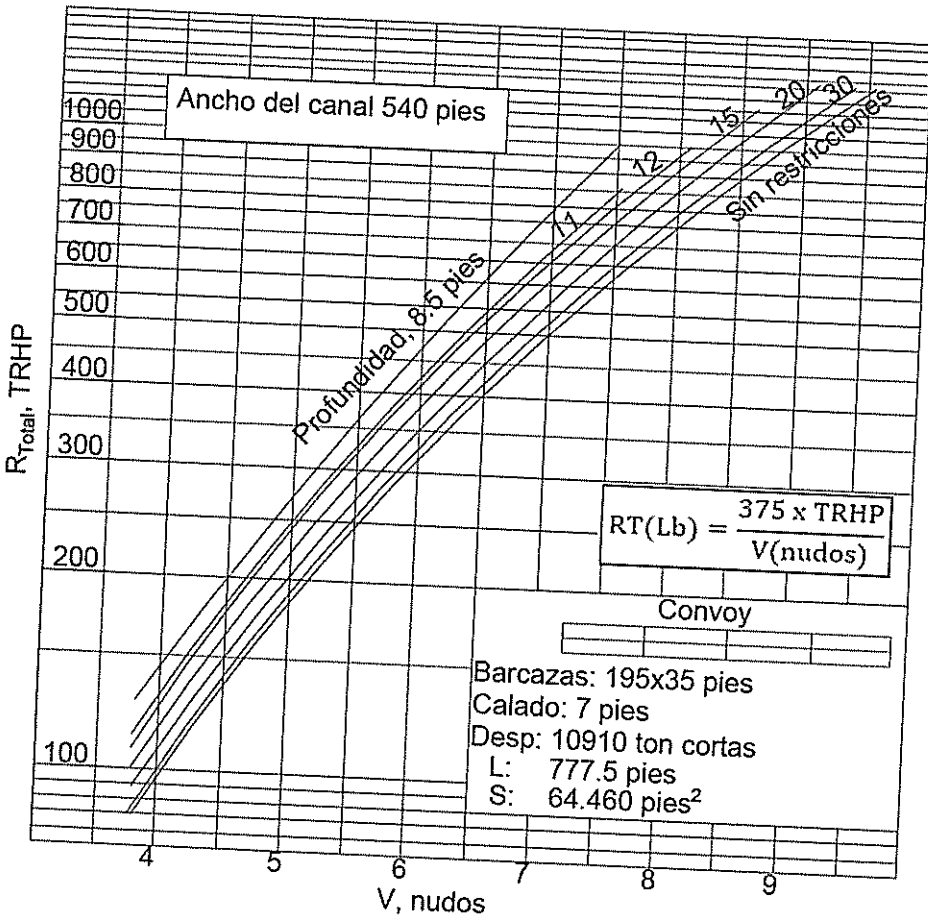
Tabla. XXIII Datos de entrada Navcad

Lpp (m)	26,54	Área Plano de flotación (m ²)	313,84
Lwl (m)	27.40	Área de espejo (m ²)	5,00
Manga (m)	11,50	Manga de espejo	11,50
Calado (m)	1,56	LCB + proa de sección media	0,52
Desplazamiento (ton)	389.40	Diámetro del Propulsor (m)	1,12
Superficie mojada (m ²)	394,18	Ae/A0	1,10
Lwl/B	2,37	Numero de palas	4,00
B/T	7,37	Paso (m)	1,15
Cb	0,80	Inmersión de hélice (m)	1,02
Cw	1,00	Rpm	1800
Área Seccional (m ²)	17,94	Reductor	3.5:1

[Fuente: Elaboración propia]

Para incluir la resistencia del convoy de barcazas en Navcad, se ingresó en el comando Model/Parent los datos de las curvas presentadas en, [14], estas curvas son dadas para diferentes arreglos de barcazas y profundidades del canal de navegación, con lo cual se presentan en la Tabla. XXIV los resultados de la resistencia al avance del conjunto Remolcador-Barcazas para una velocidad de 6 nudos, los cálculos para las restantes configuraciones y velocidades se presentan en el ANEXO F-Resistencia y Propulsión-Navcad.

Figura No. 16 Curva de Resistencia Arreglo Convoy 4x2



[Fuente: Resistense of Barges Tow]

Tabla. XXIV Resistencia al avance y Potencia Efectiva**Remolcador-Convoy Barcazas**

V(nudos)	Convoy	Calado (m)	Prof. Canal(m)	RT(KN)[Emp+Convoy]	EHP
6	4x2	2,13	15	136,20	563,95
	3x2	2,59		119,88	496,38
	2x2	2,59		93,82	388,47
	2x2	1,59		64,86	268,56
	Convoy	Calado (m)	Prof. de Canal (m)	RT(KN)[Emp+Convoy]	EHP
	4x2	2,13	5	191,69	793,71
	3x2	2,59		184,10	762,28
	2x2	2,59		138,67	574,18
	2x2	1,59		89,88	372,16
	Convoy	Calado (m)	Prof. de Canal (m)	RT(KN)[Emp+Convoy]	EHP
	2x2	1,59	2,5	225,41	933,35
	2x1	1,59		112,54	465,97

[Fuente: Elaboración propia]

Para la selección de los Motores Principales se verificó que el empuje dado por las hélices sea superior al requerido para mover al conjunto Remolcador-Convoy de Barcazas, del cálculo realizado en Navcad una hélice Kaplan con tobera A19 de 1,12 metros de diámetro ofrece un empuje de 52 KN a 1800 Rpm con un reductor 3.5:1, [15], que se describe en ANEXO F-Resistencia y Propulsión-Navcad.

Los resultados para la condición de trabajo se presentan a en la Tabla. XXV y los resultados para las diferentes condiciones de canal de navegación

arreglos de convoy de Barcazas se presentan en el ANEXO F-Resistencia y Propulsión-Navcad.

Tabla. XXV Resumen de Empujes Necesarios Remolcador-Convoy

Barcazas, Velocidad=6 nudos

Convoy	Prof. Ilimitada			Prof. 15 m			Prof. 5 m			Prof. 2.5 m			
	T _{tow-nec}	T _{Dispo-Convoy}	T _{Nec-Convoy}	T _{tow-nec}	T _{Dispo-Convoy}	T _{Nec-Convoy}	T _{tow-nec}	T _{Dispo-Convoy}	T _{Nec-Convoy}	T _{tow-nec}	T _{Dispo-Convoy}	T _{Nec-Convoy}	
	KN			KN			KN			KN			
4X2_T=2.13 m	14,44	193,56	120,78	15,46	192,54	144,78	18,05	189,95	207,47	No satisfice			
3X2_T=2.59 m			99,45						125,58				198,54
2x2_T=2.59 m			76,86						94,92				145,09
2x2_T=1.59 m			59,82						60,85				87,69
2x1_T=1.59 m	satisfice			satisfice			satisfice			24,53	178,15	148,80	
	satisfice			satisfice			satisfice					56,69	

[Fuente: Elaboración propia]

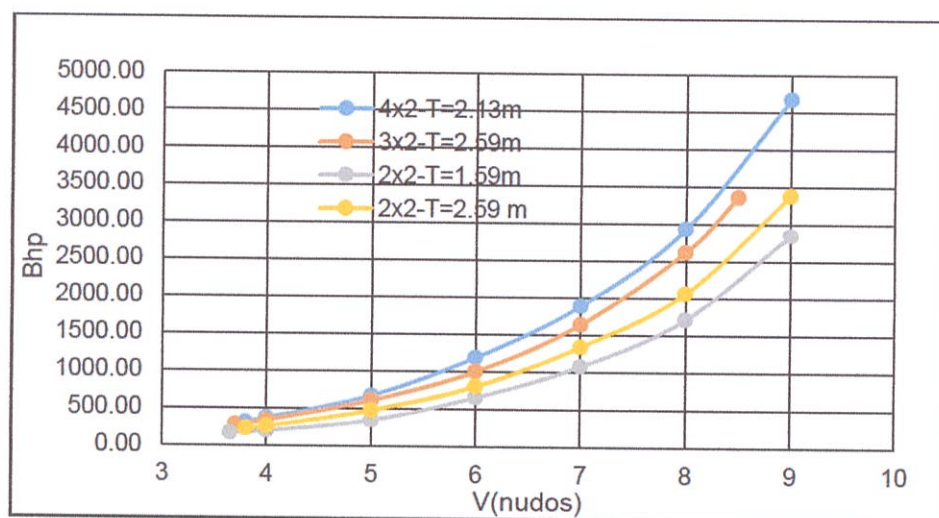
Con los datos obtenidos se estableció las condiciones de navegación para las configuraciones del Empujador-convoy de Barcazas.

- En condiciones ilimitadas de canal, todas las configuraciones pueden navegar.
- En 15 metros de profundidad, todas las configuraciones pueden navegar.

- En 5 metros de profundidad, solo navegaran las configuraciones 2x2 con calado de 2.59 metros y 2x2 con calado de 1.59 metros.
- En 2.5 metros de profundidad, solo navegaran las configuraciones 2x2 con calado 1.59 metros y 2x1 con calado de 1.59 metros.

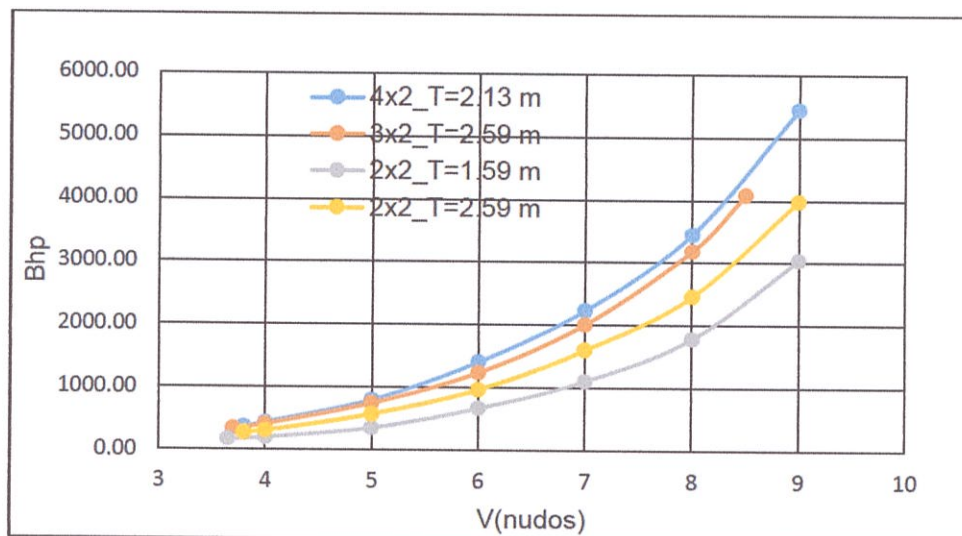
En las Figuras No. 17, 18, 19, 20 se muestra la potencia Bhp en función de la velocidad para las diferentes configuraciones del conjunto Remolcador-convoy de Barcazas, habiéndose asumido un coeficiente propulsivo de 0.4.

Figura No. 17 Potencia Bhp vs Velocidad, profundidad ilimitada



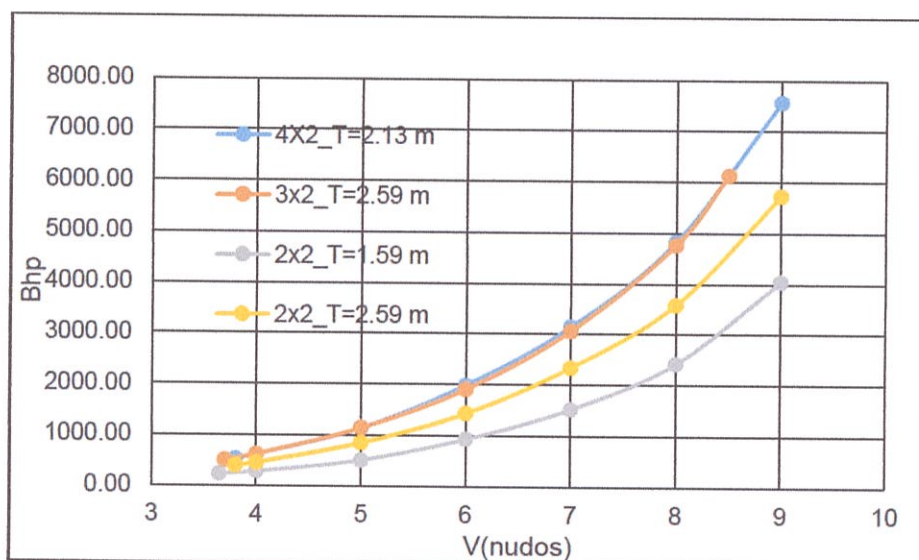
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 18 Potencia Bhp vs. Velocidad, profundidad 15 metros



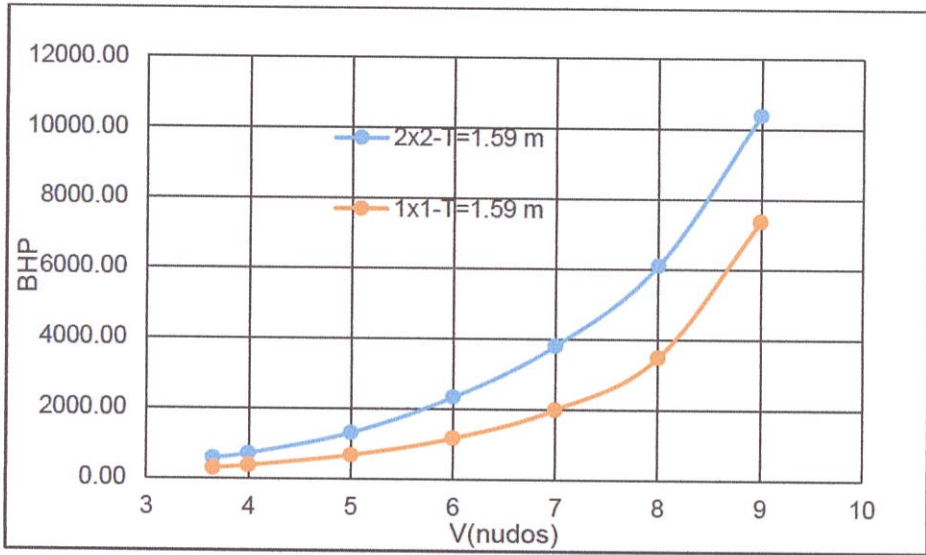
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 19 Potencia Bhp vs. Velocidad, profundidad 5 metros



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 20 Potencia Bhp vs. Velocidad, profundidad 2.5 metros



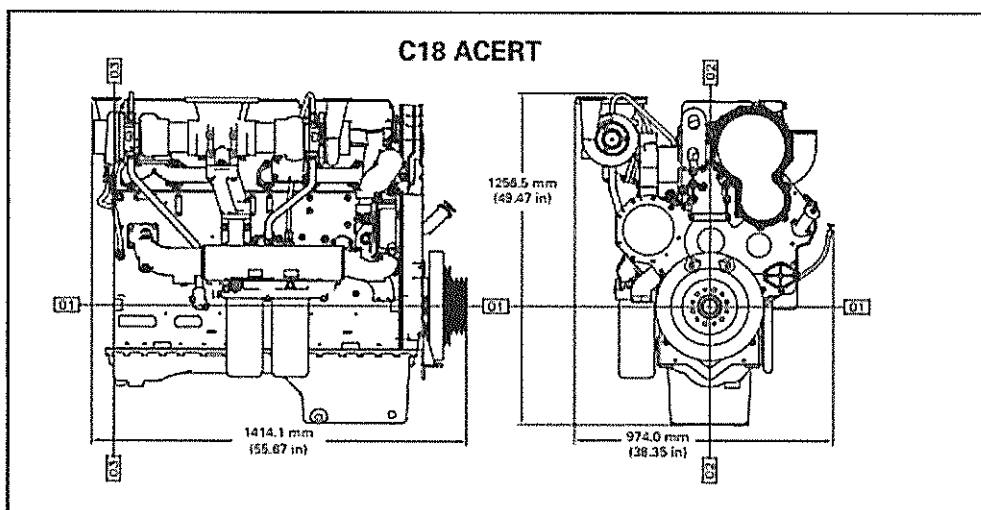
[Fuente: Elaboración propia]

De la Figura No. 20 condición extrema de trabajo, se observa que para la velocidad de 6 nudos el remolcador requiere de 2330 Bhp.

De los catálogos del fabricante, [15], se ha elegido el motor CatC18, el cual entrega una potencia al freno de 600 Bhp, girando a 1800 RPM, De manera que con 4 máquinas se llegaría a la potencia solicitada. Otros datos importantes del motor se presentan en la Tabla. XXVI

Tabla. XXVI Especificaciones de la Maquina Seleccionada

Potencia al freno	600 Bhp
Descripción	Turbo cargado-post enfriamiento
Numero de cilindros	6 en línea
Calibre y Carrera	145.0 mm x 183.0 mm
Desplazamiento	18 litros
Aceite Lubricante	64 litros
Intervalo de cambio de aceite	500 horas
Peso (seco) sin reductor	1769 kg



[Fuente: Catálogo Caterpillar]

2.5 Cálculo Estructural

Para el arreglo estructural se escogió un cuadernaje mixto. En el proceso de escantillonado, se utiliza el programa Special Service Craft (SSC) de Lloyd's Register, [19], se tomarán una separación de cuadernas de 0.5 metros dada por ABS, [20], y la posición de los mamparos de acuerdo al cálculo de esloras inundables.

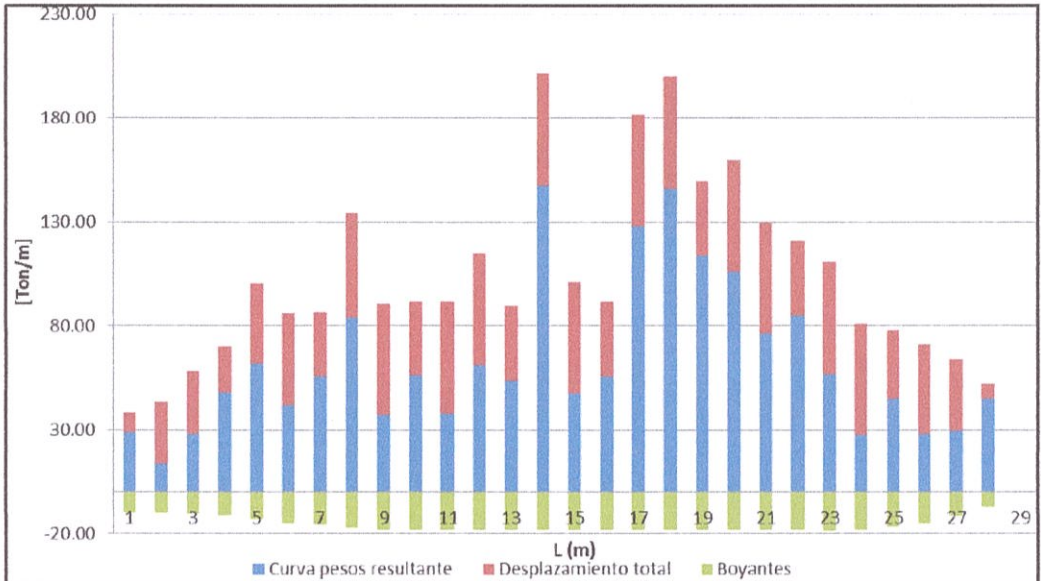
Para hacer uso del programa debemos tener en consideración los siguientes puntos:

- Ingresar la curva de pesos de nuestro remolcador, con esto el programa calcula la distribución de momento flector y cortante.
- Para proceder con el escantillonado es necesario tener el rayado estructural de la embarcación.

Los pesos considerados como carga distribuida corresponden a los pesos de la estructura, maquinaria, carga, etc., y la boyante como su respectiva reacción a lo largo de la eslora. Típicamente la distribución de pesos se la representa por segmentos. Para establecer la curva de pesos se deberá descomponer el total del peso en componentes, estos son estructura del casco, habitabilidad, maquinaria, carga, etc.

A continuación se presenta la curva de peso del remolcar.

Figura No. 21 Curva de Peso Resultantes

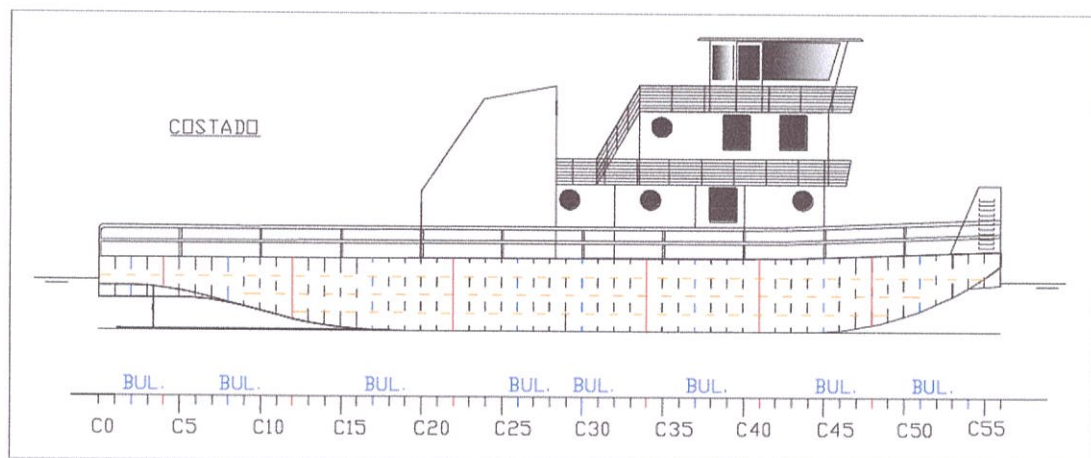


[Fuente: Elaboración propia]

El rayo estructural de costado tendrá las siguientes características (ver Figura No. 22).

- Separación entre cuadernas de 0.5 metros y cuadernas reforzadas (Bulárcamas) cada 2 metros. Sin embargo hay zonas donde no se utilizaron debido a que los mamparos están cercanos entre si.
- Se ubicará 1 palmejar tipo platina en los costados.
- Se ubicará 3 refuerzos longitudinales tipo platina.
- Las razones de aspecto considerada, para el fondo está entre 1:1 a 2:1, para costado 2:1 a 3:1.

Figura No. 22 Rayado Estructural de Costado

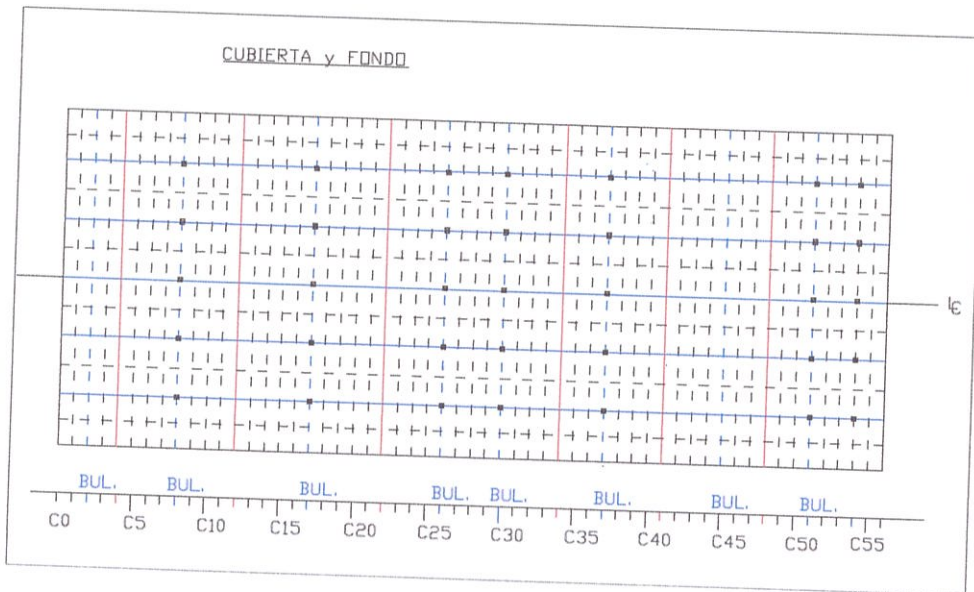


[Fuente: Elaboración propia]

El rayado estructural en el fondo y en cubierta tiene las siguientes características (ver Figura No. 23):

- Para el fondo de la quilla se utilizó un perfil T.
- Cuatro refuerzos primarios laterales, dos en cada banda espaciados 2 metros y el ultimo espaciado del costado 1.75 metros.
- Tres platinas por banda, entre los refuerzos primarios laterales espaciados a un metro de los mismos.
- Los puntales están descritos como punto en la figura siguiente.

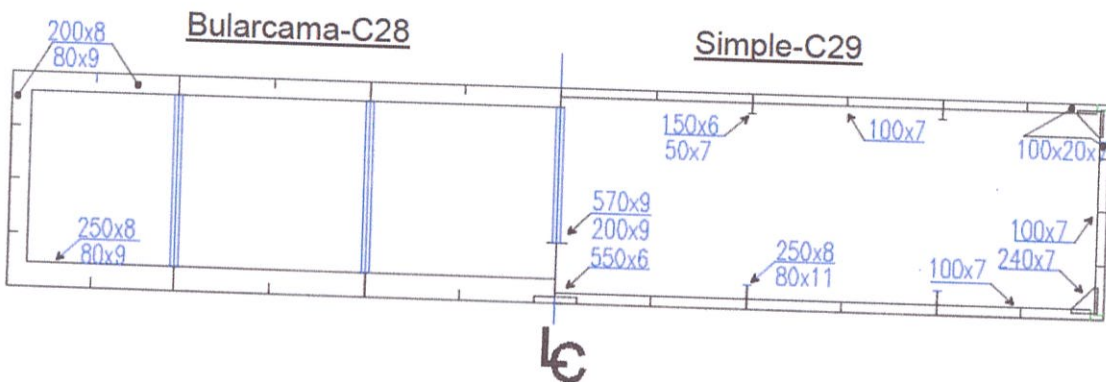
Figura No. 23 Rayado Estructural de Fondo y Cubierta



[Fuente: Elaboración propia]

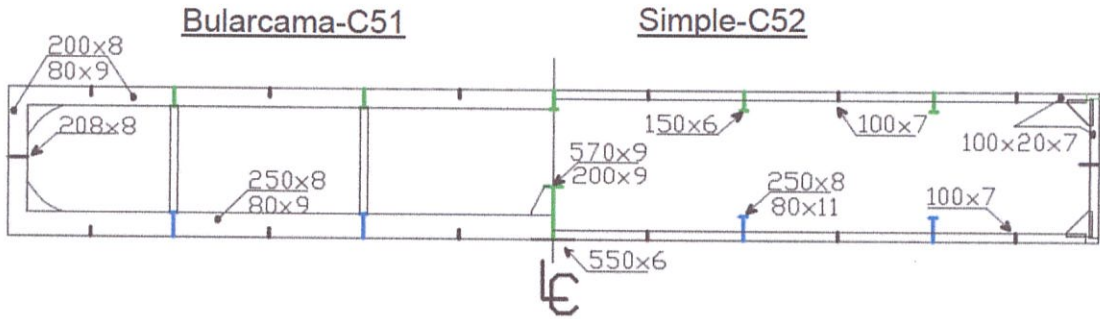
Los resultados obtenidos del escantillado del programa SSC están representados en las tres cuadernas que se presentan a continuación.

Figura No. 24 Cuaderna Maestra, C 28 y C29



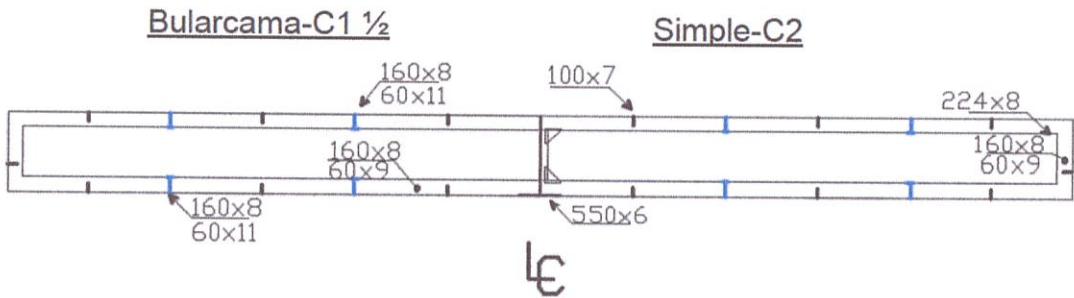
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 25 Cuaderna de proa, C 51 y C52



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 26 Cuaderna de popa, C 1 ½ y C2



[Fuente: Elaboración propia]

Para establecer que nuestro escantillonado satisface con el modulo seccional de la viga buque, DNV, [21], establece que el módulo seccional considerando falla accidental no debe ser menor a:

$$Z_o = \frac{C_{wo}}{f_1} L^2 B (C_B + 0.7) \quad [cm^3]$$

$$\begin{aligned}
 Cwo &= 10.75 - \left[\frac{300 - L}{100} \right]^{\frac{3}{2}} \text{ for } L < 300 \text{ m } [cm^3] \\
 &= 10.75 \text{ para } 300 \leq L \leq 350 \text{ m } [cm^3] \\
 &= 10.75 - \left[\frac{L - 350}{150} \right]^{\frac{3}{2}} \text{ for } L > 350 \text{ m } [cm^3]
 \end{aligned}$$

$f_1=1$, depende del material, en nuestro caso acero normal de resistencia (235 KN/mm²).

Tabla. XXVII Resultados comparativos –SSC

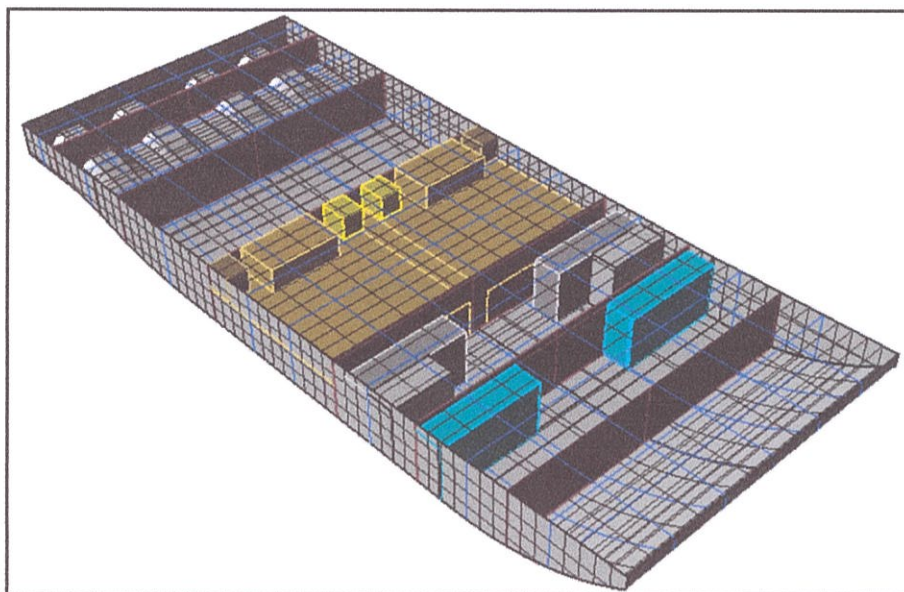
Cwo	6.23		
Zo [cm ³]	7.53E+04	falla accidental	
Zo [m ³]	0.075		
SSC			
Cuadernas	C 28	C 52	C 1 1/2
SM _{cub} (m ³)	0.169	0.116	0.081
SM _{fondo} (m ³)	0.242	0.167	0.085

[Fuente: Elaboración propia]

Los caculos en detalle se presentan en ANEXO G-Cálculo Estructural.

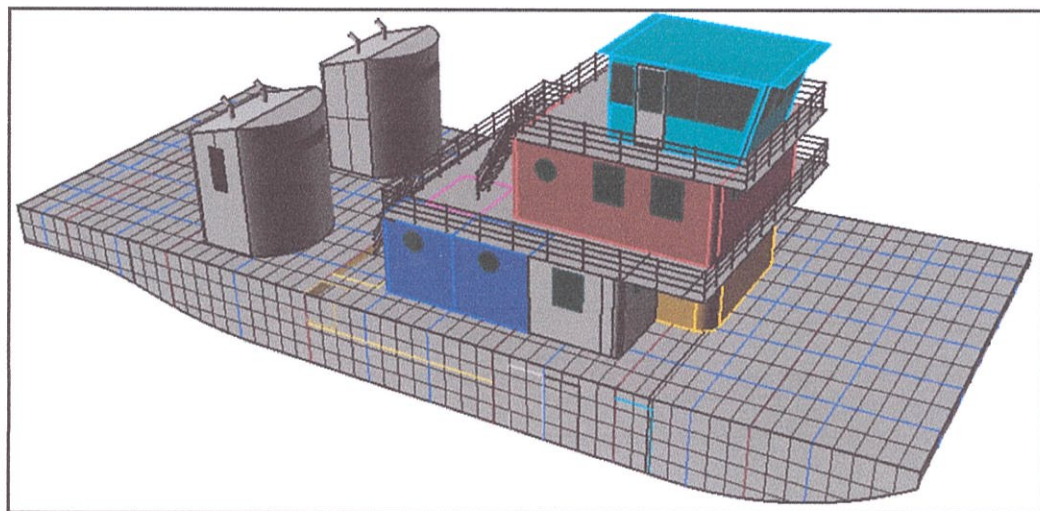
Finalmente se cumplió con los requerimientos tanto del programa SSC de Lloyd's Register como de DNV para los elementos de la estructura, se procedió a modelar la estructura con los refuerzos y planchas en Rhino usando el módulo de Orca para estimar el peso.

Figura No. 27 Modelo Rhino Casco. Estimacion de peso



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 28 Modelo Rhino Caseta. Estimacion de peso



[Fuente: Elaboración propia]

Mientras que para los puntales se presenta la siguiente tabla.

Tabla. XXVIII Resultados de pesos. Puntales

	Cuaderna	Puntales	L(m)	A(m ²)	V _{cu} (m ³)	Peso(ton)
Hacia Popa	C8	Costados	1.08	0.0015	0.003	0.025
		central		0.98		0.0014	0.001	0.011
	C17	Costados	1.72	0.0015	0.005	0.040
		central		1.43		0.0014	0.002	0.016
	C26	Costados	1.72	0.0015	0.005	0.040
		central		1.43		0.0014	0.002	0.016
Soportan Superestructuras	C30 - C37 - Bajo Cubierta	Costados	1.81	0.0044	0.032	0.250
		central		1.81		0.0011	0.004	0.031
	C30 - C37 - 1er nivel	Costados	2.10	0.0032	0.013	0.105
		central		2.1		0.0008	0.002	0.013
	C30 - C37 - 2do nivel	Costados	2.10	0.0006	0.002	0.019
		central		2.1		0.0007	0.001	0.011
C51	Costados	1.42	0.0015	0.008	0.065	
	central		1.35		0.00	0.004	0.030
					Total(ton)	1.254

[Fuente: Elaboración propia]

En la tabla siguiente se presenta el resumen de pesos.

Tabla. XXIX Resumen del Cálculo de Pesos.

Elemento	Peso
Casco + refuerzos + mamparos	
Puntales	1.25
Superestructura	29.80
Aislamiento de Superestructura	14.00
Subtotal	142.18
15% (Escuadras + Soldaduras)	21.32
Total	163.50

[Fuente: Elaboración propia]

Con el programa se obtuvo un peso 88.3 ton y 29.8 ton correspondiente a casco y superestructura respectivamente. Debido que para la estimación de pesos en el casco no se consideró refuerzos de tanques ni de mamparos se agrega 10%, obteniendo 97.13 ton de peso. El peso de acero debido al casco con refuerzos obtenido en las regresiones fue 109 ton, dando 11% de diferencia con el actual calculado.

2.6 Sistemas a Bordo

En esta sección se definirán los equipos y servicios más importantes del remolcador como; equipos de amarre y fondeo, sistemas contra incendios, combustible y achique.

Para establecer los equipos y elementos en los sistemas de fondeo y amarre de la embarcación, se usaran las formulaciones y tablas de DNV, [24], así como también mediante el uso del programa SSC de LR, [19].

2.6.1 Equipos de Amarre y Fondeo

Para establecer los elementos de amarres y fondeo tales como; líneas de amarre, spring, cadenas y anclas, de nuestro remolcador, se realizará por medio del número de equipo según las formulaciones y tablas de DNV, [24].

A continuación se presenta los resultados del número de equipo en la determinación de los elemento de amarre y fondeo.

Tabla. XXX Resultados Finales

DNV		SCC	
ENRemolcador	234.726		229
Equipo	Letra	h	-
Elementos de anclas	Número	1	1
	Masa/ancla(kg)	528	428
Eslabones y cables	L(m)	121	165
	K1[d(mm)]	23.4	24
Líneas de tiro (guía)	Lmin(m)	180	180
	Str.min(kN)	129	161.1
Líneas de atraque	Número	4	2
	L/cu(m)	120	120
	Fuerza.(KN)	64	64.2

[Fuente: Elaboración propia]

Con el peso del ancla se obtiene la potencia necesaria del cabrestante.

Tabla. XXXI Valores y resultados en la estimación del Cabrestante

P(kg):Peso del ancla	528.00
V2(m/min)	5.50
V3(m/min)	10.00
eficiencia del cabrestante	0.60
T. de Ad. Ancla (kg)	1056.00
T. para soltar Ancla (kg)	1056.00
P (Kg): Peso del Ancla en agua	459.36
Roza. En Escoben (kg)	4086.72
T. subida de ancla (Kg)=7.74p	4086.72
Tensión de Izaje(Kg)=4.3 p	2270.40
Prof. Max de fondeo (m)	20.00
Pot. Para soltar ancla (HP)	8.32
Pot. Para Izar ancla (HP)	8.41

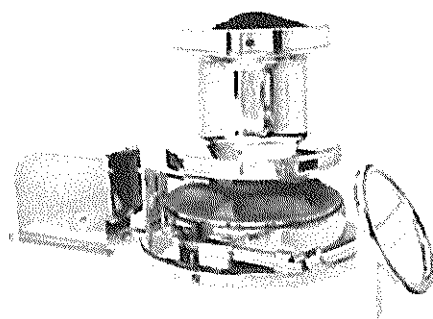
[Fuente: Elaboración propia]

DNV sugiere reducciones para diferentes operaciones de las embarcaciones, como son; peso de ancla, longitudes y números de líneas. Los valores que se presentan en la tabla hacen referencia a valores corregidos debido a la operatividad del remolcador.

Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO H-Sistema a Bordo.

Del resultado de las tablas tenemos las características como son la carga, tamaño de la cadena y velocidad de izado, tirado, para el tamaño de la cadena se establecerá un valor intermedio de los resultado de DNV Y SSC, este valor es 23 mm.

Figura No. 29 Cabrestante Seleccionado



DZC 5000 E
 Electric (380 V AC-50 Hz)
 4300 kg.
 6390 kg.
 15m/min.
 23-26 mm. DIN 766
 19-20 5-22-24-26 mm. Stud-link
 920 kg.

[Fuente: Catálogos de cabrestante DZC 5000E]

2.6.2 Sistema de Combustible

El rendimiento y el correcto funcionamiento del motor dependerán de la correcta selección del sistema de tuberías y accesorios. El sistema deberá

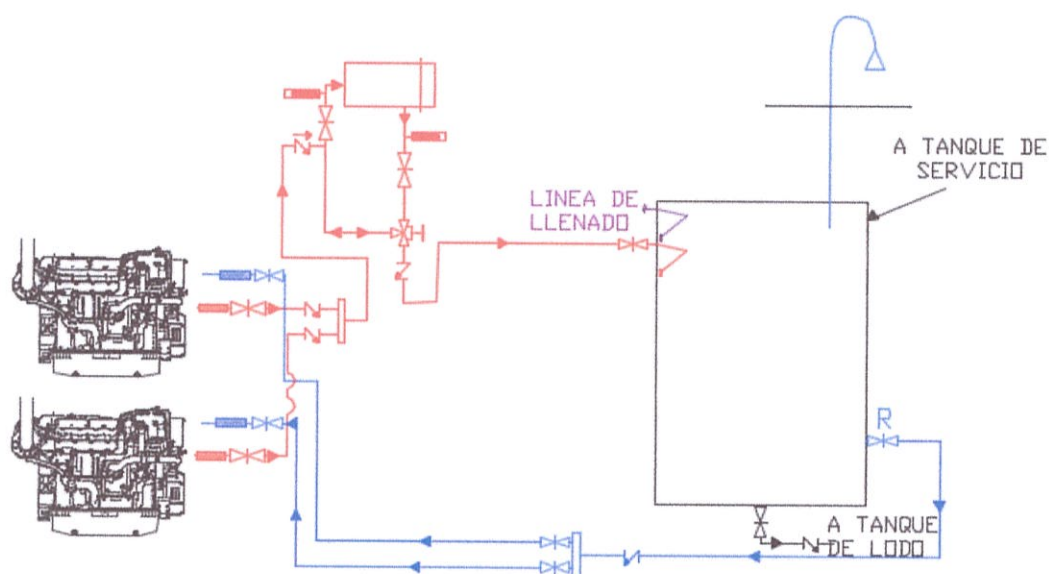
contar filtros para eliminar impurezas de los tanques diarios, se recomienda también el uso de sensores de temperatura.

El sistema de tuberías de combustible y accesorios comprenderá:

- Sistema de combustible de entrega y retorno del motor
- Sistema de llenado y Trasvasije de los tanques de combustible

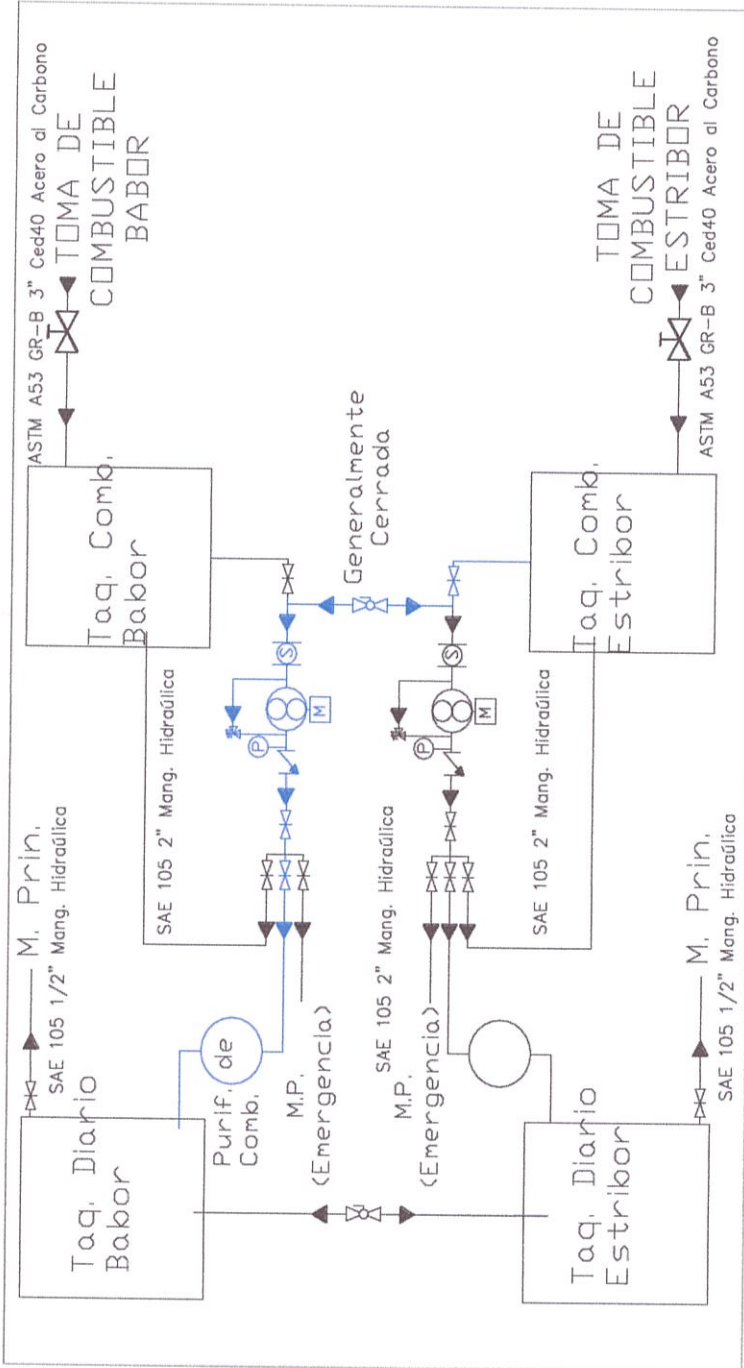
El objetivo de este tema es establecer en base a la configuración del sistema, las pérdidas de presión y flujos requeridos, con la finalidad de escoger los diámetros adecuados.

Figura No. 30 Diagrama Funcional –Sistema de entrega retorno



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 31 Diagrama Funcional-Sistema de llenado y trasvasije



[Fuente: Elaboración propia]

El flujo necesario del sistema es de 65 gpm, de tal manera que cumpla con los tiempos de llenado para evitar calentamientos de combustible. Para estimar la caída de presión se tomará la línea de flujo entre los tanques que presenten la mayor pérdida de presión tanto por tuberías como accesorios. El tramo de color azul que se presentado en la Figura No. 31 , es nuestro recorrido de análisis.

Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO I-Caída de Presión.

Al momento de escoger la bomba basta que cumpla con las condiciones del recorrido analizado, dado que es la que mayor pérdida de presión presenta. En este tramo se aplicaron las formulaciones de Bernoulli vistas en, [25]. Una de la característica que está ligadas a la presión y al flujo de la bomba es la potencia por lo que se procederá a estimarla.

$$Pot(hp) = \frac{Q(gpm)H(feet) * Pesp}{3960 * efi}$$

Tabla. XXXII Características de Bomba Requerida

eficiencia	0.8
P Esp.	0.87
Pot(hp)	1.551
Q(gpm)_diseño	73.026
P(bar)_diseño	2.000

[Fuente: Elaboración propia]

Del fabricante de bombas de desplazamiento positivas, se tomó 2 Bombas blackmer [26], con las siguientes características.

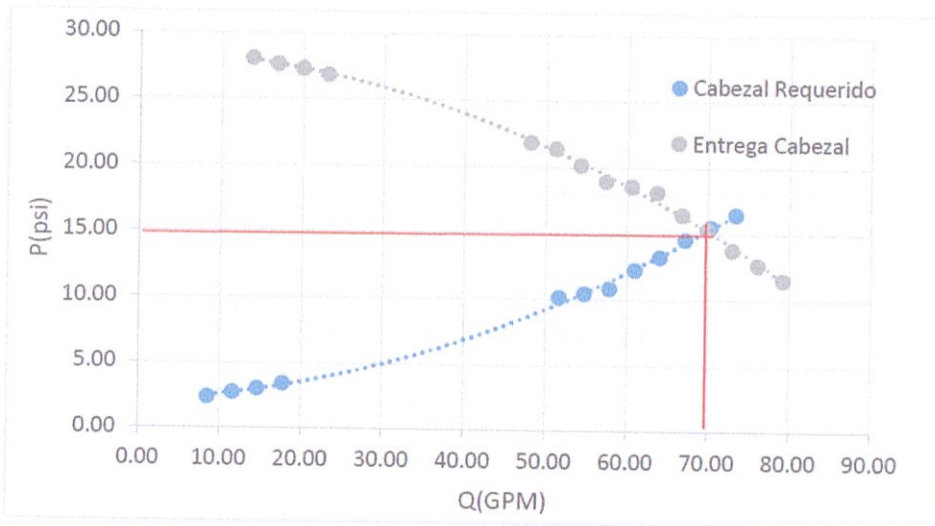
Tabla. XXXIII Características de la Bomba Seleccionada

Bomba	
Marca	Mouvex Blackmer
Modelo	C36i
Potencias max. Hp	1.75
Flujo-trabajo (GPM)	80.00
Presión. (bar)	2.50



[Fuente: Catálogos de bomba Blackmer]

Figura No. 32 Curva del Cabezal entrega y requerido



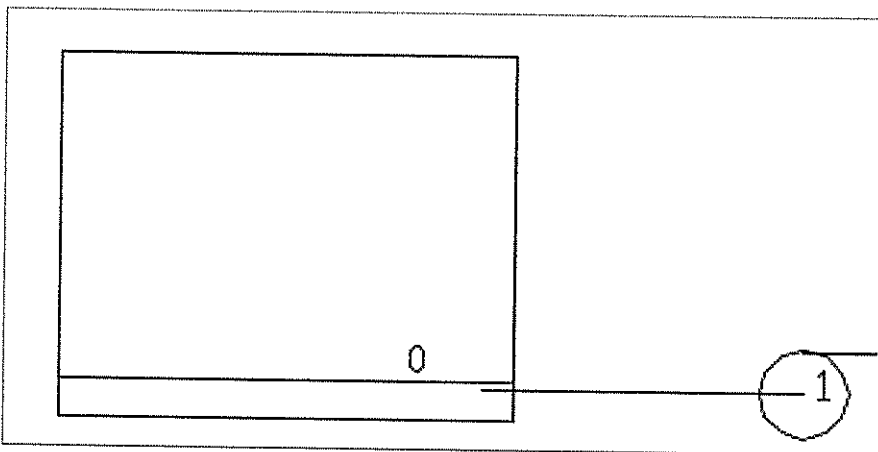
[Fuente: Elaboración propia]

La bomba seleccionada está en capacidad de entregar la presión y flujo requerido como podemos observar en la gráfica anterior. Las características

de la bomba son para máxima presiones y máximo flujo. De la gráfica podemos determinar que la operación de la bomba se efectúa en su máxima eficiencia.

El NPSHA, deberá ser mayor a 2.9 metros de acuerdo al catálogo del fabricante

Figura No. 33 Esquema para el cálculo de NPSHA



[Fuente: Elaboración propia]

$$NPSHA = P_{atm} \pm P_{suc} - P_{fric} - P_{vap}$$

$$P_{atm}(Kpa) = 101.28$$

$$P_{suc}(Kpa) = 0.14$$

$$P_{fric}(Kpa) = 9.23$$

$$P_{vap}(Kpa) = 0.3$$

$$NPSHA = 101.38 + 0.14 - 9.23 - 0.3$$

$$NPSHA = 91.89 \text{ kPa} = 13.32 \text{ psi} = 30.75 \text{ pies} > 9.5 \text{ pies}$$

2.6.3 Sistema Contra incendios

Para el sistema contra incendios se toma los requerimientos dados por SOLAS[28], regla 10 del Cap. II-2, los cuales se resumen en la siguiente tabla.

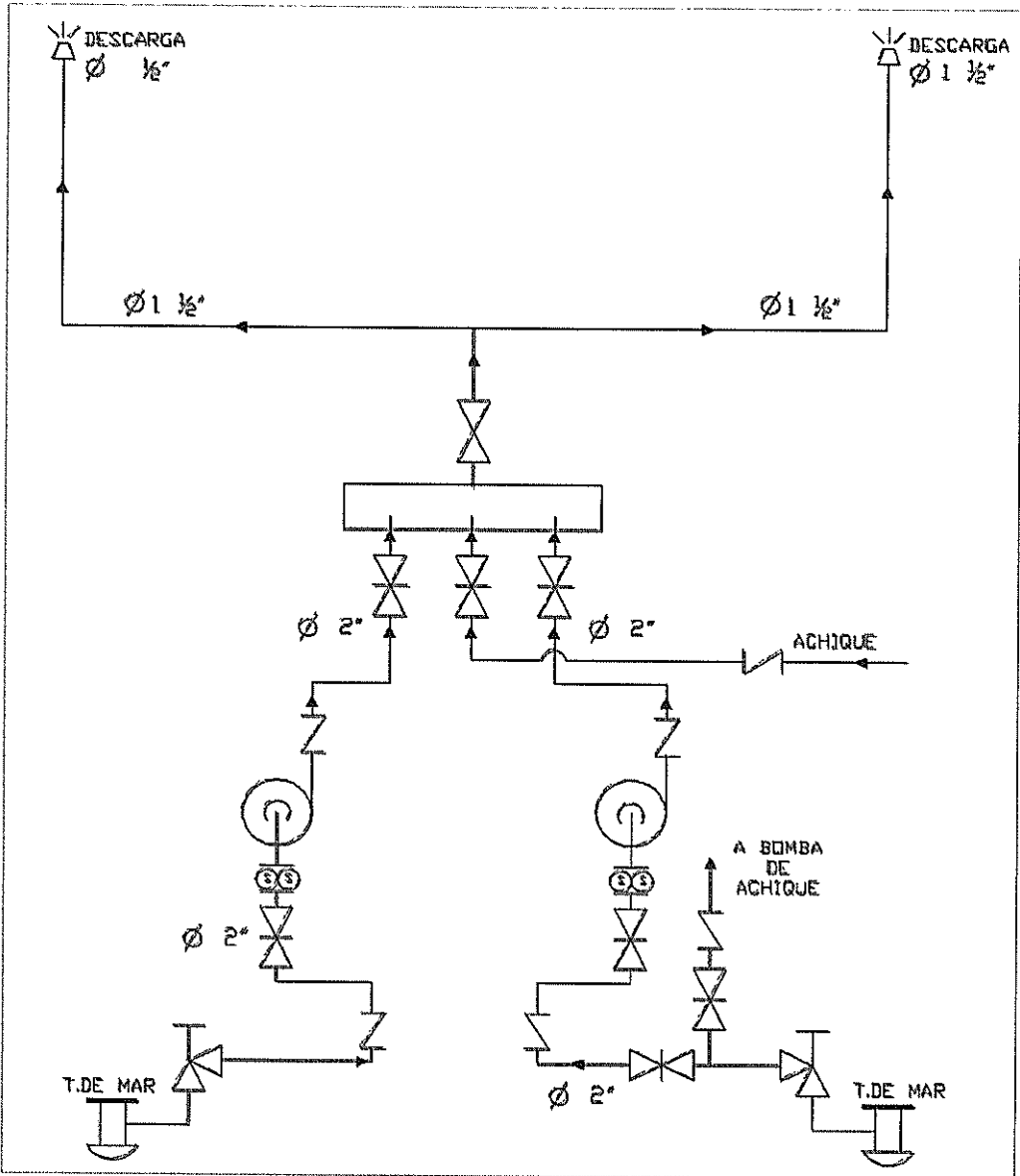
Tabla. XXXIV Capacidad de Bomba contra incendios-Buques menores de 500 TRB

Esloza	Mínima capacidad
Menor que 20 m	5.5 m ³ /h (25gpm)
Entre 20 m y	11.0 m ³ /h (25gpm)
Entre 30.5 y 61	14.3 m ³ /h (25gpm)
Mayores a 61 m	Capacidad Acuerdo con 4-5-

[Fuente: Elaboración propia]

Por lo tanto, la capacidad de la bomba contra incendio para nuestra embarcación es mínimo de 50 GPM.

Figura No. 34 Diagrama Funcional-Sistema Contraincendios

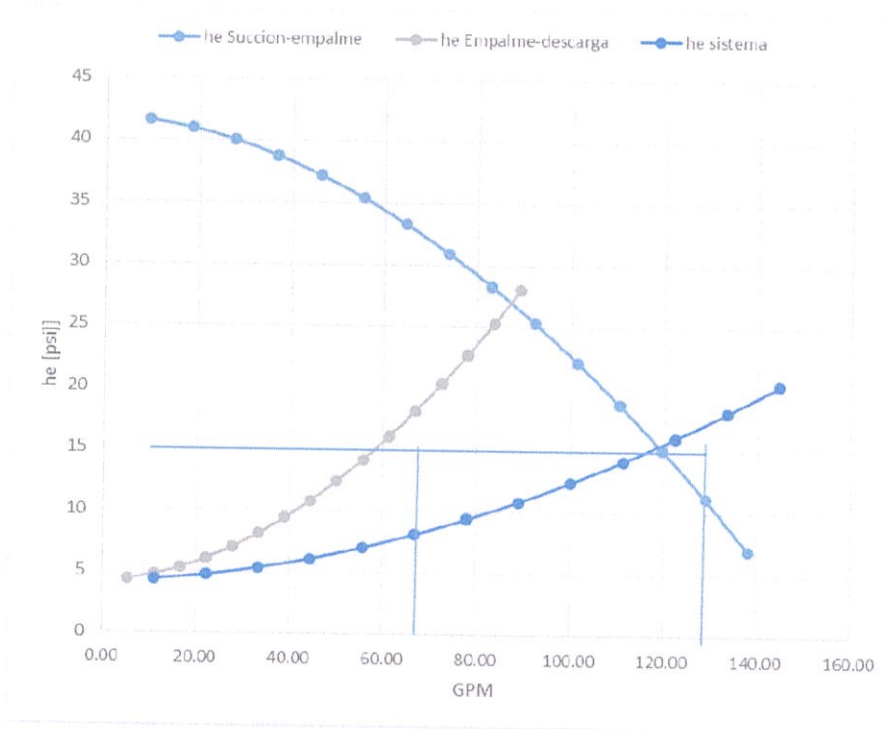


[Fuente: Elaboración propia]

Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO I-Caída de Presión.

Finalmente, los resultados del sistema contra incendios se grafican de la siguiente manera:

Figura No. 35 Equilibrio del sistema



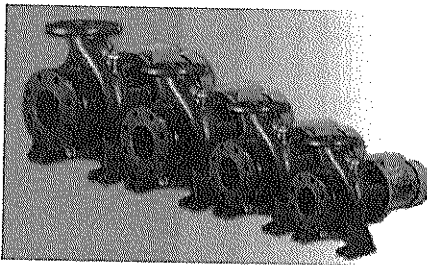
[Fuente: Elaboración propia]

Como podemos observar se necesita una bomba con un flujo por ramal 58 gpm. El cabezal requerido para el sistema con pérdidas es de 40 psi, asumiendo una eficiencia de 0.71 dada por el fabricante de la boba escogida la potencia es:

$$P [hp] = \frac{Q [GPM] * he}{3960 Eficiencia} = 3.66 hp$$

Del fabricante de Bombas Ideal se seleccionó:

Tabla. XXXV Características de la bomba



Bomba	
Marca	Ideal
Modelo	GNI-50/32
Potencia max	5
Flujo	220
P. max(psi)	42

[Fuente: Catalogo de bombas serie GNI]

Se procedió a determinar la velocidad del flujo necesario a la salida del pitón para satisfacer los 12 metros de alcance que recomienda SOLAS y ABS. Para esto se sabe que el flujo de salida del pitón es aproximadamente de 58 GPM.

$$V_{Ox} \sin 45 = V_{Oy} \cos 45 = 6.36 \text{ pies/s}$$

$$V_{Oy} - \frac{1}{2}gt^2 = 0$$

$$t = 0.45 \text{ s.}$$

La velocidad mínima para que cumpla una distancia de 12 metros será:

$$x = V_{Ox}t$$

$$V_{ox} = V_{oy} = 88 \text{ pies/s}$$

Con la velocidad de salida mínima requerida y el flujo se procede a calcular el diámetro mínimo necesario. Se necesita colocar un pitón con un diámetro de 1/2", para así poder satisfacer este requerimiento.

Finalmente se verifica la posible cavitación de la bomba, en el cual se obtuvo un NPSHA de 7.67 psi y el fabricante, [29], proporciona el valor de NPSHR de 2 psi. Por lo tanto podemos apreciar que el NPSH disponible es mayor que el requerido, y nos aseguramos que la bomba instalada no presentará problemas de cavitación.

2.6.4 Sistemas de Achique

Este sistema al igual que los demás goza de gran importancia, ya que en esta ocasión el buque remolcador deberá contar con elementos de bombeo para agotar y bombear cualquier compartimento estanco que no esté dedicado de manera permanente a contener agua, combustible, aceite o cualquier otro tipo de líquido.

Para la seguridad del buque, tanto el Convenio de Seguridad de la Vida en la Mar como el Reglamento de la Sociedad de Clasificación, determinan los medios y sistemas que deben instalarse a bordo para llevar a término dicha operación.

Según la regla 21 del Cap. II-1 del SOLAS[30], en el diseño del sistema de achique del remolcador se debe tener en cuenta que:

- La disposición del sistema de bombeo del agua de sentinas y de lastre será tal que el agua no pueda pasar del mar o de los tanques de lastre a los espacios de carga o de máquinas, ni de un compartimento a otro. Se tomarán medidas para impedir que ningún tanque profundo que tenga conexiones con las instalaciones de achique y lastrado sufra inadvertidamente la penetración de agua del mar cuando contenga carga, o que se vacíe por un ramal de sentina cuando contenga lastre de agua.
- Las bombas para aguas sucias, las de lastrado y las de servicios generales podrán ser consideradas como bombas de sentina motorizadas independientes, siempre que vayan provistas de las necesarias conexiones con el sistema de achique.
- Todas las cajas de distribución y válvulas accionadas manualmente, conectadas a la instalación de achique, ocuparán posiciones que en circunstancias normales sean accesibles.
- Todas las tuberías de aspiración de las sentinas, hasta su punto de conexión con las bombas, serán independientes de otras tuberías.

- Los vástagos de las tomas de mar y de las válvulas de aspiración directa se prolongarán hasta un nivel que rebase claramente el del piso de la cámara de máquinas.

Tabla. XXXVI Diámetros requeridos para ramales de tuberías

Diámetros de ramales de un compartimento			
Compartimento			
C1-Lazareto	c(m)	2.00	
	d bran, mm (pulg)	36.3	1.44
C2	c(m)	4.50	
	d bran, mm (pulg)	42.0	1.67
C3-Sala de Maquina	c(m)	Succión	
	d bran, mm (pulg)	57.5	2.27
C4-Combustibles	c(m)	6.00	
	d bran, mm (pulg)	44.6	1.77
C5-A.Grises,Negras	c(m)	3.50	
	d bran, mm (pulg)	39.9	1.59
C6-A. Fresca	c(m)	3.50	
	d bran, mm (pulg)	39.9	1.59
C7-P. Proa	c(m)	4.00	
	d bran, mm (pulg)	41.0	1.63

[Fuente: ABS]

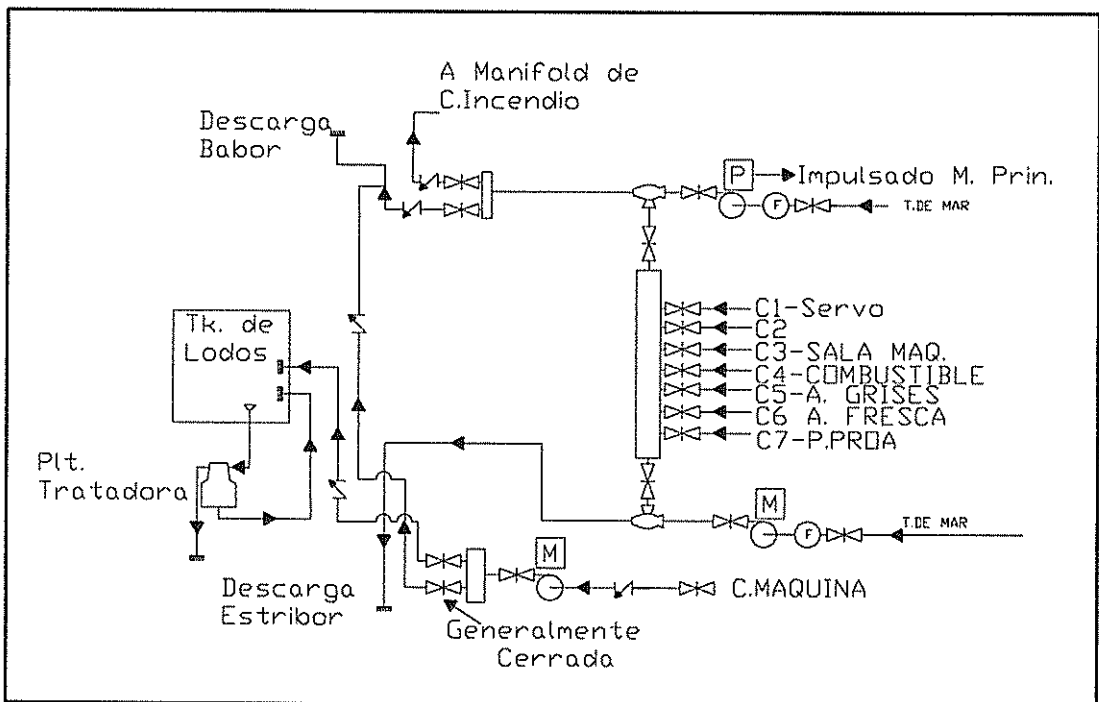
Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO I-Caída de Presión.

Solas, [30], recomienda que toda bomba de sentina motorizada será capaz de bombear el agua a una velocidad no inferior a 2 m/s en el colector de achique. Las bombas de sentina motorizadas independientes, situadas en espacios de máquinas estarán provistas de conductos de aspiración directa en dichos espacios, aunque no se exigirán más de dos de tales conductos en un mismo espacio. Cuando haya instalados dos o más conductos, se dispondrá al menos uno en cada costado del buque. Los conductos de aspiración directa

estarán convenientemente dispuestos y los instalados en un espacio de máquinas tendrán un diámetro no menor que el prescrito para el colector de achique.

El diagrama funcional para el sistema de achique del remolcador, así también con la posibilidad de que una bomba de achique pueda suplir un incendio se presenta a continuación.

Figura No. 36 Diagrama funcional-Sistema de Achique

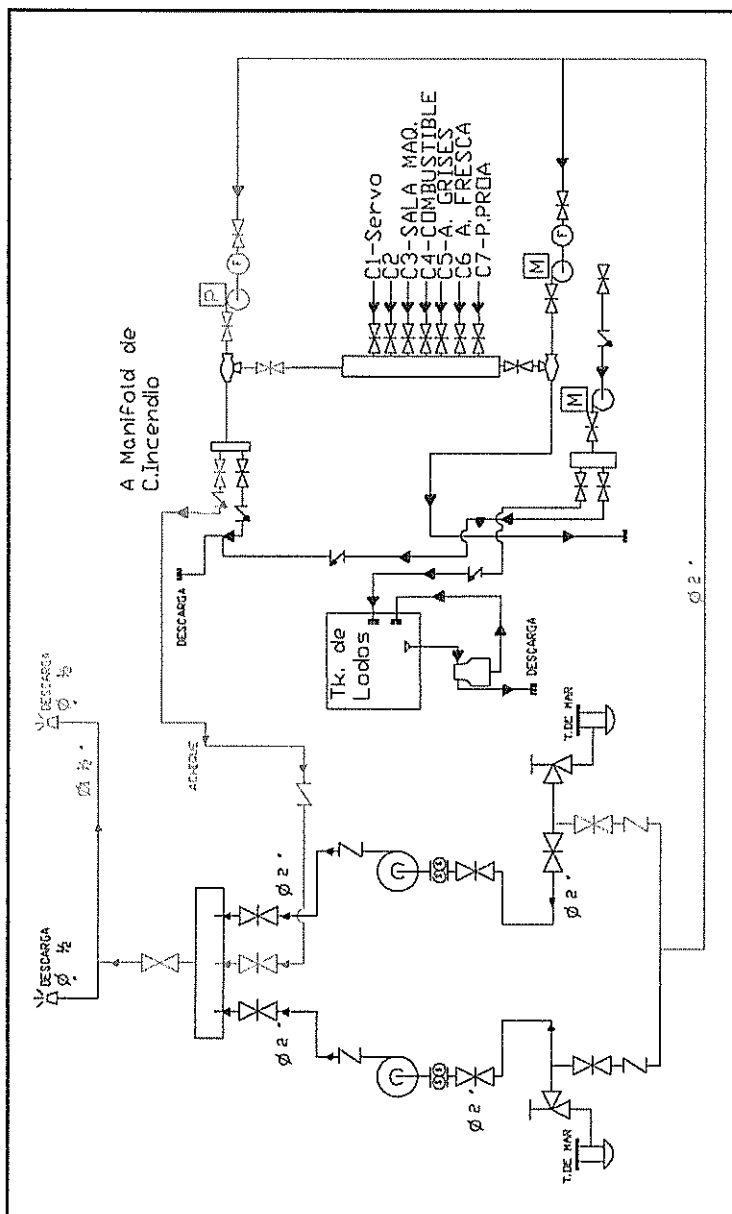


[Fuente: Elaboración propia]

Para el análisis de caída de presión, se escogió entre las siguientes líneas de tubería las mismas que se presentaron en los diagramas funcionales tanto

achique como contra incendio, de ellos se eligió el que presentaría la mayor pérdida e presión. A continuación se presenta en el diagrama funcional del tramo de tubería seleccionado para el cálculo de caída de presión.

Figura No. 37 Diagrama Funcional-Sistema conjunto Achique – C. Incendio



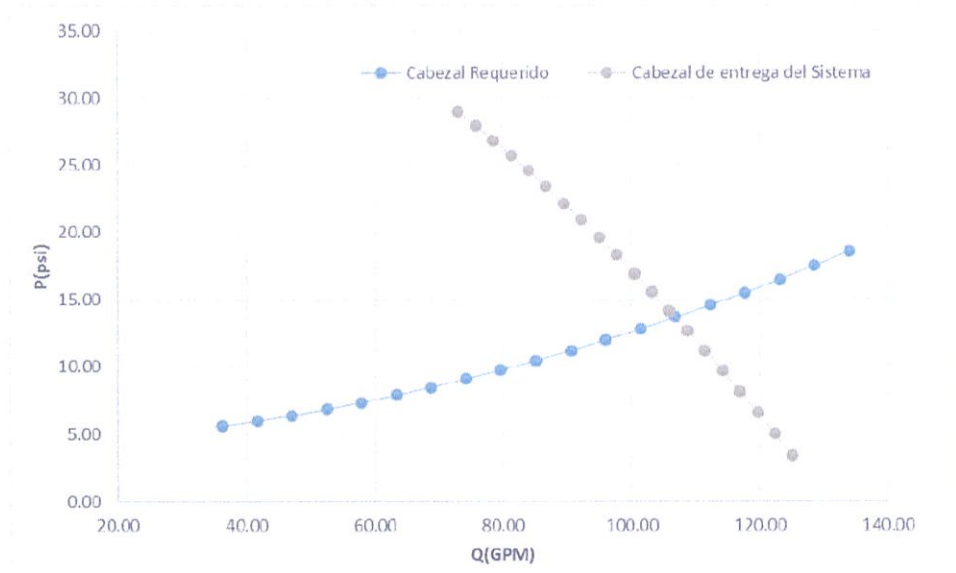
[Fuente: Elaboración propia]

Dado que la bomba de achique a más de ser usada para su fin será implementada como una bomba auxiliar para contrarrestar un incendio, por lo tanto la capacidad flujo según ABS que debe tener nuestra bomba de achique será el mismo o mayor que las bombas contra incendio, es decir 100 gpm.

La velocidad en la tubería contraincendios debe estar por encima de 200 cm/seg según SOLAS[30], además, no se debe exceder de los valores de velocidad recomendados por Marine Engineering[32].

Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente curva.

Figura No. 38 Curva del Cabezal y flujo requerido



[Fuente: Elaboración propia]

En la Tabla. XXXVII se muestra el cálculo de la potencia de la bomba de achiques.

$$Pot(hp) = \frac{Q(gpm)H(feet) * Pesp}{3960 * ef}$$

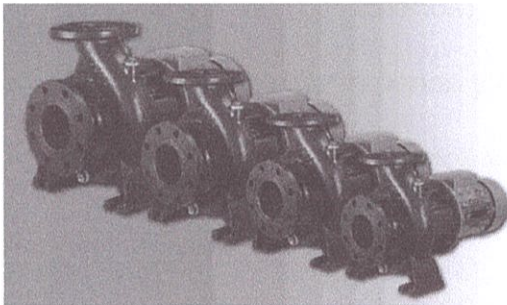
Tabla. XXXVII Características para la selección de la bomba

ef.	0.75
P Esp.	1
Pot(hp)	3.202
Q(gpm)	111.423
P (psi)	15.948

[Fuente: Elaboración propia]

Del fabricante de Bombas Ideal se seleccionó:

Tabla. XXXVIII Características de la bomba



Bomba	
Marca	Ideal
Modelo	GNI-50/26 H
Potencias max. Hp	3.50
Flujo max. (gpm)	184.00
P. max(psi)	28.00
Flujo diseño (gpm)	118.00
P. diseño (psi)	24.00

[Fuente: Catalogo de bombas serie GNI]

La bomba seleccionada tiene un NPSHR 2.27 psi (1.6 m), mientras que el calculado (NPSHA) de 3.78 psi (2.65 m), por lo tanto la bomba no presentará problemas de cavitación.

2.6.5 Sistemas de Agua Dulce

Para el diseño del sistema de agua dulce se ha dimensionado el tanque de abastecimiento de agua dulce, el cual ha sido diseñado para cubrir la demanda de agua para 5 personas en el lapso de 18 días de 10 hora cada día, considerando que una persona consume en promedio 150 lt diarios, se obtuvo un volumen para el tanque de 3603 galones, y, aplicando un margen de seguridad del 10%, finalmente tenemos que el tanque tendrá una capacidad de 4004 galones.

En las descargas tenemos:

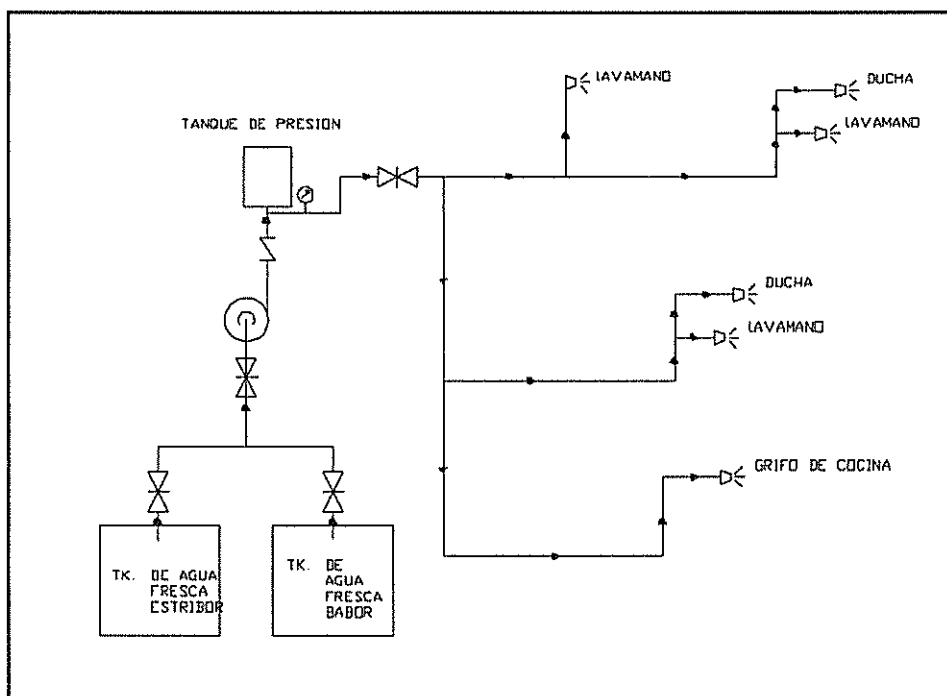
- Cocina(grifo)
- Baño de Visitas (Lavamanos)
- Baño tripulantes (lavamanos y ducha)
- Baño del Capitán (lavamanos y ducha)

Tabla. XXXIX Secciones del buque a analizar

Ubicación	Secciones	Descargas
Cubierta Principal	Baño para	Lavabo y
Superestructuras- 1er	Baño Capitán	Lavabo y
Cubierta Principal	Cocina	Grifo
Cubierta Principal	Baño de	Lavamanos

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 39 Diagrama Funcional- Sistema de Agua dulce



[Fuente: Elaboración propia]

A continuación se presenta un tabla de flujos recomendados para el sistema de agua dulce urbano.

Tabla. XL Descargas Sugeridas

Secciones	Descargas	Flujo (lt/min)
Baño General	Lavabo	10
Baño para	Lavabo y ducha	10 y 12
Cocina	Grifo	10

[Fuente: Elaboración propia]

Tanque de Presión:

Para el cálculo de la capacidad el tanque de presión se ha empleado la siguiente fórmula, [33]:

$$V = 10 * Q$$

Q representa el flujo total requerido en litros a bordo para las descargas antes mencionadas, teniendo por lo tanto:

$$V = 10 * [(4 * 10) + (2 * 12)] = 640 \text{ lt}$$

$$V = 170 \text{ gal}$$

Bomba:

Para obtener una estimación de una bomba generalmente se encuentra de 0.5 – 1.5 hp. Flujo requerido se ha escogido la peor condición de flujo que es 16 gpm.

Tabla. XLI Características de la Bomba

Bomba	
Marca	Flint &
Modelo	C3
Pot. (hp)	0.50
Q max.(gpm)	38 gpm
Cabezal max.	18 psi

"C3"

**[Fuente: Compañía Flint and Walling]**

2.7 Balance Eléctrico

En esta sección se pretende definir de una manera preliminar la instalación de la fuente eléctrica para el buque, la definición de los parámetros que rigen a la planta eléctrica son de manera global, además, se describirán ciertas condiciones de navegación. Los equipos que han sido instalados en la embarcación tales como bombas, ventiladores. También se hará un análisis de iluminación para los espacios cerrados que lo necesiten, estos son fuentes de consumo de energía.

Una vez realizado el estudio podemos describir los elementos principales que constituyen la planta eléctrica del buque, tales como, transformadores, rectificadores, etc.

De manera general existen tres tipos de planta generadoras en la embarcación, como son:

Planta Principal. Está compuesta por dos o más generadores, con capacidad de suministrar energía aun si un generador está fuera de servicio.

Planta de Emergencia. Suele estar constituida por un pequeño grupo de diésel generador o funcionando con un motor principal de la propulsión, este está

diseñado para brindar energía suficiente para equipos de vital importancia en la navegación, en algunas ocasiones para suplir necesidades en puerto.

Planta Transitoria. Estas son baterías recargables, esta funcionan con el objetivo de dar corriente continua para elementos que la necesiten. El uso de estos requiere la instalación de rectificadores.

El tipo de corriente más habitual en una embarcación es alterna, dentro de la corriente alterna se puede elegir distintos niveles de tensión y frecuencia, según UNE 21-135/201 las tensiones son:

1. Tensión de Seguridad: menor a 50 V.
2. Baja Tensión: entre 50 y 500 V
3. Media Tensión: entre 500 y 1000V.
4. Alta Tensión: Mayor de 1000 V.

Las tensiones máximas admitidas por ABS son: Alumbrado Calefacción

Tabla. XLII Máximos Voltajes según ABS[35]

CORRIENTE	FUERZA	ALUMBRADO	CALEFACCION
Alterna	500	250	500
Continua	500	250	500
Alterna Trifásica	500	250	500

[Fuente: ABS]

La tensión que se seleccionará será 480 V con una frecuencia de 60 Hz.

La red de alumbrado, a pesar de que la tensión principal y distribución de la planta va ser la indicada anteriormente, existen muchos consumidores que no la requieren. Se provisionará la configuración de conexión adecuada en la red de alumbrado, estos usan 120 V o 220 v.

En resumen tenemos la Instalación de Fuerza –Alterna Trifásica 480/60Hz y de alumbrado y habitabilidad- Alterna Monofásica-120/220V/60 Hz, y para equipos Electrónicos- Continua- 24 V.

Alumbrado. Se establecerá tres zonas, espacios habitados por tripulación, luces para la navegación y alumbrado exterior. Para la iluminación se usarán dos tipos de lámparas fluorescentes:

Tabla. XLIII Características de las Lámparas Seleccionadas[36]

LAMP FLUORESCENTE	95	Lm/W
POTENCIA CON BALASTO	109	W
LAMP FLUORESCENTE	89	LM/W
POTENCIA CON BALASTO	51	W

[Fuente: Compañía Philips]

Los resultados obtenidos del cálculo de potencia para la Iluminación de habitabilidad es de 3.00 Kw.Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO J-Balance Eléctrico.

Alumbrado exterior. Los proyectores para alumbrado de cubierta son lámparas de vapor de mercurio de alta presión de 1000W cada una.

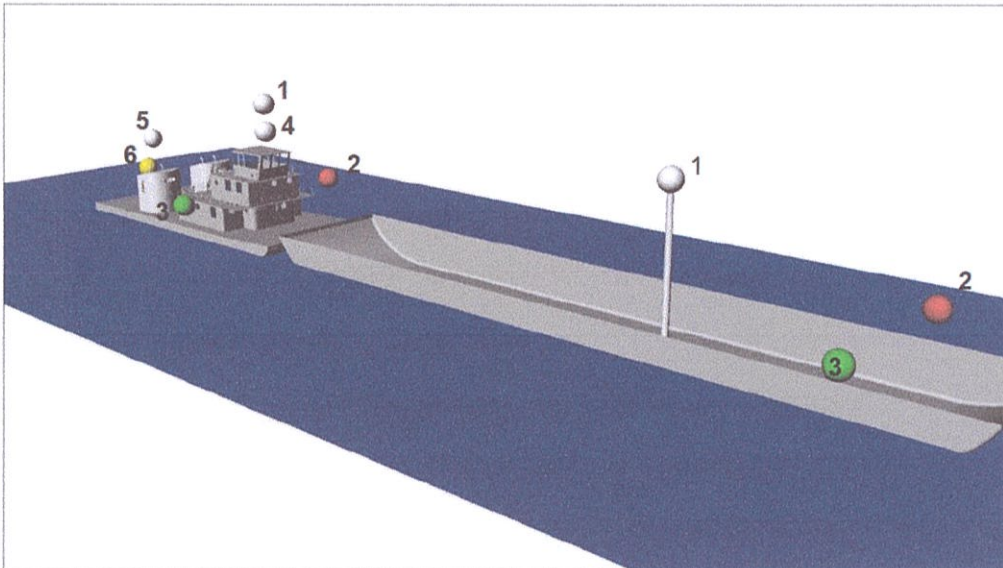
Tabla. XLIV Potencia para el Alumbrado Exterior

Palo Principal Proa	2x1000w
Palo Principal Popa	4x1000w
Cubierta de Trabajo	3x1000w
Chimenea	1x1000w
Total	10 KW

[Fuente: Elaboración propia]

Navegación. De manera general se ha establecido según normas mencionadas en el Libro de Electricidad Aplicada para Buques, [39], los siguientes aspectos para la Navegación.

Figura No. 40 Configuraciones de luces según, [37]



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XLV Alumbrado para la Navegación

UBICACIÓN	COLOR	Pot/c(w)	#	Pot(w)
1.Tope de Proa x2	Blanca	60	2	120
2.Babor x2	Roja	60	2	120
3.Estribor x2	Verde	60	2	120
4.Luz de alcance	Blanca	60	1	60
5.Popa	Blanca	60	1	60
6.Popa	Amarillo	60	1	60
TOTAL(w)				540

[Fuente: Elaboración propia]

Finalmente una vez establecido la potencia necesaria para la iluminación de la embarcación, nuestro remolcador tendrá que contar con la potencia necesaria para alimentar a más de la iluminación a todos los consumidores que dependen de él.

Ya que los equipos no siempre están en funcionamiento, se ha realizado una estimación de potencia en las diferentes condiciones de navegación.

- M1: Maniobra en Puerto
- M2: Empujado
- M3: Salida de Puerto
- M4: Emergencia de Incendio

A continuación se presentan los resultados obtenidos en las condiciones descritas.

Tabla. XLVI Resultado totales en las condiciones de operación

	Maniobra	Empujando	Salida	Emergencia
Σ (HP)	39.87	45.66	46.76	37.27
% 5 de	1.99	2.28	2.34	1.86
TOTAL(Hp)	41.87	47.95	49.09	39.14

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XLVII Resumen de Datos para la Selección de la Planta Eléctrica

TOTAL GENSET Max	58.89	hp
	43.95	kw
	54.93	Kva
TOTAL GENSET Min	39.11	hp
	29.19	kw
	36.49	KVa
TENSION	220	VAC
FASE Φ	1	

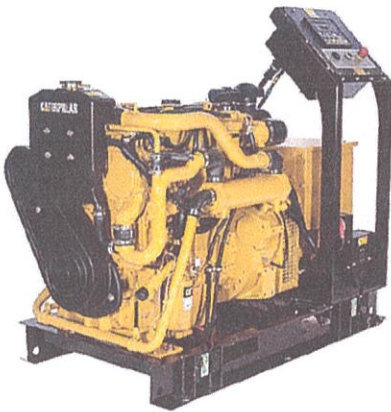
[Fuente: Elaboración propia]

Los caculos en detalle se presentan en el ANEXO J-Balance Eléctrico.

Generador principal

En la tabla anterior se presenta los datos para la selección del generador. Los generadores serán dos para suplir la demanda principal y uno en caso de emergencia. En la selección del generador se consideró un margen por envejecimiento y margen de funcionamiento de 20% es decir que el generador a seleccionar debe ser mayor o igual 54.9 Kva.

Tabla. XLVIII Características del Generador Principal, [38]



Características	
Modelo	C4.4 Marine Genset
Numero de polos	4
Consu. Combustible (100%)	4 gal/h
Potencia-Prime	55 kva
Voltaje	480 V
Frecuencia	60 Hz
Fase	3

[Fuente: Compañía Caterpillar, Generadores]

Generador de emergencia

En la tabla del balance eléctrico para la situación emergencia debemos suplir con 36 Kva aproximadamente, dado que es un evento de emergencia se dispondrá de otro generador de las mismas características, el cual nos indica que puede operar desde 16 Kva hasta 55 Kva sin problemas.

2.8 Análisis de resultados obtenidos en el diseño preliminar

El desplazamiento calculado en la etapa conceptual aumento de 364,50 ton a 389,40 ton debido al aumento de potencia y consumo de combustible en aguas restringidas.

En la parte de estabilidad se cumplieron las 4 condiciones de cargas impuestas, con una buena distribución de pesos se obtuvo un asiento en popa de 0.22 metros lo cual garantiza que la hélice se encuentre por debajo de la línea de flotación.

Se seleccionaron cuatro motores Cat 18, los que poseen una potencia al freno de 600 Bhp y así cumplir con la potencia calculada para la condición extrema de trabajo, para la selección de la hélice óptima se verificó el empuje requerido por el conjunto remolcador-barcaza, se seleccionó una hélice Kaplan con tobera A19 de 1,12 metros de diámetro ofrece un empuje de 52 KN.

El cálculo estructural se lo realizo mediante el programa SSC de Lloyd's Register, y se lo comparó con los requerimientos de DNV, obteniendo un peso de casco y superestructura de 88.3 ton y 29.8 ton respectivamente.

Del balance eléctrico en cuatro condiciones de operación se obtuvo que la planta eléctrica debería generar 54.9 kva, por lo cual se selección dos plantas generadorar Caterpillar C4.4 de 55 Kva.

CAPITULO 3

DISEÑO DEFINITIVO

Metodología aplicada. Esta etapa del diseño involucra la optimización de ciertos grupos tecnológicos tales como; formas, estructura, propulsión y gobierno. Ciertos aspectos de la embarcación poseen muchas variables de diseño, por lo que se hace complicado el proceso de optimización. Como solución de este conflicto ciertos componentes del Remolcador Fluvial sean previamente calculados, y formen parte de la optimización global como valores y variables pre asignados.

En el primer punto de este capítulo se desarrolla la distribución y habitabilidad en la embarcación, este componente presenta gran variabilidad e independencias de variables de diseño. Por lo que se ha calculado valores importantes tales como el peso y centroide de Superestructuras, mismos que influencia directamente en la estabilidad del Remolcador fluvial, por ende en

la optimización de formas. Este proceso se lo ha desarrollado manualmente tratando dimensionar y seleccionar elementos que cumplan con normas y generen menos costos de material y mano de obra.

La optimización de este proyecto está ligada mayormente a la minimización de costos.

3.1 Distribución de Habitabilidad y Confort

En este subcapítulo se describen los espacios adecuados, niveles de ruidos y diseño para la habitabilidad de la tripulación, de manera que estos aspectos sean confortables y estén bajo normas IMO.

Los resultados que se obtengan en el proceso formarán parte de la integración global de la embarcación como un valor constante. Los datos que se obtengan serán de vital importancia al momento de realizar la optimización e integración con el proceso de estabilidad transversal, formas y dimensiones, ya que contaremos con los pesos, y centroides reales, que para nuestro caso será la superestructura y el material aislante.

Los puntos que se tomaron en consideración son:

1. Dotación Mínima, según normas del Ministerio de Transporte, [40].

2. Espacios de habitabilidad, según ILO (International Labour Organisation) del apartado Maritime Labour Convention, aplicada por ABS, [41].
3. Aislación Térmica, según SOLAS[42].
4. Aislación Acústica, según la IMO.

Dotación Mínima

La dotación será para el mínimo de tripulantes a bordo que estarán en nuestro remolcador, para cumplir con las normas del Ministerio de Transporte, el cual estipula en el artículo 86.

Tabla. XLIX Dotación para el Remolcador[40]

DOTACIÓN MINIMA	
Capitán o Patrón de alt.	1
Marinero Timonel	1
Marinero Motorista	1
Marinero Motorista	1
Marinero de cubierta	1
Marinero de cubierta	1
Marinero Aceitero	1
Marinero Maquinista	1
Oficial Electricista	1
Jefe de Máquina	1
# Subtotal	10
Cocinero	1
Administrador	1
Total de Tripulantes	12

[Fuente: Subsecretaría de puertos]

Hay que recordar que inicialmente se partió con 9 tripulantes, debido a la potencia del motor establecida era necesario un motorista por lo que llegamos a 10 tripulantes, finalmente, dado a la necesidad de un cocinero y un administrador, el número de tripulantes será 12 tripulantes.

Espacios de Habitabilidad

Tomando en cuenta los espacios que serán necesarios como baños, bodegas, etc., se adecuará un espacio mínimo para cada elemento en cuestión, con la finalidad de minimizar los pesos de superestructuras o Grupo 500. Los espacios establecidos según normas ILO, [41] con la tripulación tenemos:

Tabla. L Espacios Requeridos

COMPARTIMENTO	Área	Área Mínima-
	m ²	m ²
Comedor x 12 pers.	23.63	18
Cuarto de Tripu 1x 4 pers.	14.43	14.4
Cuarto de Tripu 2x 4 pers.	15.75	14.4
Puente de Gob.	18.96	11.22
Capitán o Patrón de alt.	7.62	7.5
Oficial Electricista	7.62	7.5
Jefe de Máquina	7.62	7.5
Administrador	7.62	7.5
Cocina	14.79	13.43
Baño 1	2.23	0.75 área libre
Bodegas de insumos	4.81	4.43
Climatización	24.79	-
Lavandería	1.61	-
Cto. Limpieza	1.24	-
Torres de Gases de escape	13.78	-
Área Total	166.50	

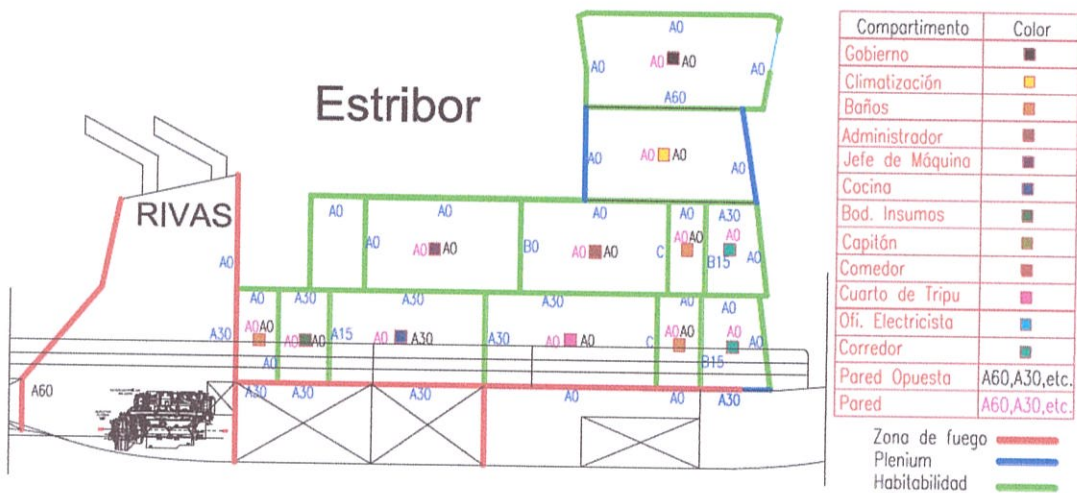
[Fuente: Institute Labor Organization y ABS]

De la misma manera se aplicó las normas para establecer las inclinaciones de escaleras, espacios de pasillos, alturas de pasamanos, etc., recomendadas por ABS. Para una mayor apreciación de la distribución de la habitabilidad en anexos se presentan los esquemas de cada cubierta.

Aislamiento Térmico y Acústico

Los aislamientos términos térmico y acústico van de la mano ya que el primero a más de brindar aislación térmica podría dar aislación acústica. Por lo que en primer lugar se determinará qué tipo de aislamiento térmico es el apropiado según SOLAS, [42], según el espacio en cuestión, luego debemos comprobar si el aislamiento calculado es suficiente para aislar el ruido según las normas dadas por ABS-ISO, [43]. En la siguiente figura se muestra el aislamiento térmico según solas.

Figura No. 41 Esquema de Aislación Térmica según solas[42]



[Fuente: Elaboración propia]

Los cálculos y tablas en detalle se presentan en ANEXO K-Dotación Mínima y Confort recomendadas por SOLAS.

En la Tabla. LI se presentan los niveles de ruido que estable ABS-IMO, [41].

Tabla. LI Niveles de ruido aceptables

Espacio	Ruido
Puente de Gob.	65
Comedor	65
Capitán o Patrón de alt.	60
Oficial Electricista	60
Jefe de Máquina	60
Administrador	60
Cuarto de Tripu 1	65
Cuarto de Tripu 2	65
No Especif.	90
Bodegas de insumos	75
Lavandería	75
Baños	65

[Fuente: IMO]

Para realizar este análisis hay que tener en cuenta diferentes fuentes de posible ruido, tales como, la salida de los gases de escape del motor, la aspiración de aire para sala de máquinas, compresores, generadores, motor principal, etc. Dado que el proyecto tiene un alcance académico, se procederá a tomar en cuenta el nivel de ruido producido principalmente por los motores principales y generadores.

Para establecer el nivel de reducción de ruido por los mamparos o cubiertas de la superestructura es necesario conocer el espesor de los mismos, por lo cual, se utilizó el programa SSC para estimarlos. Los cálculos en detalle se presentan en ANEXO K-Dotación Mínima y Confort en la sección de Superestructuras obtenidos con SSC.

Si los niveles de ruido no cumplen con los requerimientos de IMO se procede a seleccionar el material aislante dado por [44], con la finalidad de reducir el ruido a los niveles recomendados.

Los resultados obtenidos se presentan en el siguiente resumen.

Tabla. LII Resumen de resultados. Aislamiento Acústico

COMPARTIMENTO	Fuente dBA	Nivel de dBA	Ruido dBA
Comedor	112.43	64.83	<65 by IMO
Cuarto de Tripu 1	107.95	63.29	<65 by IMO
Cuarto de Tripu 2	107.95	62.47	<65 by IMO
Compartimento	112.30	69.53	<75 by IMO
Compartimento	121.89	79.13	<90 by IMO
Puente de Gob.	107.32	61.95	<65 by IMO
Capitán o Patrón de	107.68	61.95	<60 by IMO
Oficial Electricista	108.50	58.36	<60 by IMO
Jefe de Máquina	108.92	58.78	<60 by IMO
Administrador	107.85	59.98	<60 by IMO
Cocina	108.92	62.74	<65 by IMO
Baño 1	112.43	64.19	<65 by IMO
Bodegas de insumos	111.01	71.22	<75 by IMO
Climatización	107.50	71.52	<75 by IMO
Lavandería	107.44	67.86	<75 by IMO
Cto. Limpieza	107.43	67.85	<75 by IMO

[Fuente: Elaboración propia]

Los cálculos en detalle se presentan en ANEXO K-Dotación Mínima y Confort en la sección de Aislación Acústica.

3.1.1 Cálculo de peso de la Superestructura

Usando los planos de la distribución de la superestructura, espesores de plancha de acero, y conociendo el material y las paredes que se aislarán. Los resultados obtenidos fueron los siguientes.

Tabla. LIII Resultados de Peso de Casetas y sus Centroides

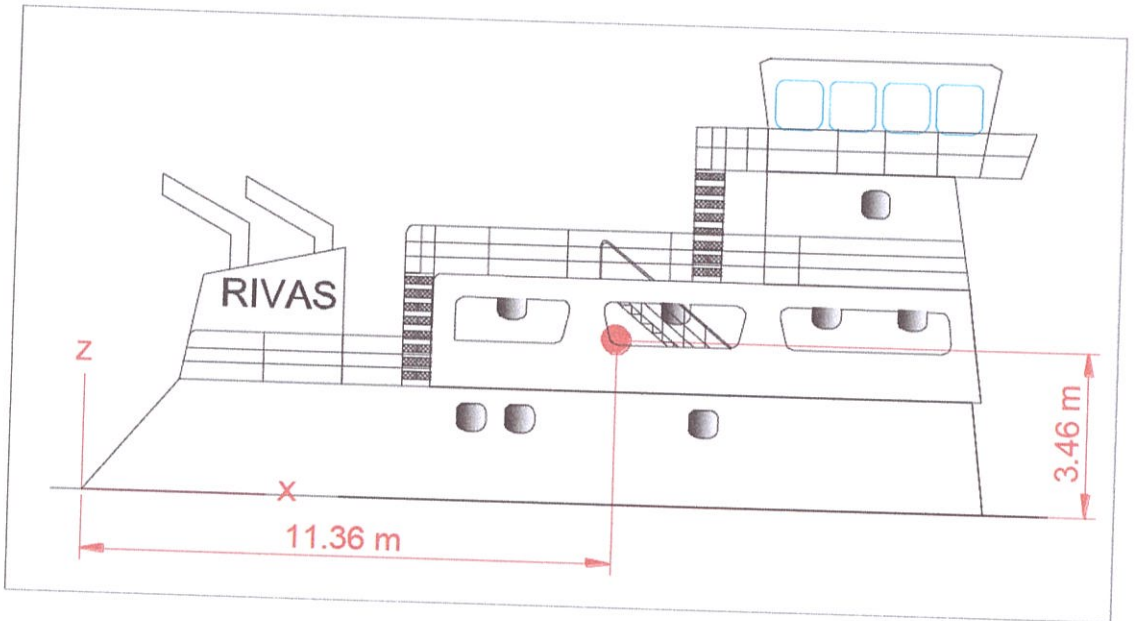
i	Peso (ton)	Mom x(ton)	Mom x(ton)
Acero	22.57	259.42	78.74
Confort	11.65	129.32	39.72
Total	34.22	388.74	118.46

Xg(m)	11.36
Zg(m)	3.46

[Fuente: Elaboración propia]

Los cálculos en detalle se presentan en ANEXO K-Dotación Mínima y Confort en la sección de aislamiento acústica.

Figura No. 42 Vista en Perfil de la Superestructura y centroide



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LIV Resultados de Costos de Aislante

Area(m ²)	653.92
Area(ft ²)	7035.15
Ancho_Material(pies)	4.50
Aislante necesario (pies)	1563.37
\$/pie	US\$13.32
Precio del aislante, [45]	US\$8,710.23

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LV Comparación de resultados

	Diseño Preliminar	Diseño Final	%
Peso Acero(ton)	13	22.57	73.63%
Peso Aislante	Indirect.	11.65	--
Peso Total (ton)	19	34.22	80.13%
Total Costo	US\$70,200.00	US\$121,571.82	73.18%

[Fuente: Elaboración propia]

3.2 Dimensiones y Formas Definitivas

Para la selección de las dimensiones definitivas, se procedió a optimizar la función objetivo costo, la cual está sujeta a diferentes restricciones, tanto de diseño, operación, estabilidad y velocidad.

Los criterios de estabilidad hacer cumplidos son los generales dados por la guardia costera de Estados Unidos, [47], subcapítulo S, parte 174, también los criterios de la NSCV, [48], y los criterios meteorológicos.

La capacidad de carga es un requerimiento del armador y debe ser menor o igual 10000 toneladas y se consideró un diámetro de giro máximo de 4 veces la longitud total del sistema remolcador-convoy de barcazas.

Para el proceso de optimización se estableció como valores iniciales las dimensiones obtenidas en el diseño preliminar, se calcula el peso de acuerdo a las formulaciones presentadas, [49] y [50].

Función Objetivo

$$\text{\$Casco} = \frac{\text{Costo}}{\text{Tonelada}} * \text{Peso del Casco[ton]}$$

$$W_{\text{casco}}[\text{ton}] = 0.15 * LBD$$

$$\text{\$}_{\text{casco}} = \$750 * LBD$$

Restricciones

- **Restricciones de Diseño:** Se modificó los perfiles de proa, con ayuda de la información presentada en, [51], en ella se presenta resultados de resistencia al avance para diferente formas de perfiles, se selección el perfil BA, el cual consta de un pantoque redondo de media pulgada y una inclinación de 20 ° en la proa.
- **Condiciones de Operación:** Se selección la menor profundidad de la zona de navegación 1.7 metros y el convoy de barcazas será de no menos de 7x3 barcazas.
- **Capacidad y Carga:** Se mantendrá la carga solicitado por el armador, $Dw \leq 10000$ toneladas y el $DT/L \text{ total} \leq 4L \text{ total}$.
- **Estabilidad:** Se consideran los criterios generales.
 - Valor de GZ a 40 grados > 0.055 Rad-m.
 - Valor de GZ entre 30 y 40 grados > 0.03 Rad-m
 - Angulo de máximo Valor de GZ ≥ 20 grados

- Valor de $GZ \geq 0$, para ángulos de 60 grados.

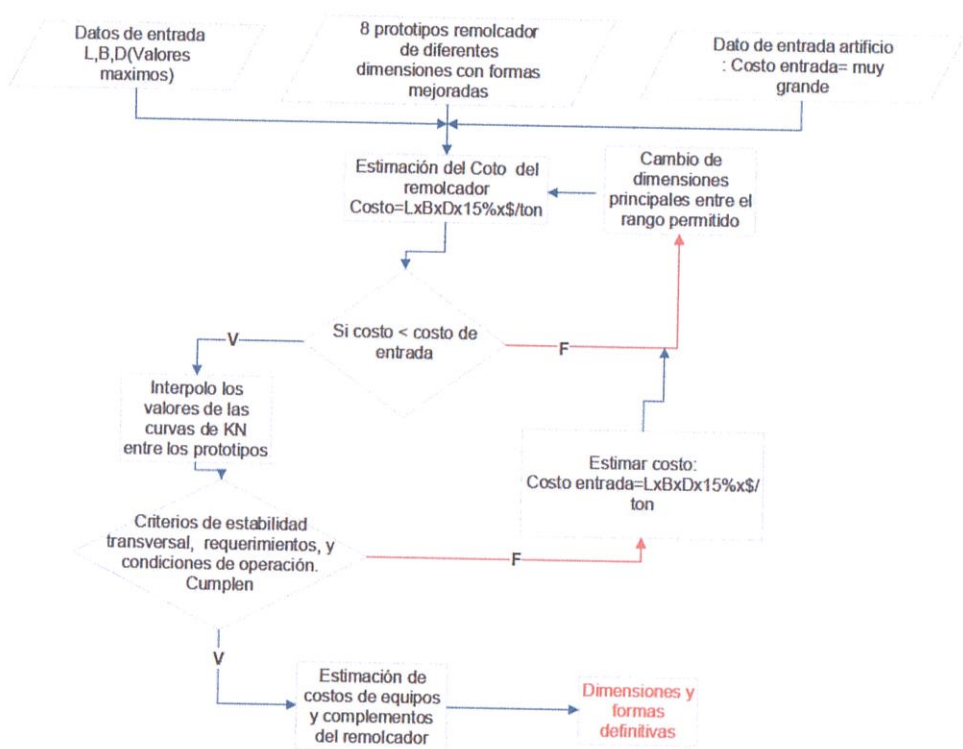
Y los criterios específicos para su uso y operación.

- Mínimo valor de GM, a $\theta=0$,
- Rango de Estabilidad positiva, $\theta_2 - \theta_1 \geq 40$ *grados*,
- $A_{Residual}(\theta_1 - \theta_2) \geq 0.61$ m.grados,
- Tirón de la línea de remolque, $A_{(Residual\ 0-40)} \geq 1.03 + 0.2 A_{(GZ\ 0-40)}$ m.grados,
- Criterio meteorológico, $\theta_1 \leq 0.6\theta_{GZ\ max}$ y $A_1 \geq 1.4A_2$.

Metodología de optimización de Dimensiones y Formas definitivas

El proceso de optimización fue implementado en Excel, con la ayuda de la herramienta Solver la cual determina valores máximos y mínimos de una función objetivo. A continuación se presenta el diagrama de flujo aplicado a la optimización de dimensiones y forma del Remolcador Fluvial.

Figura No. 43 Diagrama de flujo de la optimización de dimensiones



[Fuente: Elaboración propia]

Para obtener las dimensiones principales de los remolcadores prototipos se varió el puntal tomando como máximo valor el del diseño preliminar y el

mínimo el calculado por el convenio de Líneas de Carga, el calado permanecieron constantes, las dimensiones se presentan a continuación.

Tabla. LVI Dimensiones de Remolcadores prototipos para evaluación de Estabilidad

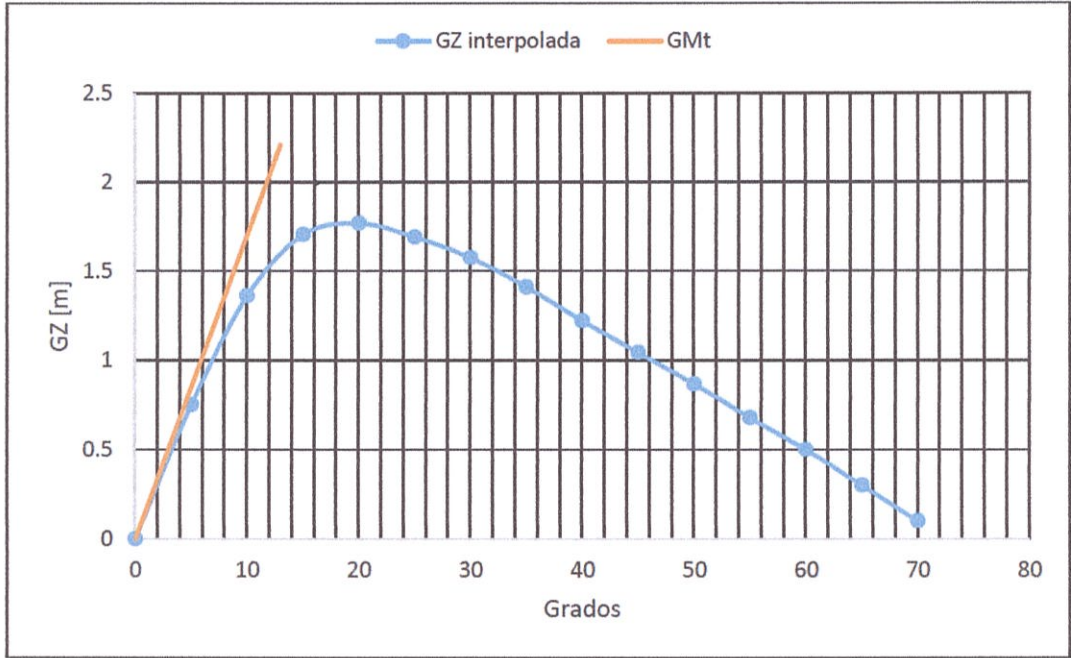
Remolcador	L(m)	B(m)	D(m)	T(m)
1.1.1	28	10	2.26	1.2
2.1.1	28	10	1.73	1.2
1.2.1	28	14	2.26	1.2
2.2.1	28	14	1.73	1.2
1.1.2	36	10	2.26	1.2
2.1.2	36	10	1.76	1.2
1.2.2.	36	14	2.26	1.2
2.2.2	36	14	1.76	1.2

[Fuente: Elaboración propia]

Resultados

Para cada dimensión propuesta en la Tabla. LVI, se calcularon los valores de KN, KG y GZ, siendo las dimensiones de eslora 28 metros, manga 10.87, puntal 2.06 y calado de 1.2 metros las que satisficieron todos los criterios de estabilidad, los resultados obtenidos se muestran en las figuras 45, 46, 47, y las tablas 58, 59, 60, 61.

Figura No. 44 Curva GZ, Criterios generales. Max carga



[Fuente: Elaboración propia]

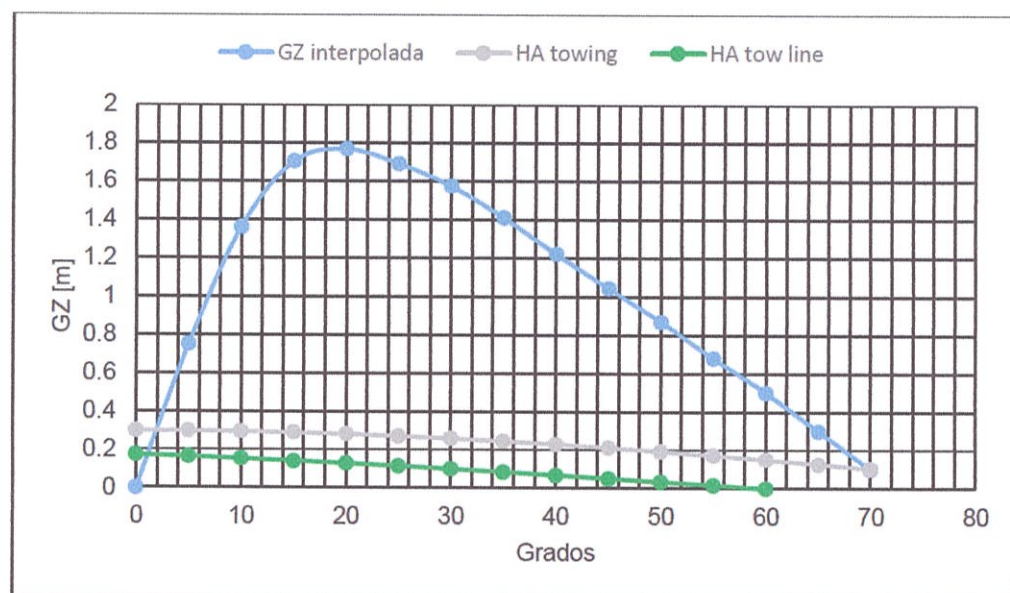
Tabla. LVII Tabla resumen, cumplimiento de Criterios generales

			Mínimo	
Atotal [m-grado]_30°-40°	15,90	>	1,72	CUMPLE
Atotal [m-grado]_40°	23,67	>	5,16	CUMPLE
θ GZ max	20,00			CUMPLE
GZ max [m]	1,77			
GMt	9,828	>	0,6	CUMPLE

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 45 Curva GZ, Cumplimiento de criterios. Max carga

Específicos de Remolcadores



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LVIII Tabla resumen, cumplimiento de Criterios Específicos de Remolcadores

Estabilidad Positiva	
Mínimo	40 grados
θ_1 [grado]	θ_2 [grado]
2	70
$\theta_2 - \theta_1$ [grados]	
68	
CUMPLE	

Área Residual	
Área Mínima	
0.61 m.grado	
Área (GZ)	23,675
Área (H.A- tow)	5,879
Área Total [m.grados]	17,796
CUMPLE	

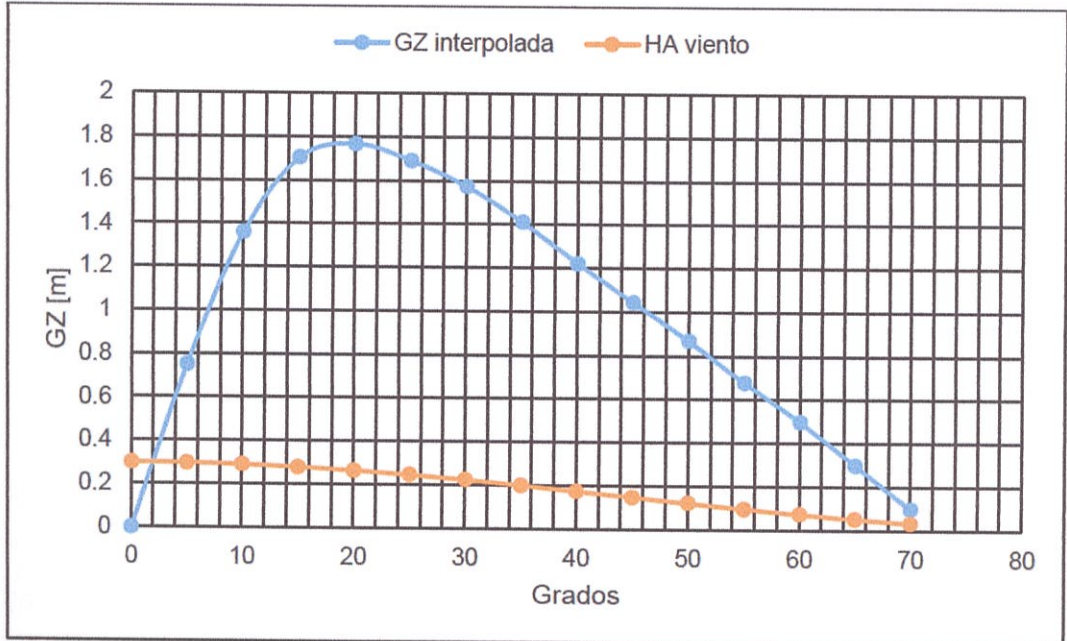
[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LIX Tabla resumen, cumplimiento de
Criterios Tirón de la línea de remolque

	[m.grado]
$A_2 (0 - \theta_{\text{positivo}})$	74,228
$A_1 \text{ GZ } (\theta_1 - 40)$	54,020
$A_1 \text{ HA } (\theta_1 - 40)$	11,049
$AT_1 (\theta_1 - 40)$	42,971
Mínimo	
$1.03 + 0.2 A_2 (0 - \theta_{\text{positivo}})$	
	15,876
CUMPLE	

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 46 Curva GZ y brazo escorante debido al viento



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LX Tabla resumen, cumplimiento de
Criterios Meteorológicos

GZ [m] ($\theta =$	0,203
GZ [m] ($\theta =$	1,77
ratio GZ ₁ /GZ ₂	0,115
GZ [m] ($\theta = eq$) \leq 60% GZ [m]	1,062
CUMPLE	

[Fuente: Elaboración propia]

Para contrastar los resultados, se utilizó el módulo de estabilidad Hydromax, para lo cual se modelo el remolcador con las dimensiones encontradas en la optimización, los resultados se muestran en la Tabla. LXI

Tabla. LXI Resultados obtenidos, con Hydromax y optimización

Criterio	Valor	Unidad	Hydromax	Optimización	Estado
6G. 1a&b –Escora en remolque -Área GZ entre los límites de tipo 2	18.32	m.grado	55.94	43.775	Pasa
6G. 1c&d – Relación de escora y área en remolque	40.00	%	91.58	75.09	Pasa
173.095: b - GMt- Halando	0.55	M	8.879	9.828	Pasa
173.095: c1 – Rango de estabilidad positiva	40.0	Grado	69.40	68	Pasa
173.095: c2 – Area residual	0.610	m.grado	18.43	18.98	Pasa
174.145: b – Area bajo la curva 0 to 40 grados	5.15	m.grado	24.14	23.88	Pasa
174.145: c – Área bajo la curva de 30 a 40 grados	1.70	m.grado	16.29	15.95	Pasa
174.145: d – Angulo máximo. GZ	20.0	grado	19.1	20	Falla
079-1-b(1)i Relación de GZ y Gz max, brazo de escora en general	60.00	%	15.33	11.5	Pasa
079-1-b(1)ii Relación de zonas tipo 2 - brazo de escora general del viento	140.00	%	24894.70		Pasa

[Fuente: Elaboración propia]

De los resultados obtenidos se confirma que la mayoría de los criterios de estabilidad son cumplidos a excepción del máximo valor de GZ que ocurre por debajo de los 20 grados, sin embargo se conoce que cuándo el brazo adrizaste máximo GZ este entre los 15 y 30 grados el área correspondiente bajo la curva deberá ser mayor a:

$$0.055 + 0.001 * (30 - \theta_{max})m. Rad$$

El valor obtenido al integrar las curvas de brazos adrizantes hasta el ángulo de GZ máximo es de 0.13 m.Rad el cual es mayor al calculado con la formula, [52], el que es 0.066 m.Rad, por lo tanto se concluye que las dimensiones encontradas en el proceso de optimización satisfacen las restricciones impuestas, en la Tabla. LXIII se comparan las medidas preliminares y definitivas del Remolcador Fluvial.

3.3 Calculo de Arqueo

El arqueo es calculado por el Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques, [53], con lo que se intenta definir el tamaño total del empujador y su tamaño utilizable respectivamente.

Arqueo bruto del empujador se calculará aplicando la siguiente formulación:

$$GT = (0.2 + 0.02 \log_{10} V) * V$$

Donde V es el volumen total de todos los espacios cerrados en m³.

El volumen de los espacios debajo del puntal del buque es de 530.56 m³. Para tener en cuenta las estructuras internas del buque se estimará un descuento del 3% de este volumen, obteniendo así 514.64 m³.

Los espacios restantes que se obtuvieron son:

Tabla. LXII Volumen de Superestructuras

Cubierta principal:	273.32	m ³ .
Cubierta de oficiales:	147.69	m ³ .
Cubierta de climatización:	46.02	m ³ .
Puente de gobierno:	47	m ³ .
TOTAL:	514.03	m³.

[Fuente: Elaboración propia]

El volumen total de los espacios encerrados de la embarcación es de 1028.67 m³, por lo que el arqueo bruto del buque es:

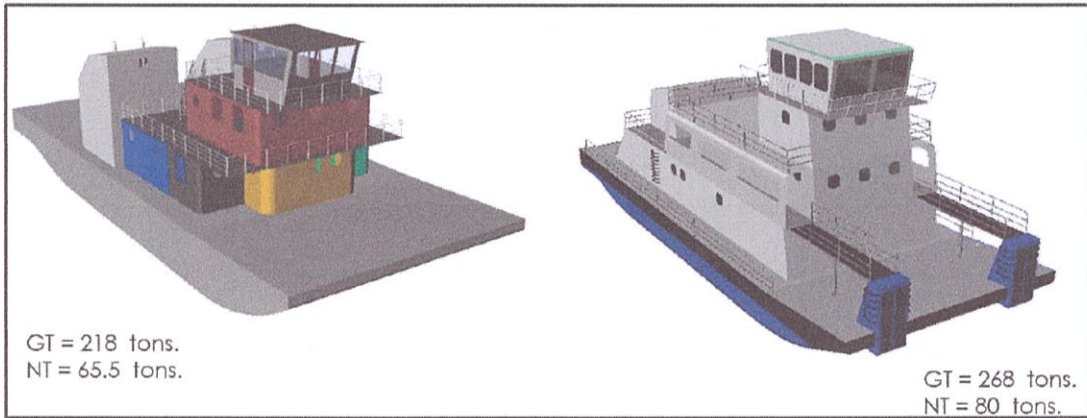
$$GT = (0.2 + 0.02 \log_{10} 1028.67) * 1028.67$$

$$GT = 268 \text{ ton.}$$

Arqueo Neto. Como nuestra embarcación es de empuje no tiene espacios de carga por lo tanto este valor debería ser cero. Sin embargo, tomando en cuenta que el NT no se tomará inferior que el 0.3GT se tiene:

$$NT = 0.3 * (268) = 80 \text{ ton.}$$

Figura No. 47 Modelo 3d- Diseño Preliminar vs Definitivo



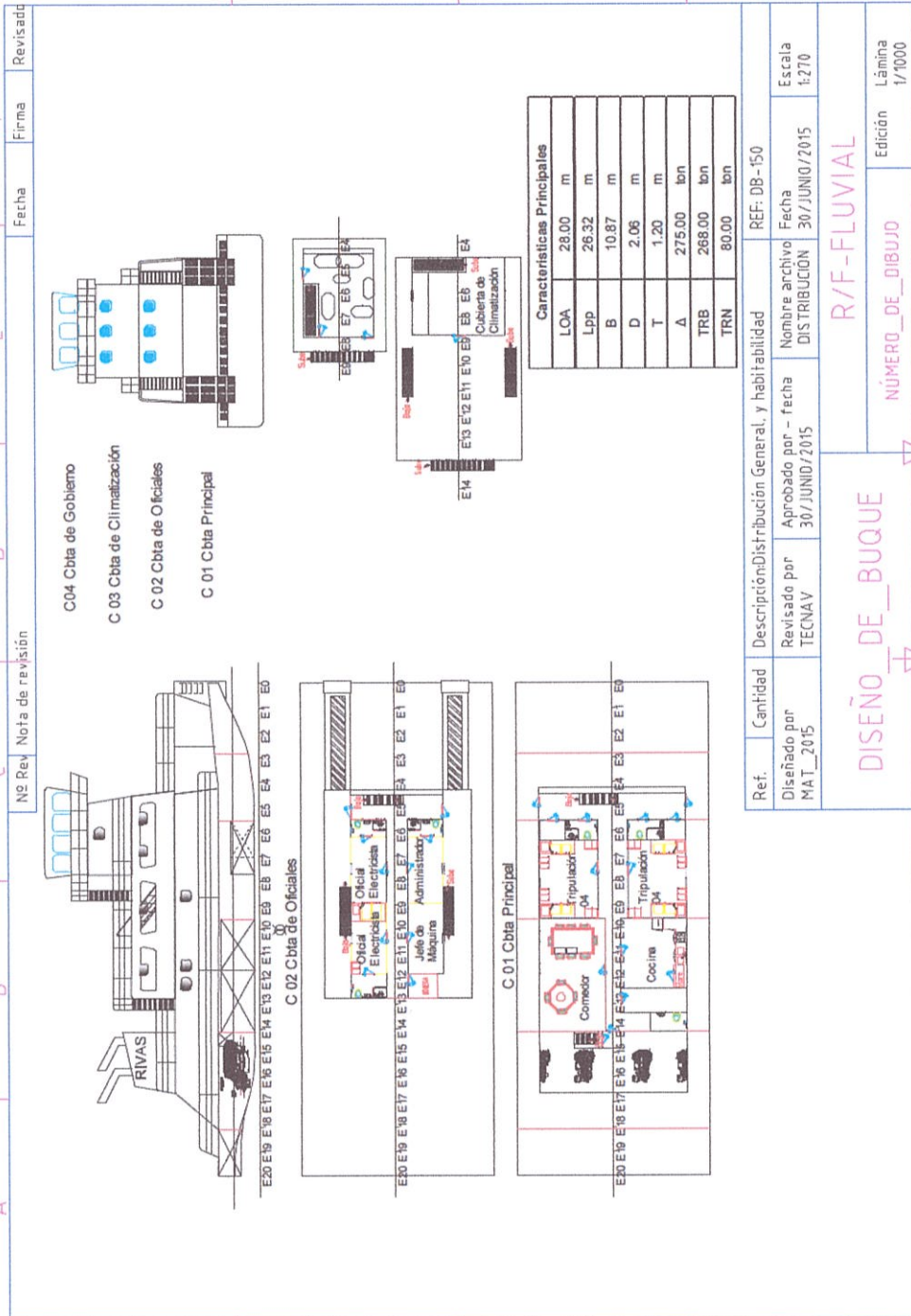
[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LXIII Diseño Preliminar vs. Diseño Definitivo

Característica	Preliminar	Definitivo
Eslora total (m)	28.00	28.00
Manga (m)	11.50	10.87
Calado (m)	1.56	1.20
Puntal (m)	2.26	2.06
Desplazamiento (ton)	389.40	275.30
Lwl (m)	27.40	26.12
Sm (m ²)	390.16	332.16
Aw (m ²)	315.03	283.71
Cp	0.77	0.80
Cb	0.77	0.79
Cm	1.00	1.00
Cwp	1.00	1.00
LCB +proa (m)	0.82	0.32
LCF +proa (m)	-0.31	-0.10

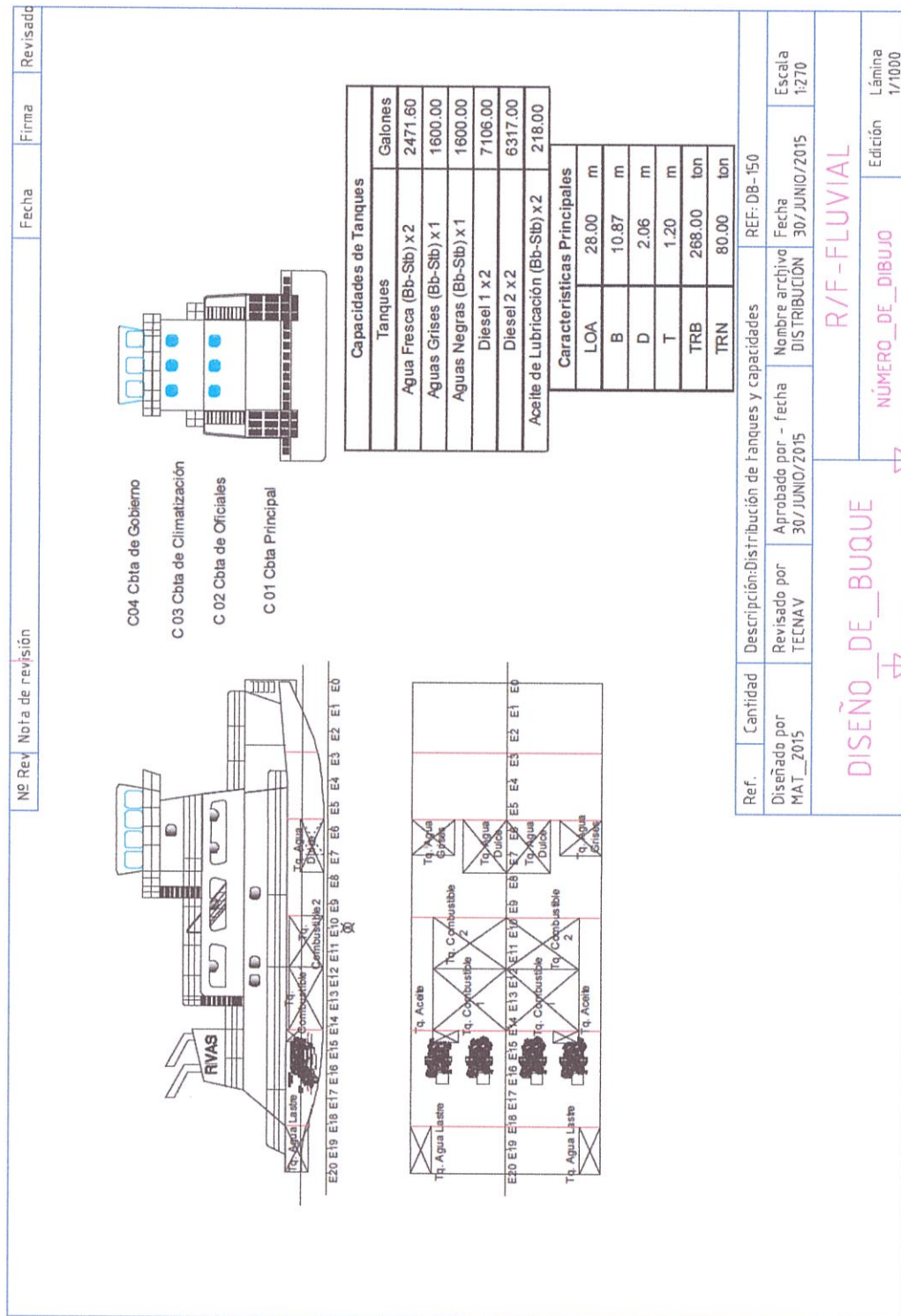
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 48 Plano de Distribución



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 49 Palno de capacidades



[Fuente: Elaboración propia]

3.4 Sistema de Propulsión y Gobierno

Propulsión

Para seleccionar la geometría de la hélice óptima, la cual supla la demanda de empuje requerida por el conjunto remolcador-convoy de barcazas, se procedió a optimizar la función objetivo η_0 de la hélice. Para esto, se utilizó como valor inicial el diámetro de la hélice encontrado en el diseño preliminar ver, [54], luego se desarrollaron los polinomios para K_t , K_q y η_0 (ver coeficientes de los polinomios en ANEXO N-Propulsión y Gobierno, sección polinomios de Kaplan), y se escogió la tobera N 37 debido a su gran desempeño en calados restringidos.

La resistencia del conjunto remolcador-barcazas fue calculada como la suma de la resistencia del empujador más la resistencia de las barcazas. La resistencia de las barcazas se la calculo mediante las formulaciones de Howe, [55], la del remolcador se la obtuvo con las presentadas por Latorre, [56], y el efecto de aguas poco profundas con la formulación de Karpov, [57].

Los resultados obtenidos se contrastaron con CFD, además, se evaluó los criterios de maniobrabilidad según ABS, [58].

Con este procedimiento de optimización se espera encontrar una relación P/D y las rpm que permiten obtener la máxima eficiencia en las condiciones de operación dadas.

Función objetivo

$$Kt_{total} = \sum_{x,y} Ct(x,y)(P/D)^x (J)^y + \sum_{x,y} Ct_N(x,y)(P/D)^x (J)^y$$

$$Kq = \sum_{x,y} Cq(x,y)(P/D)^x (J)^y$$

$$\eta_o = \frac{J}{2\pi} x \frac{[\sum_{x,y} Ct(x,y)(P/D)^x (J)^y + \sum_{x,y} Ct_N(x,y)(P/D)^x (J)^y]}{\sum_{x,y} Cq(x,y)(P/D)^x (J)^y}$$

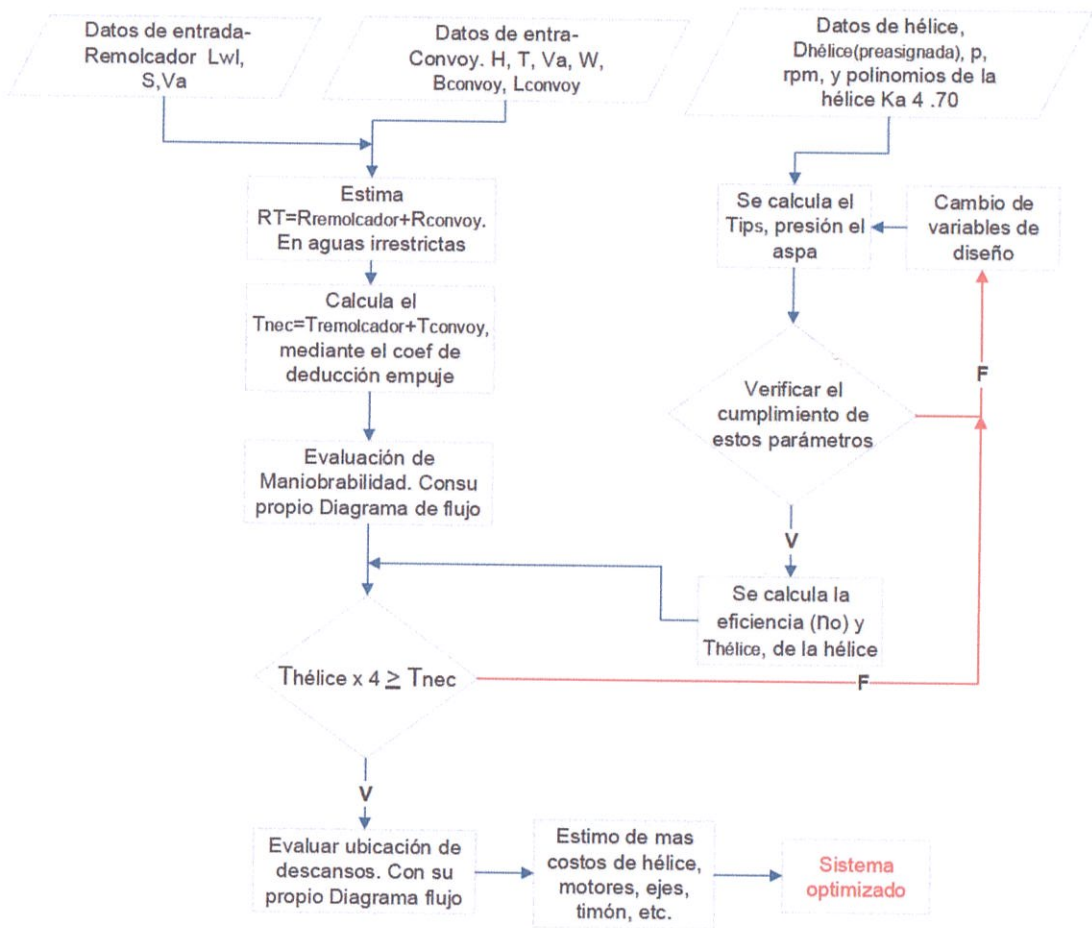
Restricciones

- **Restricciones de Diseño:** se restringirán, la presión en las aspas y la velocidad en la punta de la hélice de acuerdo a la recomendaciones dadas en, [59], además, el diámetro de la hélice será de 1.02 metros debido al calado de operación del remolcador.
- **Capacidad y Carga:** Se mantendrá la carga solicitado por el armador, $Dw \leq 10000$ toneladas y el $DT/L_{total} \leq 4L_{total}$.

Metodología de optimización de la Hélice

El proceso de optimización fue implementado en Excel, con la ayuda de la herramienta Solver. A continuación se presenta el diagrama de flujo aplicado a la optimización del rendimiento de la hélice para el Remolcador Fluvial.

Figura No. 50 Diagrama de Flujo de optimización propulsiva



[Fuente: Elaboración propia]

Cálculo de la resistencia

Para calcular la resistencia del remolcador-convoy, se procedió a dividir la resistencia como se indica a continuación.

$$R_{T \text{ NUDOS}} = R_{\text{remolcador}} + R_{\text{convoy}}$$

La resistencia del convoy de barcaza se calcula mediante las formulaciones dadas por Howe, [55], las cuales se desarrollaron para diferentes arreglos y dimensiones, además, considera la interferencia entre barcazas y la profundidad del canal de navegación.

$$R_T = 0.07289e^{1.46/(h-T)}V^2T^{0.6+\frac{50}{(W-B)}}L^{0.38}B^{1.19}$$

Para el cálculo de la resistencia total del remolcador, se procedió a calcular la resistencia residual y friccional, (ver ANEXO N-Propulsión y Gobierno)

$$R_T = \left[\left(\frac{Rr}{\Delta} \right) \frac{LBT Cb}{35} \right]_{\text{Residual}} + [(0.9206LB + 1.669LT)fV^2]_{\text{Friccional}} [lb].$$

Para considerar el efecto de aguas poco profundas se utilizó un factor dado en, [57]. Con lo cual se tiene la siguiente ecuación.

$$R_{T[lb]} = \left(\frac{1}{\alpha} \right)^2 \left[\left(\frac{Rr}{\Delta} \right) \frac{LBT Cb}{35} + (0.9206LB + 1.669LT)fV^2 \right]_{\text{Empujador}} + \left(0.07289e^{1.46/(h-T)}V^2T^{0.6+\frac{50}{(W-B)}}L^{0.38}B^{1.19} \right)_{\text{Convoy}}$$

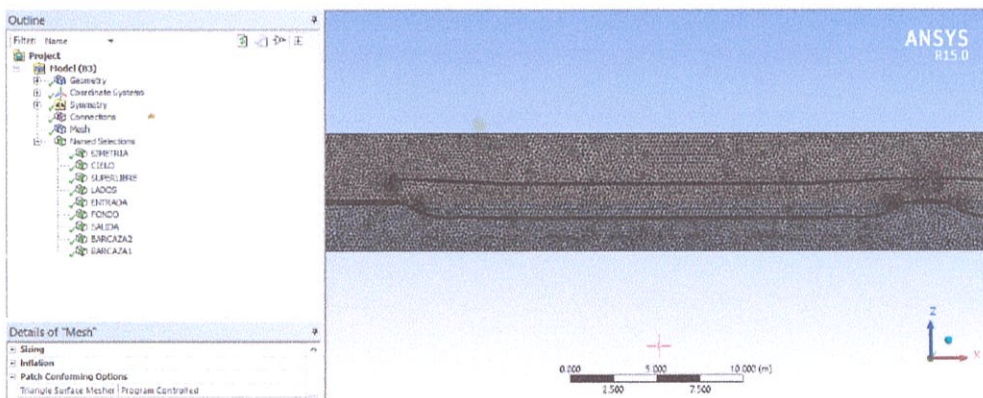
Análisis de validación de formulación con CFD

Para validar el método propuesto, se calculó la resistencia de las barcazas presentadas en, [60], y el conjunto remolcado-convoy en Ansys CFX, para diferentes configuraciones y profundidades del canal.

Ansys CFX es un programa comercial de CFD (mecánica de fluidos computacionales) que resuelve de forma numérica las ecuaciones de Navier-Stokes y promediado de Reynolds (modelo de turbulencia $k - \varepsilon$).

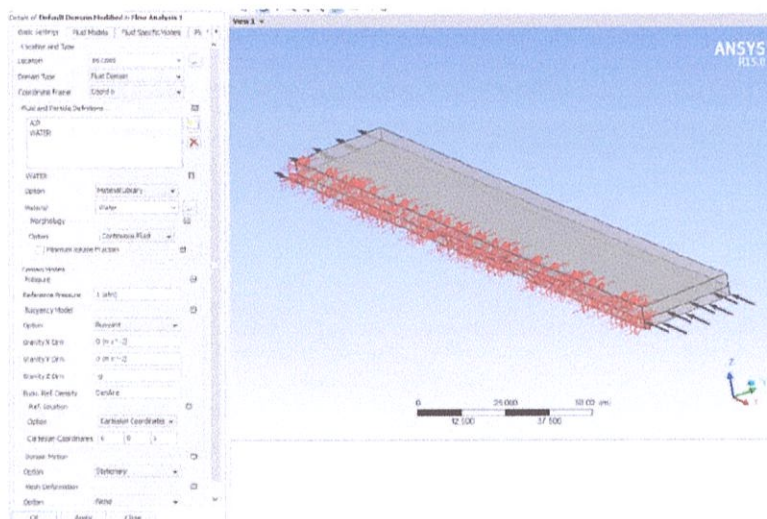
Para los modelos se utilizó un mallado tetraédrico, las dimensiones del dominio se las tomó de acuerdo a las recomendaciones dadas en, [61]. Se aplicó como valores iniciales la velocidad en la entrada del dominio, la presión estática promedio a la salida, dentro del dominio estacionario, para la barcaza y remolcador se adoptó la condición de pared lisa (sin deslizamiento).

Figura No. 51 Mallado tetraédrico para barcaza 30.5x9.15x0.85 metros



[Fuente: Elaboración propia]

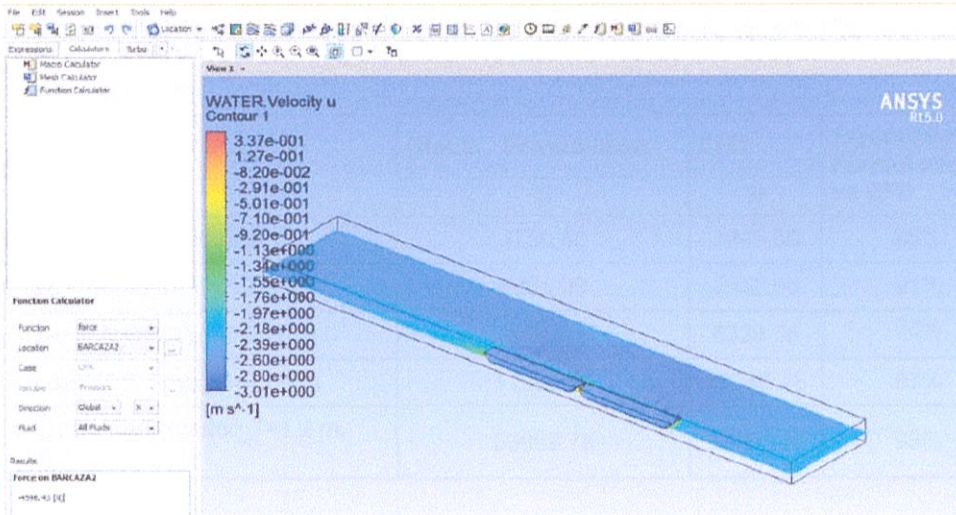
Figura No. 52 Propiedades del fluido y dominio computacional



[Fuente: Elaboración propia]

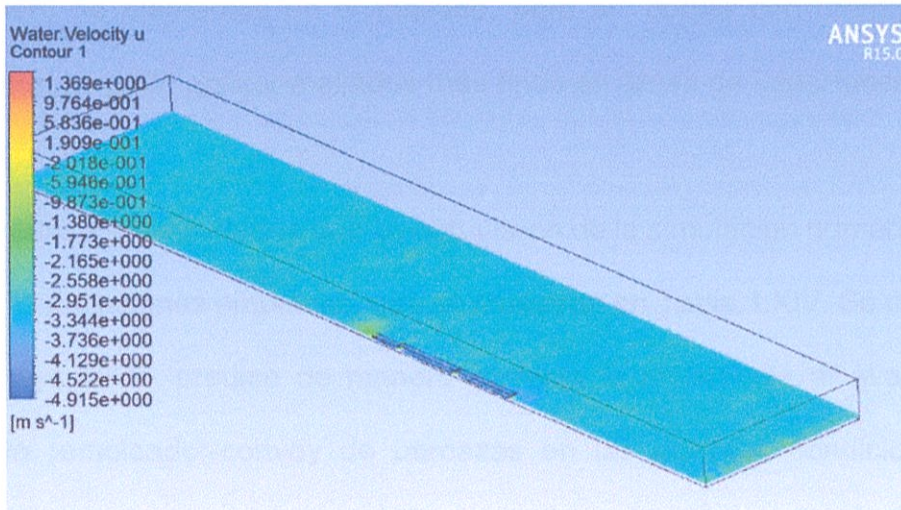
El criterio de convergencia empleado en los cálculos consiste en alcanzar un R.M.S (Error cuadrático medio) inferior a 10^{-4} , y el número de iteraciones es de 400.

Figura No. 53 Contornos de velocidades. Convoy 2x1, H=2m, T=0.85 m



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 54 Contornos de velocidades. Remolcador-Convoy 2x1, H=2m,
T=0.85 m



[Fuente: Elaboración propia]

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla. LXIV, el detalle se presenta en ANEXO M-Resultados de CFD.

Tabla. LXIV Resultados Formulaciones-Ansys CFX

Condición	Rtotal	Formulación	CFD	Efectividad Formulaciones vs CFD
		N	N	
1 Barcaza_Aguas Profundas		3759.40	3945.50	95%
2 Barcaza_T=0.85 m, H=2.09 m		6081.99	5562.00	91%
2x1 Barcaza_Aguas Profundas		6461.22	6326.36	98%
2x1 Barcaza_T=0.85 m, H=2.09 m		11900.00	12240.46	97%
2x1 Barcaza+ Remolcador_T=1.2 m, H=1.7 m		63089.78	67964.34	93%

[Fuente: Elaboración propia]

En las simulaciones por CFD se evitaron los efectos de escala, con lo cual se utilizaron las medidas reales del conjunto remolcador-convoy. Esto aumenta el número de elementos en el mallado, pero al contar con memoria ram suficiente, se pudo aplicar mallados más finos en áreas de importancia.

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron de la simulación numérica CFD y de la formulaciones empíricas, que se muestran en Tabla. LXIV. Se concluye que Ansys CFX predice de manera correcta la resistencia al avance del conjunto remolcador-convoy de barcasas en las distintas condiciones de operación, no obstante el empleo de métodos numéricos se hace de forma complementaria y no independiente a las pruebas con modelos o escala real.

Los errores que se obtuvieron son aproximadamente del 10%, que para una simulación de flujo transitorio es aceptable.

Cálculo y Resultados. Luego de validar la fórmula para calcular la resistencia del conjunto remolcador-convoy, se presentan los resultados obtenidos aplicando el método de optimización propuesto. En la Tabla. LXV se presentan las variables de entrada para una configuración de convoy 3x4, navegando a una velocidad de 6 nudos en aguas restringidas y profundas. La máxima capacidad de carga en aguas restringidas es de 5188.67 ton, y en aguas profunda es de 10000 ton, debido a la restricción de maniobrabilidad y condiciones de operación.

Tabla. LXV Variables de entrada convoy 3x4, velocidad= 6 nudos

Variables de Entrada	
Remolcador	
L (m)	28.00
B(m)	10.83
D(m)	2.07
T(m)	1.20
V (nudos)	6.00
Cb	0.78
Barcaza	
Lwl(m)	58.90
B(m)	10.67
D(m)	3.65
mxn	3x4
T _{convoy} (m)	1.20
H canal (m)	1.70
B canal (m)	200.00
DW convoy (ton)	5188.67
DT/Lpp<4L	3.84

Variables de Entrada	
Remolcador	
L (m)	28.00
B(m)	10.87
D(m)	2.07
T(m)	1.20
V (nudos)	6.00
Cb	0.78
Barcaza	
Lwl(m)	58.90
B(m)	10.67
D(m)	3.65
mxn	3x4
T _{convoy} (m)	1.83
H canal (m)	30
B canal (m)	200.00
DW convoy	10000
DT/Lpp<4L	3.68

[Fuente: Elaboración propia]

En aguas restringidas la resistencia del remolcador-convoy es de 248.82 KN, para el cálculo del Bhp se calculó un rendimiento propulsivo de 0.4. Con lo cual se obtiene un empuje requerido por hélice de 82.28 KN, y 750 Bhp por motor.

Tabla. LXVI Resumen del cálculo de optimización en aguas restringidas

D hélice (m)	1.02
RT convoy (KN)	233.62
RT remolcador (KN)	15.20
RT total (KN)	248.82
EHP (kn)	1030.20
η_P	0.40
Bhp c/motor	750.00
# Motores	4.00
Tconvoy (KN)	274.85
Tremolcador(KN)	21.37
Ttotal necesaria (KN)	296.22
T por hélice (kN)	82.28

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LXVII Resumen del cálculo de optimización en aguas profundas

D hélice (m)	1.02
RT convoy (KN)	129.40
RT remolcador (KN)	8.27
RT total (KN)	137.67
EHP	570.05
η_P	0.43
Bhp c/motor	750.00
# Motores	2.00
Tconvoy (KN)	152.23
Tremolcador(KN)	11.11
Ttotal necesaria (KN)	163.34
T por hélice (kN)	45.37

[Fuente: Elaboración propia]

Para la condición de navegación en aguas profundas se obtuvo un empuje requerido de 45.37 KN por hélice, y 750 HBP por motor.

La máxima eficiencia que puede producir este tipo de hélice es alrededor del 70%, dado que es necesario incrementar el empuje y cumplir las restricciones, se presentan los resultados en Tabla. LXVIII para una eficiencia de hélice del 40%, logrando obtener un empuje de 83 KN con una razón de reducción 3.5:1 obteniendo los siguientes resultados:

Tabla. LXVIII Resultado para la selección del reductor

	P/D	Ad/Ao	
	1.49	0.70	
	Relación de reducción		
	3.5		
	Modelo: ZFW 2350		
RPM	η_o	T disponible por hélice(KN)	Vel. Punta (pies/s)
514.28	0.42	83.00	100

[Fuente: Elaboración propia]

A continuación se indica las características de la hélice Ka4.70 seleccionada según resultados en aguas restringidas, debido a que es la condición más crítica.

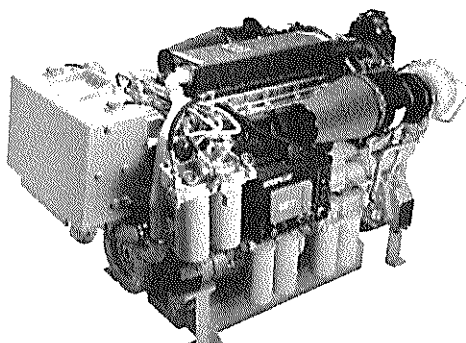
Tabla. LXIX Geometría de la Hélice

Geometría de la hélice		
Características	Diseño Preliminar	Diseño Definitivo
D hélice (m)	1.12	1.02
tipo	Ka4-110	ka4.70
Ad/Ao	1.10	0.70
Tipo de Tobera	N 19 A	N 37
Z	4	4
P/D	1.03	1.49
η_p	0.43	0.42

[Fuente: Elaboración propia]

De los catálogos del fabricante, [62], se ha elegido del Motor CAT C32 Acert 12 V, con una potencia al freno de 750 Bhp. De manera que con 4 máquinas se puede alcanzar la potencia requerida y velocidad en aguas restringidas, mientras que en zonas de agua profundas bastaría con 2 motores.

Tabla. LXX Características generales del motor principal



Características del motor, [62]		
Características	Diseño Preliminar	Diseño Definitivo
Modelo	C18 Acert	C 32 Acert
Bhp	600	750
RPM	1800	1800
# Cilindros	6L	12v
Tiempos	4T	4T
Peso (kg)	1673	3220
Características Reductor		
Modelo	ZFW 1700	ZFW 2350
Reducción	3.5:1	3.5:1
Hp input	700 Hp	876 Hp

[Fuente: Compañía Caterpillar]

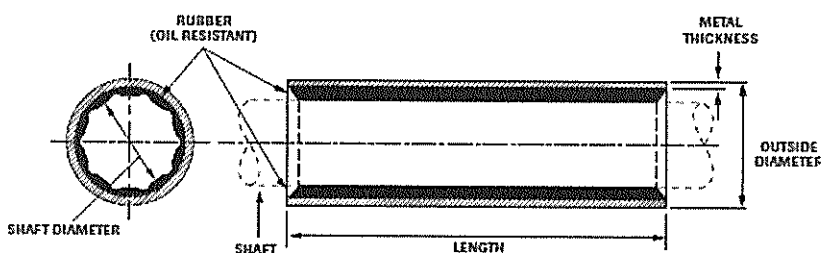
Sistemas Propulsor y Líneas de eje

La geometría de la hélice, las líneas de ejes para la propulsión, espesores de bocines, porta bocines y descansos, formarán parte del sistema para dar el empuje necesario al remolcador.

Las formulaciones sugeridas por las sociedades clasificadoras, [63], son la guía para el dimensionamiento de la mayor parte de estos elementos. Además, se determinará la separación de los descansos adecuados para el control de vibraciones laterales el eje y posible resonancia con la hélice.

Diámetro de eje, camisas y bocines. En esta parte se realizará el cálculo del eje que conforma la línea de propulsión tomando las formulaciones dadas por ABS, [63], además, se hará la comparación con el programa SSC de Lloyd's Register. De las formulaciones que se presentan en ANEXO N-Propulsión y Gobierno en la sección de líneas de eje, se obtuvieron los siguientes resultados:

Figura No. 55 Bocín típico, [64]



[Fuente: DURAMAX MARINE]

Tabla. LXXI Resultados para el eje de cola

Eje de cola		
Características	mm	in
D(mm)	101.6	4
t_{camisa}	6.35	1/4
$D_{eje+camisa}$	114.3	4 1/2
$\phi_{exterior\ del\ bocin}$	139.7	5 1/2
$L_{bocin}(mm)$	457.2	18
$t_{porta}(mm)$	4.76	3/16

[Fuente: Elaboración propia]

Los datos del bocín fueron tomados con relación al diámetro del eje del catálogo de Duramax Marine, [64]. Se nota que la longitud del bocín corresponde a 4 veces el diámetro del eje con camisa.

Ubicación de descansos en el eje propulsor

Para poder determinar la ubicación de los descansos es necesario conocer información como los pesos que van a ir ubicados a lo largo del sistema propulsor como es el peso de la hélice.

Debido a que el peso de la hélice es un factor de gran importancia para la ubicación de los descansos, se ha realizado dos estimaciones tanto por fórmulas, [49], como el modelado de la misma.

De los cálculos y procesos que se presentan en , en la sección de cálculo de peso de la hélice, se obtuvo según la referencia, [49], y el modelado, 115kg y 121.8 kg respectivamente dando un margen de diferencia del 5 %.

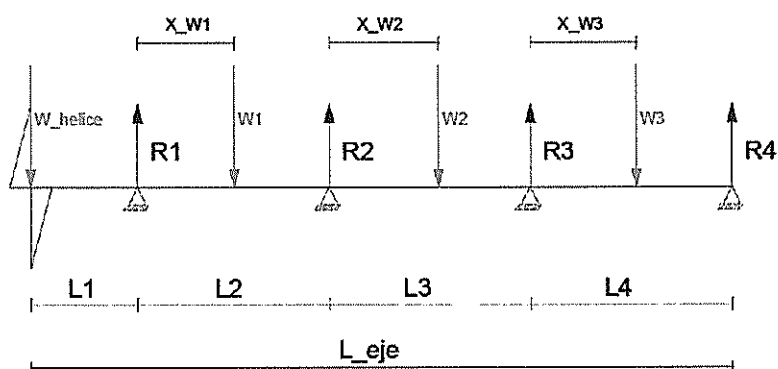
El cálculo de las frecuencias naturales en la línea de eje nos permitirá dar la ubicación y número de descansos, para evitar posible fenómenos de resonancias con la hélice, motor, etc. El método de Raleigh, [65], ofrece una aproximación para la primera frecuencia natural en vigas continuas, sin embargo no para las demás frecuencias, las que serán calculadas con el programa Sap 2000.

Con la implementación del método de Raleigh descrito en ANEXO N- Propulsión y Gobierno, sección del cálculo de frecuencia natural, y usando la herramienta Solver de Microsoft Excel, para lograr un adecuado arreglo de descansos, se ha añadido las siguientes restricciones:

- Longitud de tramo L1,L2,L3 este entre $20 D_{eje}$ y $32 D_{eje}$
- Longitud de tramo L4 este entre $10 D_{eje}$ y $20 D_{eje}$
- La frecuencia del sistema sea mayor que la frecuencia del aspa de la hélice.

A continuación se presentan los resultados:

Figura No. 56 Esquema de análisis. Línea propulsora



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LXXII Resultados. Ubicación de descansos y frecuencia natural del sistema

Características de la Propulsión	
Reducción	3.5
Aspas	4
RPM	1800
Freq_Aspa [Hz]	34.29
Mínimas (+15%)	37.71
Sistema Propulsor	
Freq_Natural (Hz)	45.50
Freq_Críticas (Hz)	39.8
NO. Descansos	2
L1(m)	0.275
L2(m)	2.005
L3(m)	1.570
R1(Kg)	224.33
R2(Kg)	111.80
R3(Kg)	40.06

[Fuente: Elaboración propia]

Con los datos de los tramos y peso de la hélice se procede a modelar el eje en el programa SAP2000 obteniendo los siguientes valores:

Las 4 primeras frecuencias naturales del sistema son:

Tabla. LXXIII Resultados según Sap2000.

Frecuencias Naturales Sap2000		Reacciones - Sap2000	
f1(Hz)	44.98	R1(kg)	223.75
f2(Hz)	89.86	R2(kg)	110.98
f3(Hz)	122.29	R3(kg)	39.82
f4(Hz)	246.52		

[Fuente: Elaboración propia]

Los detalles de la modelización y cálculo se presente en ANEXO N-Propulsión y Gobierno, sección cálculo de frecuencias natural con Sap2000. Mediante el cálculo de elementos finitos se obtienen los siguientes resultados.

Tabla. LXXIV Características importantes de la línea de eje

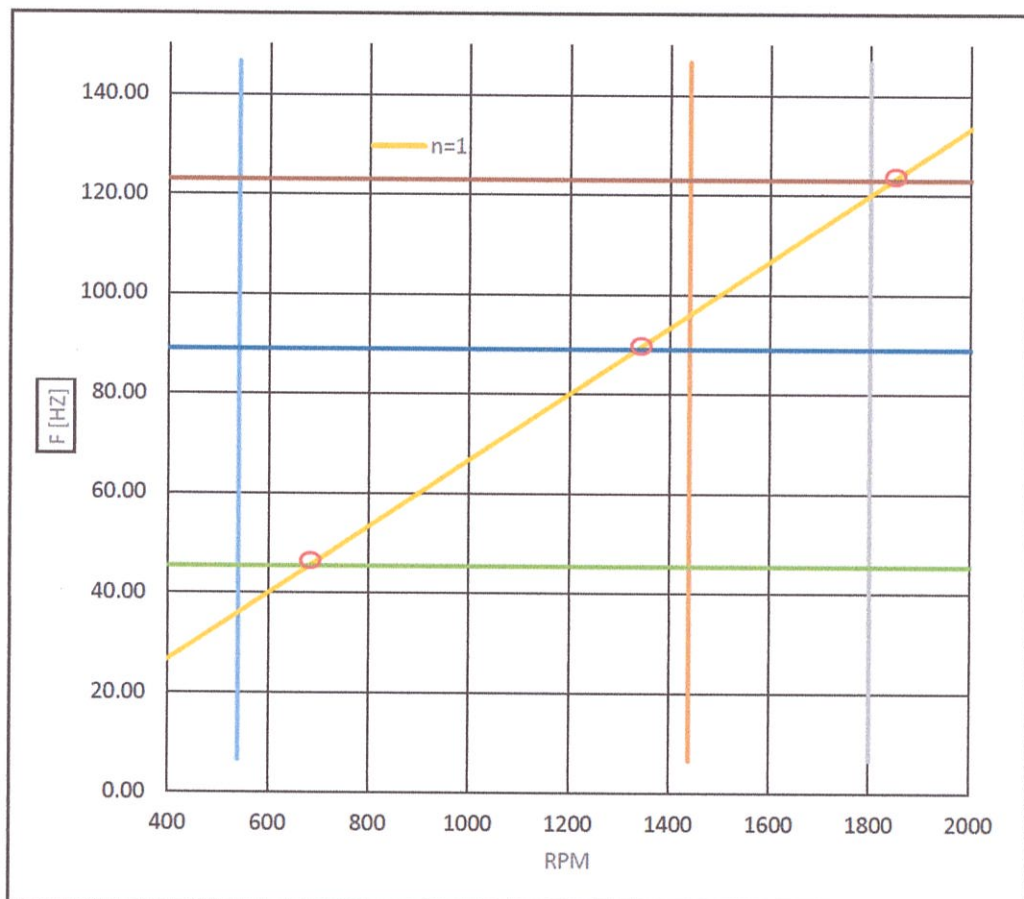
	Características línea de eje	
	Diseño Preliminar	Diseño definitivo
L1 [m]	0.275	
L2 [m]	2.005	
L3 [m]	1.57	
Φ shaft [plg]	5	4
t camisa [plg]	3/8	1/4
t eje + camisa [plg]	5 3/4	4 1/2
Φ exterior [plg]	7	5 1/2
L bocin [plg]	23	18
L manzana [plg]	12	11 5/8

[Fuente: Elaboración propia]

Las situaciones resonantes que hay que considerar son aquellas en las que la velocidad de rotación está dentro del rango operativo del motor que son

$$N_{ralenti} < N_{resonante} < N_{continua}, [66].$$

Figura No. 57 Diagrama de Campbell



[Fuente: Elaboración propia]

Una vez que se realizaron los análisis respectivos para el sistema propulsor se procedió a calcular los costos los cuales se presentan en la siguiente tabla.

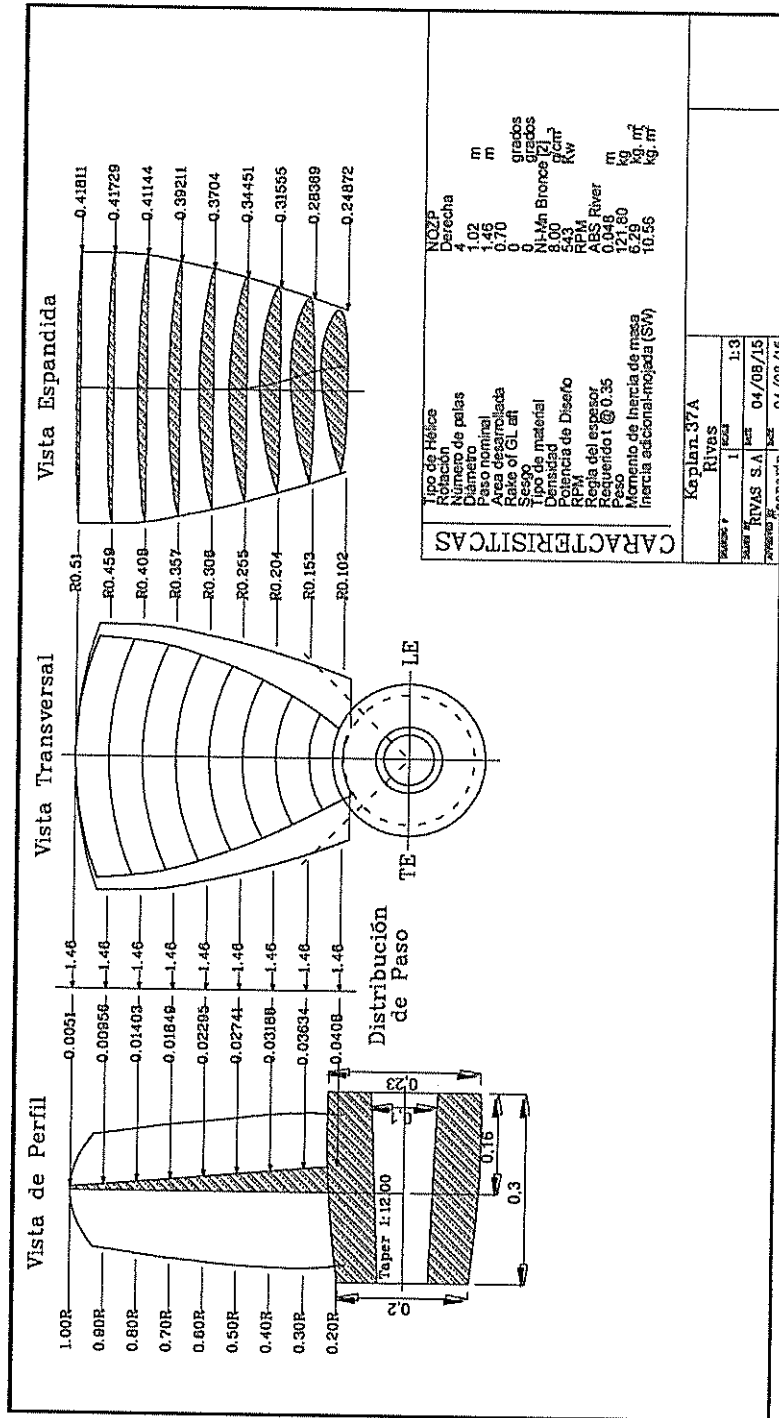
Tabla. LXXV Comparación de costo Diseño Preliminar vs. Diseño Definitivo.

Elementos	Costo \$	
	Diseño Preliminar	Diseño Final
Motor	\$ 480,790.00	\$ 600,985.00
Generador y Sist. Eléctrico	\$ 105,000.00	\$ 157,500.00
Propulsion, ejes, descanso y circuitos	\$ 134,329.00	\$ 167,910.00
Caja de Reducción y componentes	\$ 51,360.00	\$ 47,200.00
Sistema de Gobierno	\$ 143,284.00	\$ 179,105.00
Total	\$ 914,763.00	\$ 1,152,700.00
	26%	

[Fuente: Elaboración propia]

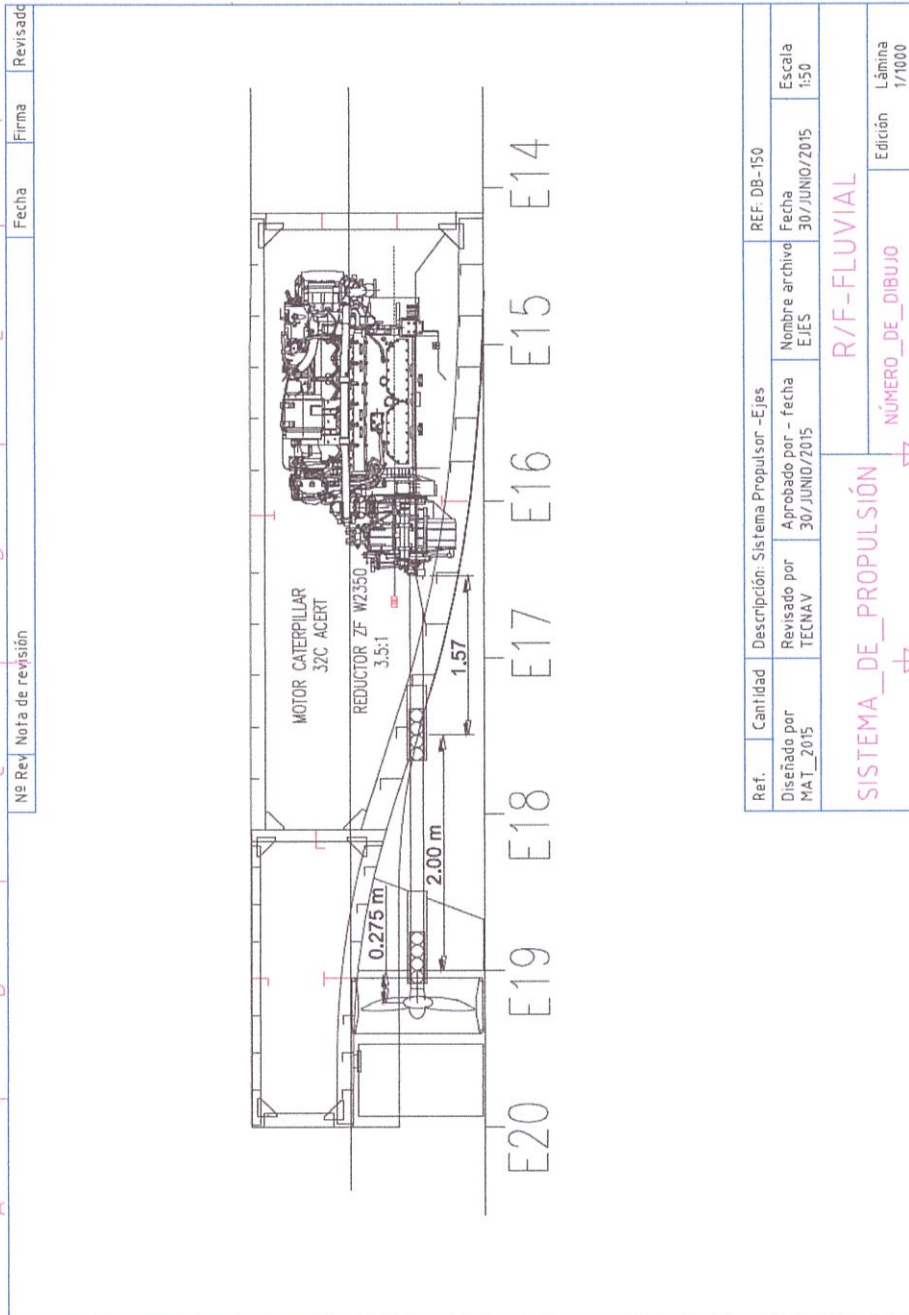
Como se observa en la Tabla. LXXV se obtuvo un incremento del 26% en relación al costo del diseño preliminar debido a que la potencia del motor tuvo que ser incrementada para poder cumplir los requerimientos del armador.

Figura No. 58 Plano de helice Ka. 4-70



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 59 Esquema de ubicación de la línea propulsora



[Fuente: Elaboración propia]

Maniobrabilidad

Las restricciones principales para nuestra función de mérito estarán dadas por los criterios básicos de maniobrabilidad tanto de IMO, [67], como ABS, [68], estas características de maniobrabilidad que definirán si nuestro sistema remolcador+ convoy tiene estabilidad de ruta o no al momento de ejecutar maniobras de giro, rebasamientos, paradas, etc.

La función objetivo a considerar en esta sección se establecerá como:

$$C_{cons} = C_{MAT} + C_{MO}$$

Con las variables de diseño, alto y ancho de la pala

Restricciones Geométricas. Se recomienda que el huelgo entre la parte superior de la pala y el codaste 6 % de la altura del codaste, así mismo si se implementara un tintero esta holgura serpia de 8 % , con un total de 14 %. La razón de aspecto de la pala debe estar entre 1.5 y 1.7.

Restricción hidrodinámica

En este tipo de restricciones se tomará en cuenta el centro de presión tanto en avante como en reversa de manera que cumplan con los valores establecidos por Lloyd's Register, [69].

$$Avante - -X_{cp_{avante}} \leq 12\% Ch$$

$$Reversa - -X_{cp_{reversa}} \leq 12\% Ch$$

La comprobación de los centros de presión en avance y reversa, dependerán de la posición de la mecha y el área de balance establecido, para lo cual se tomó según Det Norske Veritas:

$$A \text{ balance} \leq 23 \% \text{ Ar total } [m^2]$$

$$\text{Posicion de la mecha } (X_L \leq 35 \% \text{ Ch } [m])$$

Restricciones por maniobrabilidad

Estas restricciones están ligadas a los criterios de maniobrabilidad dadas por IMO y además a los criterios de ABS Las restricciones a cumplir están definidas en la siguiente tabla.

Tabla. LXXVI Restricciones de Maniobrabilidad

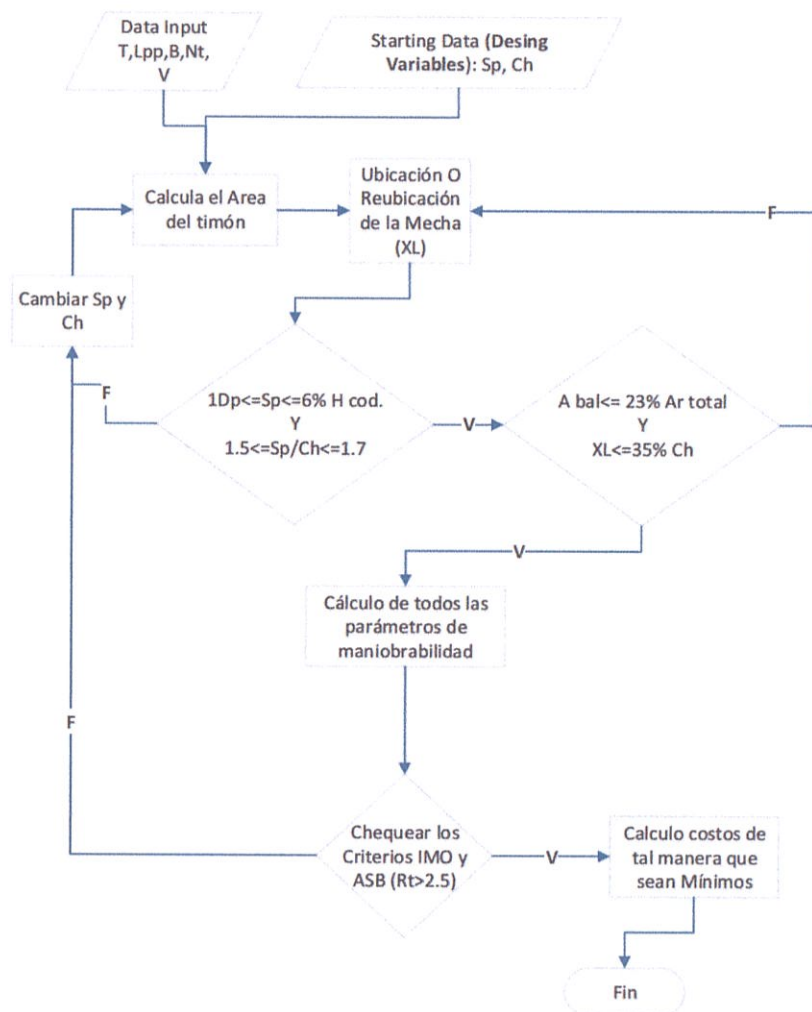
Visión General y Normas de criterio				
Medida de Maniobrabilidad	Criterio	Maniobra	Normas IMO	Requirimientos de ABS
Recomendado, Es requerido para clases de notacion opcional opcional				
Habilidad de Giro	Diametro Táctico	Círculo de giro	TD<5L	Puntaje Rtd>=1
	Avance		Ad<4.5L	Sin Puntaje Ad<4.5L
Cambio en el rumbo y comprobacion de guiñada	1er Angulo de rebasamiento	10/10 prueba de zig-zag	$\alpha 10_1 \leq f_{101}(L/V)$	Puntaje R α_{10} >=1
	2do Angulo de rebasamiento		$\alpha 10_2 \leq f_{102}(L/V)$	Sin Puntaje $\alpha 10_2 < f_{102}(L/V)$
	1er Angulo de rebasamiento	20/20 prueba de zig-zag	$\alpha 20_1 \leq 25$	Puntaje R α_{20} >=1
Habilidad inicial de giro	Distancia recorrida antes de haber cambiado 10° de rumbo	10/10 prueba de zig-zag	$l_{10} \leq 2.5L$	Puntaje Rti>=1
Capacidad de Parada	Distancia recorrida	Parada Brusca	TR<15L ⁽¹⁾	Not Rated TR<15L ⁽¹⁾
	Distancia Recorrida		Ninguno	Puntaje Rts>=1

[Fuente: ABS]

Metodología para maniobrabilidad

La implementación de Microsoft Excel con su herramienta “Solver” nos ayudara en la optimización de maniobrabilidad. Como sigue se presenta un diagrama de flujo del proceso de optimización.

Figura No. 60 Diagrama de Flujo



[Fuente: Elaboración propia]

Resultados

Los resultados obtenidos son:

Tabla. LXXVII Dimensiones del Timón

1 TIMON	
Sp(m)	1.050
Ch(m)	0.631
Ar(m ²)1 TIMON	0.662
Arg	1.66

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LXXVIII Resultados Finales por Maniobrabilidad

Visión General y Normas de criterio					
Medida de Maniobrabilidad	Criterio	Estimado	Normas IMO	Cumplimiento Con IMO	Requisitos de ABS
Recomendado, Es requerido para clases de notacion opcional					
Habilidad de Giro	Diametro Táctico	3.60	4L	Si Cumple	3
	Avance	3.20	4.5L	Si Cumple	Ninguno
Cambio en el rumbo y comprobacion de guiñada	1er Angulo de rebasamiento(10°)	6.83	20°	Si Cumple	3
	2do Angulo de rebasamiento(10°)	19.95	35°	Si Cumple	Si Cumple
	1er Angulo de rebasamiento(20°)	12.09	25°	Si Cumple	3
Habilidad inicial de giro	Distancia recorrida antes de haber cambiado 10° de rumbo	1.85	2.5 L	Si Cumple	4
Capacidad de Parada	Distancia recorrida (TR)	6.54	15L	Si Cumple	Si Cumple
	Distancia Recorrida(HR)	5.88	Ninguno	Ninguno	1
Resultado total		2.75		$Rt = 0.25 \cdot (Rtd + Rt\alpha + Rti + Rts) ..$	
Tipo de Maniobrabilidad		MAN-A			

[Fuente: Elaboración Propia]

3.5 Escantillado Definitivo

Como función objetivo se considera el costo de construcción incluyendo al material (acero) y la mano de obra de tal manera que estos se minimicen. La función objetivo está sujeta principalmente al cumplimiento de módulos seccionales, y frecuencias naturales según formulaciones IACS.

La estructura de la embarcación tendrá un cuadernaje tipo mixto de preferencia transversal. El tipo de cuadernaje empleado, espaciamientos entre refuerzos primarios y secundarios, razones de aspecto de los paneles, módulos seccionales de los elementos estructurales de la embarcación, frecuencias naturales mínimas, serán parte de nuestras variables de diseños y restricciones.

La integración y optimización se ha desarrollado por compartimentos con el objetivo de minimizar los costos. Los compartimentos están conformados por mamparo, costados, cubierta y fondo. Las restricciones estarán basadas a partir de los parámetros mínimos establecidos por las sociedades de clasificación Bureau Veritas, [72] y Lloyd's Register, [73].

Función Objetivo

La función objetivo de nuestro grupo tecnológico, se establecerá como:

$$C_{cons} = C_{MAT} + C_{MO}$$

El costo del material (C_{MAT}), el cual puede definirse en dos clases: costos de planchas, y de refuerzos; ya que el costo del material varía en función de estos parámetros. El costo de la mano de obra (C_{MO}), varía en función de las dimensiones de los elementos con los que se esté trabajando y de las zonas del barco, ya que existen áreas con mayores restricciones y exigencias de espacio los cuales estará definidos en, [74].

Variables de Diseño

Dado que el cuadernaje es de tipo mixto tendremos refuerzos primarios longitudinales, cuadernas simples, bulárcamas, y ciertos refuerzos secundarios longitudinales por lo que se establecerán las siguientes variables de diseño.

- Número de refuerzos longitudinales secundarios de cubierta.
- Número de refuerzos transversales secundarios de cubierta.
- Número de refuerzos longitudinales secundarios de fondo.
- Número de refuerzos transversales secundarios de fondo.
- Número de refuerzos longitudinales de costado.
- Espesor del panel.

Variables pre asignadas

Las variables pre asignadas serán las que definan nuestra frontera de trabajo para la minimización, que por su importancia definirá parte de las restricciones totales.

De los parámetros de pre asignación entre los cuales se podrían mencionar:

- Ubicación de puntales
- Presiones de diseño (Posiciones de Compartimentos en x,y,z)
- Longitud de Compartimentos
- Ancho de compartimento
- Ubicación del palmejar

Restricciones

Se establecerán los siguientes tipos de restricciones tomadas del libro guía Engineering Optimization Theory and Practice, [75].

Restricción estructural

Este tipo de restricción tiene que ver la resistencia de los estructurales, como refuerzos, planchas, etc., los cuales pasarían por regulaciones de sociedades clasificadoras, estas son:

- El espesor mínimo estos elementos
- Módulo seccional requerido obtenido de Bureau Veritas
- Áreas mínimas seccionales, Bureau Veritas.
- Frecuencias mínimas según GL, [76].

Restricción geométrica

Este tipo de restricciones son debido a normas generales para la construcción y recomendaciones generales, esta son:

- Razón de aspecto de un panel ($1 < Ra < 4$)
- Altura mínima de Varengas
- Espaciamiento entres refuerzos (no menos de 300 mm)

Restricción de disponibilidad

Esta restricción es tan importante como las demás, debido a que la construcción de un barco depende de la disponibilidad de materiales del mercado naval, estas son:

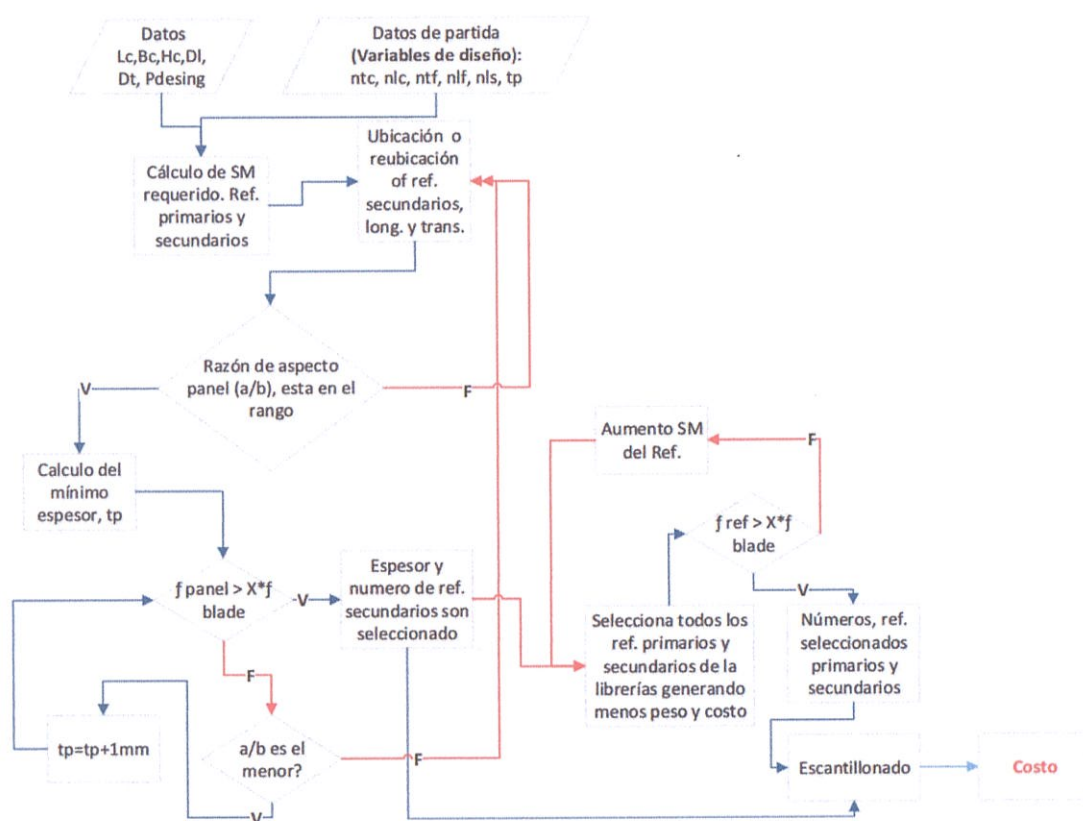
- Espesores de plancha
- Perfiles (Platinas, Tees, Ángulos)

La mayor parte de las restricciones para nuestra función objetivo están ligadas a formulaciones dadas por las sociedades clasificadoras. Las fórmulas implementadas en las restricciones se presentan en detalle en ANEXO O- Escantillonado Definitivo.

Metodología de optimización estructural

La implementación de Microsoft Excel con su herramienta "Solver" nos ayudara en la optimización de nuestra estructura. A continuación se presenta un diagrama de flujo del proceso de optimización de estructuras.

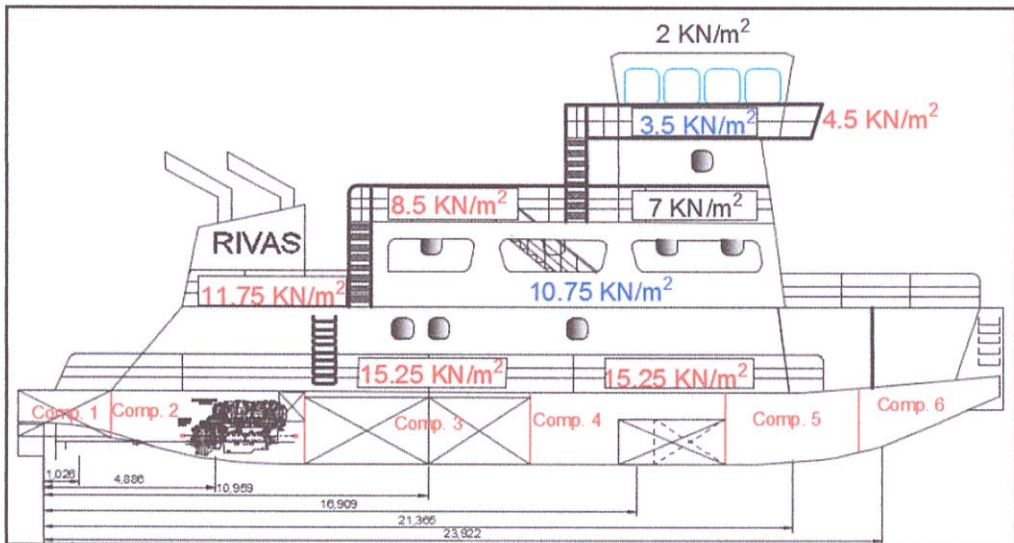
Figura No. 61 Diagrama de Flujo de la optimización estructural



[Fuente: Elaboración propia]

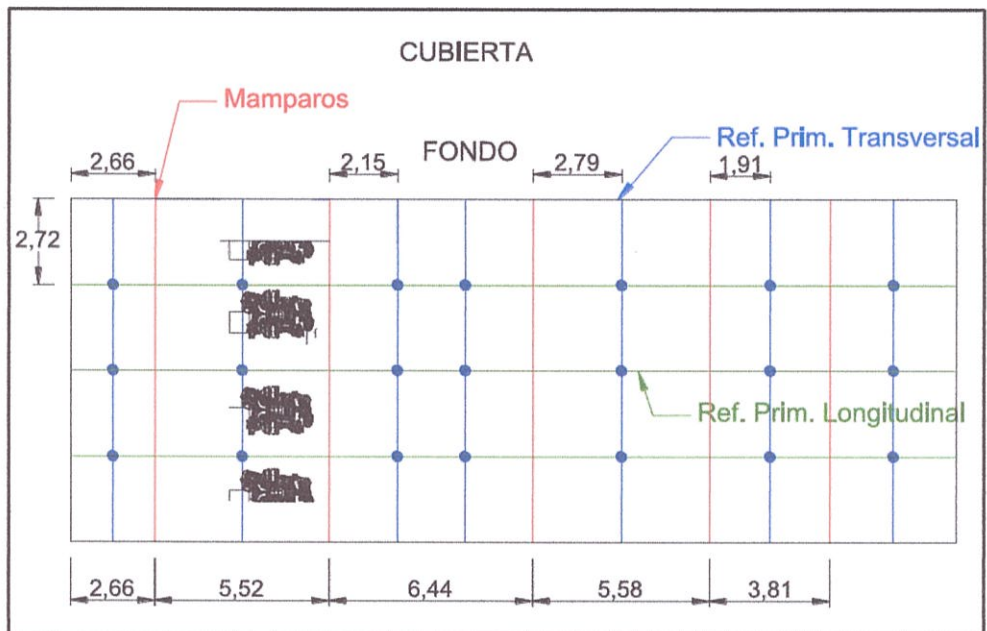
Como sigue se presenta un vista en perfil de los compartimentos a optimizar.

Figura No. 62 Vista en Perfil del Remolcador



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 63 Vista en planta con las fronteras de la Optimización



[Fuente: Elaboración propia]

Resultados

De la implementación del diagrama de flujo del proceso de optimización con la herramienta de Solver se ha logrado los siguientes resultados en el compartimento de sección media.

El detalle del proceso y cálculo se presenta en ANEXO O-Escantillonado Definitivo en la sección de optimización de un compartimento.

Tabla. LXXIX Resultados – Compartimento 3, Sección Media

CUBIERTA		(m)
Espaciamiento entre Refuerzos Trans. Secundarios:		0.429
Espaciamiento entre esloras (Ref. Primario Longitudinal)		2.718
Espaciamiento entre Ref. Secundario Longitudinal)		1.359
Espaciamiento entre Refuerzos Trans. Primarios:		2.147
COSTADOS		
Espaciamiento entre Refuerzos Trans. Secundarios Costado:		0.429
Espaciamiento entre Palmejares (Refuerzos Long. Primarios Costado)		1.030
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios Costado:		0.515
FONDO		
Espaciamiento entre Refuerzos Trans. Secundarios:		0.358
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Primarios:		2.718
Espaciamiento entre Refuerzos Trans. Primarios:		2.147
Espaciamiento entre Refuerzos Long. Secundarios:		0.906

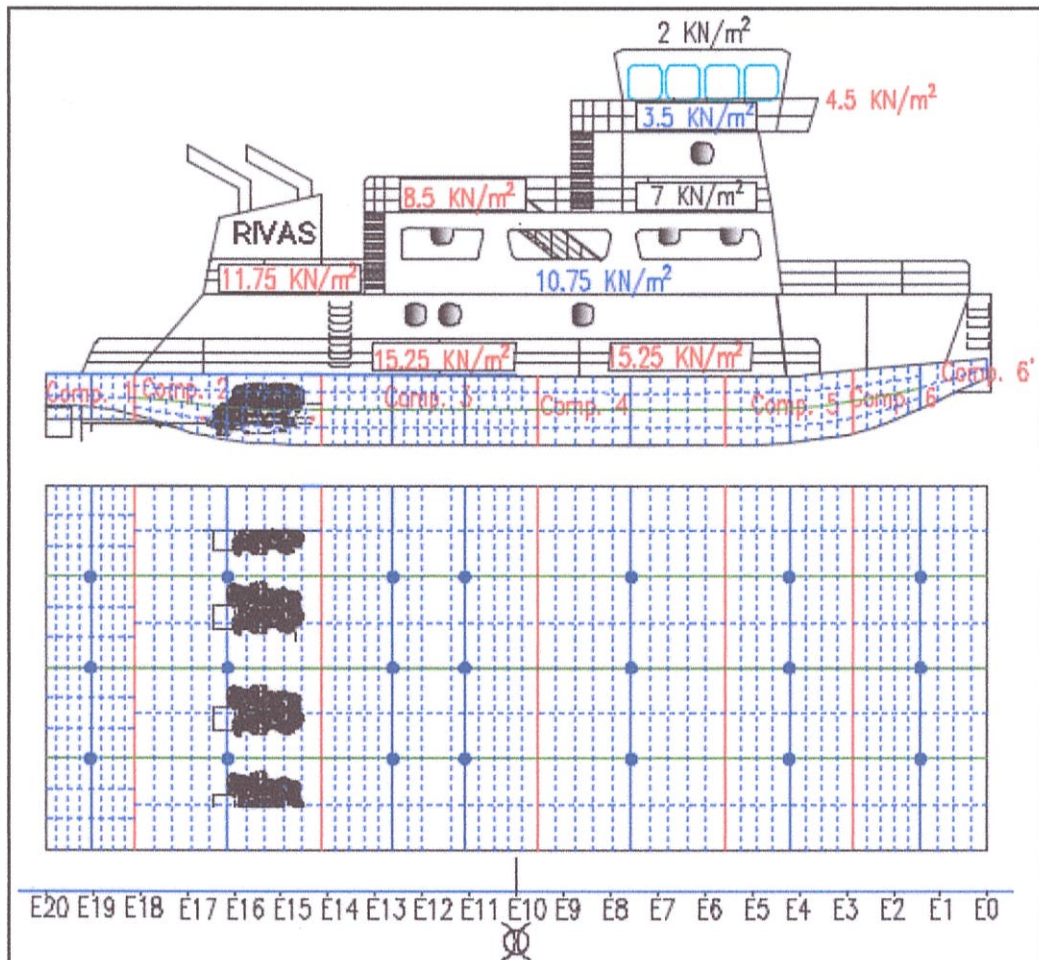
a/b Cubierta	3.165
a/b Costado	1.200
a/b Fondo	2.532
a/b Mamparo	1.137

[Fuente: Elaboración propia]

Como se aprecia la razón de aspecto es mayor en cubierta, y en el fondo. Además, se esperaba una razón de aspecto en el costado mayor que la del fondo, pero esta disminuyó, por la pre asignación de un palmejar.

A continuación se presenta el rayado estructural optimizado del Remolcador Fluvial

Figura No. 64 Rayado estructural optimizado. Costado y Cubierta



[Fuente: Elaboración propia]

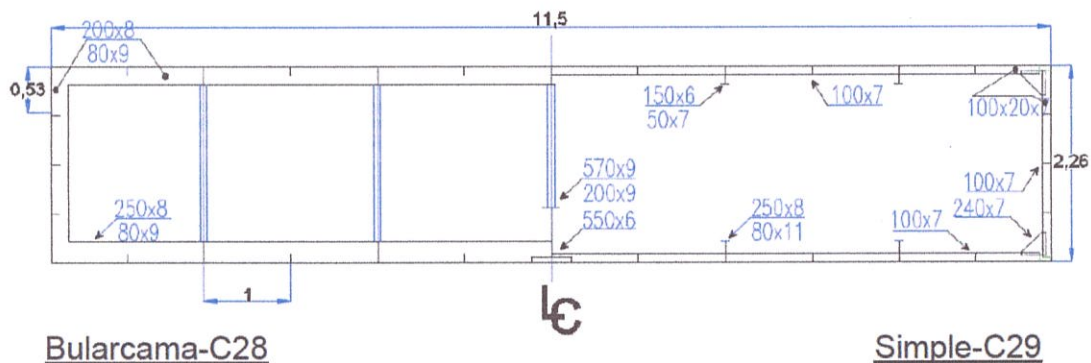
Los resultados obtenidos mediante el método de optimización fueron contrastados con los obtenidos con el programa SSC (ver Tabla. LXXX).

Tabla. LXXX Resultados comparativos

RIVAS S.A							
OPTIMIZACION DEL BLOQUE - SOLVER					SPECIAL SERVICE CRAFT		
Descripcion	Cantidad	Refuerzo empleado	SM requerido [cm3]	SM_Biblioteca [cm3]	SM requerido [cm3]	Refuerzo empleado	SM del refuerzo SSC [cm3]
SECCION DE CUBIERTA							
Primario Longitudinal	3	L 120x80/12x12	105.626	107.917	110.9	L 120x80/8x8	117.68
Primario Transversal	2	L 120x80/10x10	89.142	101.335	122.7	L 120x80/12x12	135.9
Secundario Longitudinal	4	100x13	35.209	35.568	28.7	100x13	35.6
Secundario Transversal	12	75x11	17.828	20.801	16.39	75x11	18.32
Planchaje			4 mm		4 mm		
SECCION DE COSTADO							
Palmejar	2	T 340x120/12x15	722.677	751.760	654.30	T 315x100/12x15	705.27
Primario Transversal	4	L 150x100/10x10	154.111	177.304	139.551	L 150x100/10x10	188.012
Longitudinal Secundario	4	150x9	80.000	83.190	49.400	150x9	58.500
Secundario Transversal	24	50x7	7.706	14.473	9.46	65x9	13.09
Planchaje			6 mm		5 mm		
SECCION DE FONDO							
Primario Longitudinal	3	T 216x75/7x16	253.700	295.147	202.60	T 150x100/12x12	221.75
Varenga	2	T 625x150/12x25	235.000	2219.852	242.00	T 575x150/12x25	2637.99
Secundario Longitudinal	8	L 200x100/10x10	56.378	269.125	88.40	L 150x100/12x12	209.20
Secundario Transversal	15	L 120x80/8x8	35.685	98.613	55.90	L 120x80/10x10	116.30
Planchaje			7 mm		6 mm		
MAMPARO							
Ref Transversales	1	L 150x100/12x12	722.677	218.069	108.011	L 150x100/12x12	227.029
Ref Verticales	8	50x8	12.177	17.035	12.91	50x14	13.39
Planchaje			8 mm		8 mm		

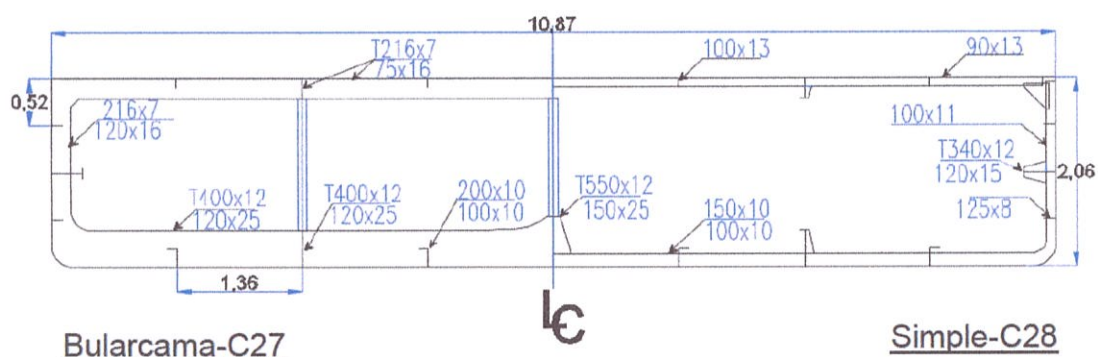
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 65 Cuaderna maestra del Diseño Preliminar



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 66 Cuaderna maestra de la optimización definitiva



[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. LXXXI Resultados Comparativos

	Diseño preliminar	Diseño Final	
Peso del Casco	113	86.17	-24%
Costo del Material	\$ 164,076.00	\$ 148,157.34	-10%
Insumos Primario	\$ 17,550.00	\$ 15,305.51	-13%
Insumos Secundario	\$ 47,520.00	\$ 47,520.00	0%
Mano de Obra	\$ 354,573.11	\$ 308,324.44	-13%
Costo Total	\$ 583,719.11	\$ 519,307.29	-11%

[Fuente: Elaboración propia]

De nuestra función objetivo costo total de construcción vemos que hay una reducción de un 11 % aproximadamente, lo que representa un ahorro de \$64,411.82 en la construcción.

3.6 Sistemas a Bordo complementarios

La ventilación del cuarto de máquinas debe proveer la temperatura ambiental y el flujo de aire requerido para los equipos principales, motores y generadores, también debe dar confort a la tripulación de sala máquinas.

También se dotará del sistema para expulsar a la atmosfera los gases de escape del motor. Para nuestra embarcación utilizaremos un sistema de escape seco.

3.6.1 Sistemas de Ventilación

Para el diseño del sistema de ventilación se consideró introducir el aire fresco desde el exterior hacia la sala de máquinas por sitios que se encuentren lo más alejados de las fuentes de calor. Se debe permitir que el aire fluya por la sala de máquinas, desde los puntos de entrada de aire frio hasta las fuentes de calor del cuarto de máquinas. La descarga de aire fresco que ingresa se lo hará lo más abajo posible para que por convección, el aire caliente ascienda por la chimenea hacia afuera, [78].

Las consideraciones específicas para el diseño son:

- la temperatura de ambiente fuera de la sala de máquinas es de 35°C.
- Calor irradiado al aire por cada máquina
- Calor irradiado al aire por los generadores,
- Calor irradiado por los equipos eléctricos
- Aire que requiere cada uno de los motores para la combustión.

La referencia [79] ofrece estimaciones para el calor irradiado. El Calor irradiado considerado por el equipamiento eléctrico que es de 10% del irradiado por los generadores. De acuerdo a las especificaciones técnicas del motor y generador, el flujo de aire requerido para la combustión es el siguiente:

Tabla. LXXXII Flujo requerido para la combustión.

Descripción	Q (m³/min)	Qt(m³/min)
Flujo requerido para motor (m ³ /min)	41.50	166.00
Flujo requerido para generador (m ³ /min)	5.30	10.60
Total		176.6

[Fuente: Elaboración propia]

A continuación en resumen el calor irradiado por cada componente de la sala de máquinas que menciona Caterpillar:

Tabla. LXXXIII Calor total irradiado por componentes sala de máquinas

Descripción	Qc (Kw)	Qct(Kw)
Calor expulsado del motor	60.00	240.00
Calor expulsado del	4.40	8.80
Calor por equi. Eléctrico	0.88	0.88
Total		249.68

[Fuente: Elaboración propia]

No se consideró el calor expulsado por la tubería de escape debido a que este va completamente aislado hasta la salida de la sala de máquinas. Por lo tanto, el flujo que requiere el cuarto de máquinas considerando una densidad de aire ($P=1.15 \text{ kg/m}^3$) es:

$$Q_t = \frac{\text{calor expulsado total [kw]}}{P * C_e * \Delta T} + \text{Flujo para la combustion}$$

El flujo mínimo requerido para el cuarto de máquinas es:

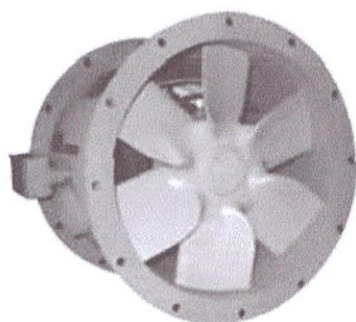
$$Q_t = \frac{189.68 \text{ [kw]} * 60}{\left(1.15 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right) * \left(1.01 \frac{\text{KJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}\right) * 15^\circ\text{C}} + 176.6 = 1001.68 \text{ m}^3/\text{min}$$

Selección del ventilador

Conocido el flujo volumétrico total que se requiere impulsar, procedemos a seleccionar un ventilador que se ajuste a este flujo. Para esto se decidió seleccionar un ventilador de la serie marina 44M, la embarcación tendrá 2

entradas de aire de ventilación para sala de máquinas. Por lo tanto, el flujo mínimo necesario por cada entrada es 17672 pies³/min, el ventilador seleccionado tendrá un flujo volumétrico de 18510 pies³/min para una presión estática de 1.5 pulgada de H₂O, [80].

Tabla. LXXXIV Ventilador Seleccionado,



Series 44 M – Type DA

Modelo	44M-326DA-- STAIN3
Potencia	10 Hp
Flujo	18510 pies ³ /min
Rpm	1765
Presión estática	1 1/2" H ₂ O

[Fuente: Compañía Hartzell Fan]

Según el flujo del ventilador se ha aproximado un área de 0.64 m² para el ducto de ventilación, tomando las recomendaciones de la referencia, [81].

Del cálculo de caída de presión en el ducto de ventilación que se presenta en ANEXO P-Sistemas complementarios, se obtuvo 0.623 plg H₂O de pérdida.

3.6.2 Sistemas de Gases de Escape

La función del sistema de escape es expulsar a la atmosfera los gases de escape del motor. Para nuestra embarcación utilizaremos un sistema de

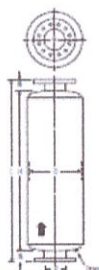
escape seco. Además, se proveerá acople flexibles para la conexión al motor, la cual debe estar colocada lo más cerca del motor como sea posible.

Como se mencionó con anterioridad, el motor a instalar es un CAT C32 Acert de 750 Hp con una contrapresión máxima de 27 plg. H₂O, temperatura de gases de escape de 711 °F para un flujo que corresponde a 2999 pies³/min. El motor tiene un diámetro de salida de escape de 5 pulgadas.

Selección del silenciador

Para la selección del silenciador es necesario conocer la velocidad en el sistema de escape. Además, el área del conducto, con las formulaciones recomendadas que se detallan en ANEXO P-Sistemas complementarios. Resultando una velocidad de 15094 pies/min y un de área de 0.349 pies² que equivale a un diámetro de 8 plg, esta sería la dimensión de la tubería de ingreso al silenciador.

Tabla. LXXXV Características del silenciador seleccionado



Serie	EN 2
Modelo	19-108-AA
Atenuación	30 dB
D	20 plg
L	62 plg
N	3 1/2 plg
H	54 plg

[Fuente: Compañía UniversalAet]

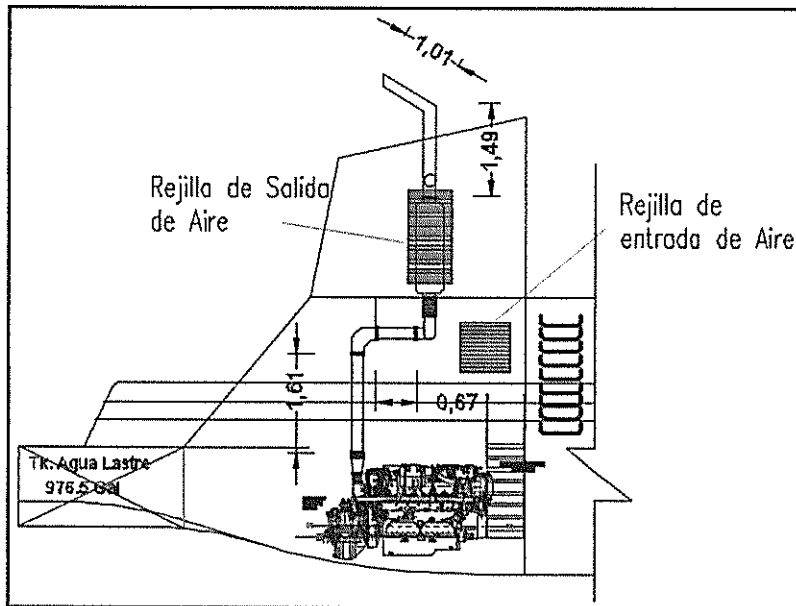
Los cálculos en detalle se presentan en ANEXO P-Sistemas complementarios en la sección de caída de presión del sistema de escape, los resultados tanto por el propio silenciador como por la longitud del sistema de escape fueron:

Tabla. LXXXVI Resumen de resultados caída de presión en el sistema de escape de motores.

M1-M4			M2-M3		
Caída de presión			Caída de presión		
Silenciador	V(pie/min)	8593	Silenciador	V(pie/min)	8593
	P(plg)	8.75		P(plg)	8.75
	P(Kpa)	2.19		P(Kpa)	2.19
Por expansión	P(Kpa)	0.29	Por expansión	P(Kpa)	0.29
Por codo de 5"	Le(m)	2.54	Por codo de 5"	Le(m)	2.54
Por codo de	Le(m)	12.1	Por codo de	Le(m)	12.1
Longitud	Le(m)	6.2	Longitud	Le(m)	5.48
	le total(m)	20.9		le total(m)	20.2
	Sg(Kg/m3)	0.62		Sg(Kg/m3)	0.62
	p(Kpa)	0.85		p(Kpa)	0.93
	Pgt(Kpa)	3.33		Pgt(Kpa)	3.41

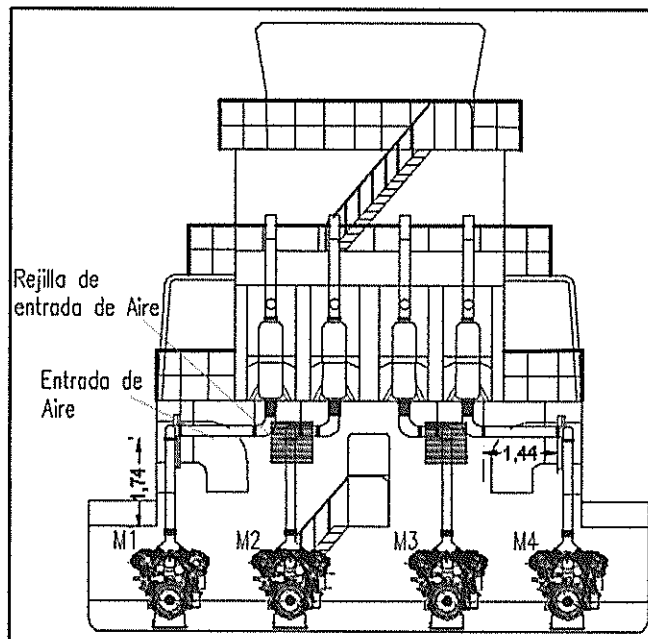
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 67 Vista de perfil sistema de escape



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 68 Vista transversal de popa de la embarcación



[Fuente: Elaboración propia]

La pérdida total de caída de presión para los motores M1, M4 y M2, M3 fueron de 3.33 Kpa y 3.41 Kpa respectivamente, dando un margen de presión favorable del 50% aproximadamente. Por lo que, con 6.70 Kpa de contrapresión del motor no tendrá problemas en la salida de los gases de escape.

3.7 Análisis de resultados obtenidos en el diseño definitivo

El desplazamiento calculado en el diseño preliminar disminuyó de 389.40 ton a 275.3° ton debido a la reducción del puntal y manga de 2.26 a 2.06 metros y 11.50 a 10.87 metros provocando reducción de peso estructural, además, hubo aumento de potencia especialmente en zonas de poca profundidad. En zonas irrestrictas se logró disminuir la resistencia debido al nuevo calado de 1.2 m dando como resultado menor consumo de combustible en estas zonas.

Mediante los 8 prototipos modelados con las formas apropiadas según, [51], y probados en el módulo de Hidromax se obtuvo un modelo optimizando costos preliminares con las dimensiones interpoladas, el cual cumple con los criterios de estabilidad transversal, además, se constató que para la condición del 10% de consumibles la hélice se encuentre sumergida, calando en popa 1.04 metros.

Se seleccionaron cuatro motores Cat 32, los que poseen una potencia al freno de 750 Bhp. Este aumento de potencia se debe a la posibilidad de empujar mayor carga, ya que los métodos de cálculo en la etapa preliminar de resistencias estuvieron limitados por ciertas configuraciones de convoy según, [14], es decir, se ha establecido la configuración según convenga para cumplir con los requisitos del armador y restricciones de operación. La hélice ka.4.7 con tobera N37 brindó en la optimización mayor eficiencia con 1.02 m de diámetro que la tomada en el diseño preliminar, generando un empuje necesario por cada hélice de 83 KN en la condición más extrema.

El cálculo estructural basado en la minimización del costo de material y mano de obra y cumpliendo con las restricciones dadas por parámetros mínimos establecidos por las sociedades de clasificación Bureau Veritas, [72] y Lloyd's Register, [73]. Se obtuvo una disminución del peso debido al casco de 117 ton a 86 ton, con un costo total de producción de \$519,307.29.

CAPITULO 4

ANALISIS ECONÓMICO

4.1 Estimación de Costos y Factibilidad

Costo del Proyecto

La estimación de costos se ha desarrollado considerando construcción del Remolcador Fluvial, se ha tomado en cuenta el material de acero naval (ASTM-131. Gr 31) en el casco y superestructuras, así como también acero-A36 para los refuerzos. Se consideraron los gastos por soldadura, oxígeno y fungibles como un 17% del peso total casco-superestructuras. Los detalles de la estimación de costos tanto por material como mano de obra en acero fue parte de la función objetivo en la optimización estructural, descrita en el capítulo anterior.

El costo de la maquinaria principal, sistema eléctrico, sistema de gobierno, propulsivo fue estimada según, [10] estimaciones con precios referenciales

ecuatorianos. El costo de los sistemas de achique, contraincendios, combustibles etc. Se obtuvieron de la referencia, [45] y [84], los cuales presentan valores actuales de los equipos, como bomba, ventiladores, etc. y costos referenciales del mercado ecuatoriano para las tuberías y accesorios, respectivamente.

Para la consideración de la mano de obra, en los sistemas auxiliares se ha considerado en promedio 3 soldadores, 2 ayudantes, 1 ingeniero a cargo, tratando estimar el costo que demanda de éstas operaciones. Finalmente se consideró para el SandBlasting y pintura \$ 30/m² y el costo de \$ 2000 semanales por la utilización de un varadero tomado de, [85].

El desglose de pesos, costos de material y mano de obra en acero del remolcador se presenta en ANEXO O-Escantillonado Definitivo, sección Informe de estimación costo de construcción

El desarrollo de estimación materiales y costos de los sistemas auxiliares se presente en ANEXO Q- Análisis Económico.

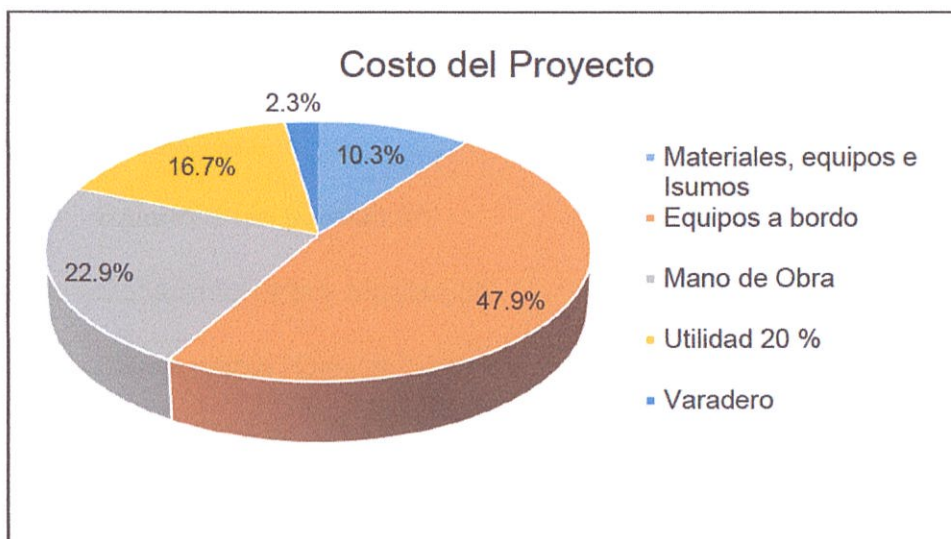
En el resumen de los costos que se presenta en la Tabla. LXXXVII se ha considerado 10 % de imprevistos del costo total por casco y superestructura.

Tabla. LXXXVII Resumen de Estimación de Costo

Ítem	Descripción	unidad	Cant	Material		Mano de Obra		Costo Total
				\$ Unitario	\$ total	\$ Unitario	\$ total	
1	Casco y refuerzos	ton	87	\$1,701.15	\$148,000.05	\$4,266.07	\$371,148.09	\$519,148.14
2	Superestructura	ton	23.7	\$1,200.00	\$28,440.00	\$4,266.07	\$101,105.86	\$129,545.86
3	Aislamiento	m2	654	\$13.32	\$8,711.28	\$10.00	\$6,540.00	\$15,251.28
4	Habitabilidad y confort	globo	1	\$84,419.72	\$84,419.72	\$12,000.00	\$12,000.00	\$96,419.72
5	Motor	unidad	4	\$150,246.00	\$600,984.00	\$3,500.00	\$14,000.00	\$614,984.00
6	Generador y sistema eléctrico	unidad	2	\$78,750.00	\$157,500.00	\$2,500.00	\$5,000.00	\$162,500.00
7	Sistema Propulsor	unidad	4	\$41,977.50	\$167,910.00	\$15,000.00	\$60,000.00	\$227,910.00
8	Sistema Reductor	unidad	4	\$11,800.00	\$47,200.00	\$1,500.00	\$6,000.00	\$53,200.00
9	Sistema de Gobierno	unidad	4	\$44,776.25	\$179,105.00	\$2,300.00	\$9,200.00	\$188,305.00
10	SandBlasting y Pintura	m2	1600	\$30.00	\$48,000.00	-	-	\$48,000.00
11	Sistemas Contraincendios	unidad	1	\$6,607.88	\$6,607.88	\$2,800.00	\$2,800.00	\$9,407.88
12	Sistemas Achique	unidad	1	\$7,117.16	\$7,117.16	\$3,500.00	\$3,500.00	\$10,617.16
13	Sistemas Agua dulce	unidad	1	\$8,720.67	\$8,720.67	\$3,500.00	\$3,500.00	\$12,220.67
14	Sistemas Combustible	unidad	1	\$3,835.13	\$3,835.13	\$2,500.00	\$2,500.00	\$6,335.13
15	Sistema escape y Ventilación	unidad	1	\$10,738.00	\$10,738.00	\$1,800.00	\$1,800.00	\$12,538.00
16	Sistema de amarre y fondeo	unidad	1	\$18,000.00	\$18,000.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$19,200.00
17	Costo del varadero	globo	1	-	-	-	-	\$60,000.00
				Varadero				\$60,000.00
				Materiales, equipos e Insumos				\$270,170.16
				Equipos a bordo				\$1,255,118.72
				Mano de Obra				\$600,293.95
				Subtotal				\$2,185,582.82
				Utilidad 20 %				\$437,116.56
				Costo del Proyecto				\$2,622,699.39

[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 69 Diagrama circular- Costos del Proyecto



[Fuente: Elaboración propia]

El diagrama presentado se nota que, la mayor parte del costo total son los equipos a bordo, ya que estos consideran maquinaria principal, reductores, generadores, equipos de navegación, sistemas, etc., además, se observa que, parte del costo tiene gran influencia la mano obra con el 22.9%, y menor costo con un 2.3% el varadero, el cual, presta servicio de espacio para la construcción. Con la finalidad de considerar aspecto de diseño del remolcador, supervisión y garantía de la construcción se ha considerado \$437,116.56 (20% CT). El costo total de la embarcación es de \$2'662,699.39 dólares americanos.

Costo de Operación. Como se había previsto el Remolcador Fluvial navegaría por 18 días cada mes y 10 días deparados para maniobras en puerto. La tripulación a bordo trabajará 10 horas diarias. Los costos a considerar fueron:

- Salario de la tripulación
- Consumibles por tripulación
- Combustible (Diésel)
- Mantenimiento
- Gastos generales

Tabla. LXXXVIII Gasto Mensual-Anual. Tripulación

Rol de Pagos		
Personal	Pago	Pago Anual
Capitán o Patrón de	\$2,500.00	\$30,000.00
Marinero Timonel	\$1,200.00	\$14,400.00
Marinero Motorista	\$1,000.00	\$12,000.00
Marinero Motorista	\$1,000.00	\$12,000.00
Marinero de cubierta	\$1,000.00	\$12,000.00
Marinero de cubierta	\$1,000.00	\$12,000.00
Marinero Aceitero	\$900.00	\$10,800.00
Marinero Maquinista	\$900.00	\$10,800.00
Oficial Electricista	\$1,000.00	\$12,000.00
Jefe de Máquina	\$1,500.00	\$18,000.00
Cocinero	\$1,000.00	\$12,000.00
Administrador	\$2,500.00	\$30,000.00
Sub Total	\$15,500.00	\$186,000.00
Consumibles Tripulación		
Comida	\$2,604.00	\$31,248.00
Agua Fresca	\$197.73	\$2,372.74
Subtotal	\$2,801.73	\$33,620.74
TOTAL		\$219,620.74

[Fuente: Elaboración propia]

Para tomar en consideración tanto los costos generales y de mantenimiento, la Tabla. LXXXIX, se ha implementado formulaciones dadas por, [86]. Para la estimación del costo de combustible, se ha considerado que, 6 meses cubrirá toda la ruta de navegación (Puerto Providencia-Manos), mientras que los meses restantes del año media ruta (Iquitos- Manaos). Se consideró 3 precios de combustible diferentes como son; Ecuador (\$1.65/gal), Perú (\$2.81) y Brasil (\$2.95), tomados de, [86] y [87].

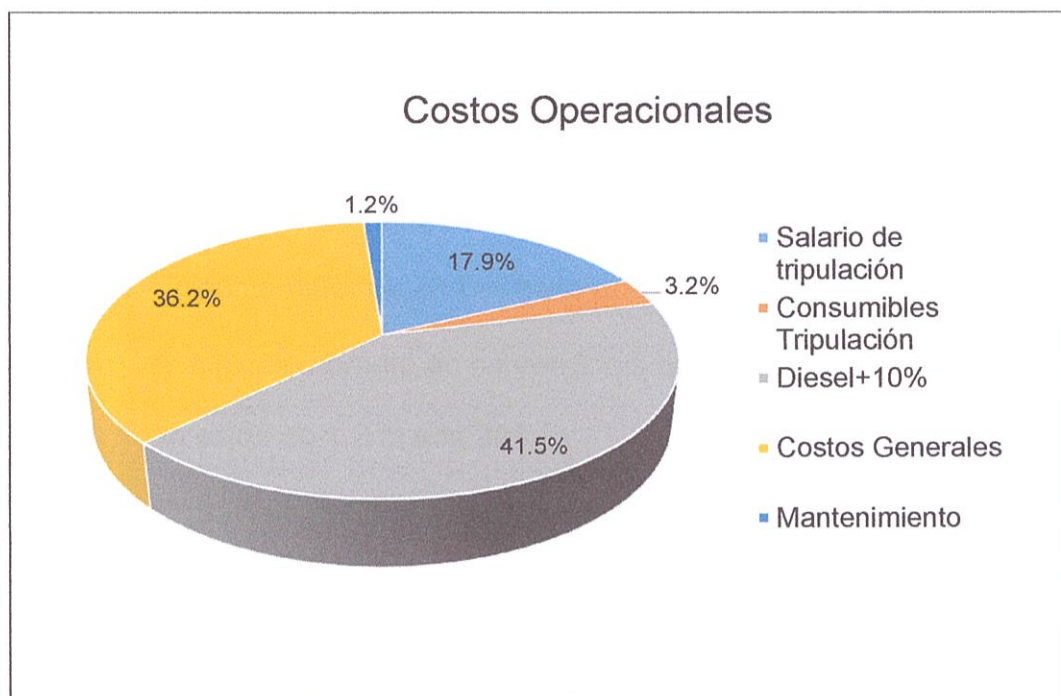
Tabla. LXXXIX Costos Generales, Mantenimiento y Combustible

Costos Generales		
Ítem	Costo Mensual	Costo Anual
Permisos	\$1,200.00	\$1,200.00
Pertrechos	\$350.00	\$4,200.00
Seguro de riesgo	\$21,855.83	\$262,269.94
Protección e Indemnización	\$925.00	\$11,100.00
Seguro Casco y Maquinaria	\$2,363.24	\$28,358.90
Gasto de Puerto	\$363.19	\$4,358.31
Gastos Misceláneos	\$5,453.08	\$65,436.96
Subtotal	\$32,510.34	\$376,924.10
Mantenimiento		
Mantenimiento- Reparación_Casco	\$302.29	\$3,627.51
Mantenimiento-Reparación_Maquinaria	\$727.12	\$8,725.46
Subtotal	\$1,029.41	\$12,352.97
Combustible		
Diesel+10%	\$35,944.92	\$431,339.04
Subtotal	\$35,944.92	\$431,339.04
TOTAL		\$820,616.12

[Fuente: Elaboración propia]

Tanto las fórmulas, [86], como el cálculo del consumo y costo del combustible se detallan en ANEXO Q- Análisis Económico, sección Costos Generales.

Figura No. 70 Diagrama circular-Costos Operacionales Anuales



[Fuente: Elaboración propia]

La cifra en el año de mayor transcendencia fue el de costos de combustible con el 41.5 %, producido por las largas rutas de navegación consideradas. Un rubro importante a considerar son los costos generales, ya que se obtuvo el 36.2% de su total, éstos involucran seguros de riesgos, indemnización, seguro por la maquinaria, casco, etc., además

Finalmente se estimaron los ingresos anuales tomando como base los precios según la referencia, [1], los cuales se detallan en la Tabla. XC

Las consideraciones para la estimación de los ingresos anuales fueron:

- En la ruta Providencia-Manaos, se prevé 5 fletes durante seis meses, debido a la posibilidad de competencia.
- En la ruta Iquitos-Manaos, se prevé 6 fletes durante seis meses, debido a la posibilidad de competencia.
- Un contenedor de 20 Teu tiene una equivalencia de 0.925 Teu/ton.
- El máximo número de contenedores que puede llevar convoy 3x4 a un caldo de 1.2 m son 324.
- El máximo número de contenedores que puede llevar convoy 3x4 a un caldo de 1.82 m son 648.

Los costos de los fletes son:

Tabla. XC Costos Unitarios- Ruta Manta-Manaos, [1].

Rutas Fluviales	Km	\$/Teu Km	\$/Teu
Providencia-San Roque	34.5	\$0.10	\$3.45
San Roque-El Edén	22	\$0.10	\$2.20
El Edén-Cap. Rivadeneira	25.2	\$0.10	\$2.52
Cap. Rivadeneira-Hurítica	37.3	\$0.10	\$3.73
Hurítica-Tiputini	11.5	\$0.10	\$1.15
Tiputini-Rocafuerte	23	\$0.10	\$2.30
Rocafuerte-Pantoja	179	\$0.10	\$17.90
Pantoja-Iquitos	404	\$0.10	\$40.40
Iquitos - Manaos	1221	\$0.04	\$50.31
	Providencia - Manaos		\$123.96

[Fuente: Análisis del Transporte del Corredor Logístico Manta-Manaos, Ecuador]

Con las consideraciones establecidas y los costos de los fletes se obtuvo los siguientes ingresos:

Tabla. XCI Ingreso Anual

Para recorrido Completo_Convoy de 3x4_Cap max 324 Contenedores			
DWT	Teu	# Contenedores	\$/viaje
5188.67	4804.32	240	\$595,520.95
Ingresos_6 meses			\$2,977,604.76

Para recorrido Completo_Convoy de 3x4_Cap max 648 Contenedores			
DWT	Teu	# Contenedores	\$/viaje
10000	9259.26	463	\$465,788.89
Ingresos_6 meses			\$2,794,733.33
Total			\$5,772,338.09

[Fuente: Elaboración propia]

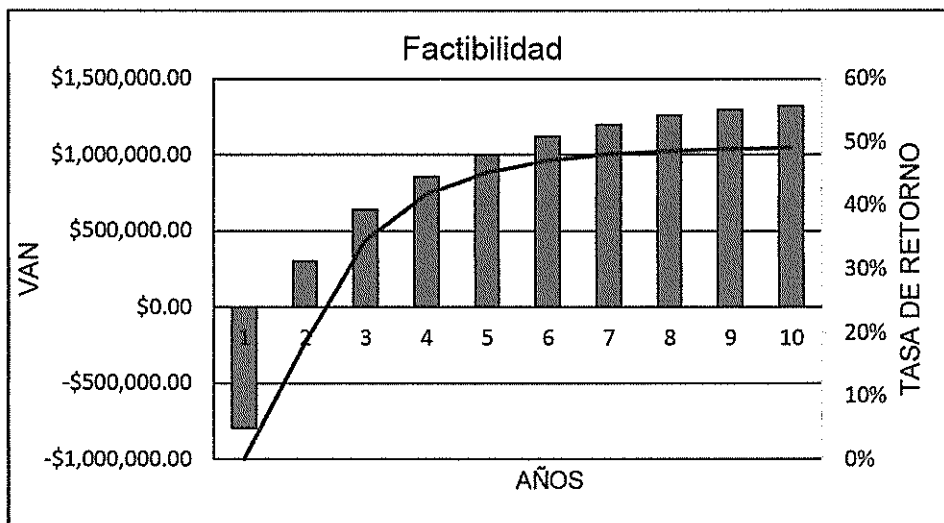
Factibilidad del Proyecto

El estudio de factibilidad se lo ha realizado aplicando las dos herramientas financieras, el VAN (Valor Actual Neto) y el TIR (Tasa Interna de Retorno), debido a que es un análisis de proyección en el tiempo se ha establecido varios aspectos como:

- Captación del mercado, 4 posibles escenarios. Influencia directamente en los ingresos anuales
- Elevación de costos operacionales, debido la inflación en Ecuador del 5%
- Préstamo bancario con una tase de interés 9.5 %, [88], efectivo mensual con pagos decreciente del 2% a 5 años de plazo.

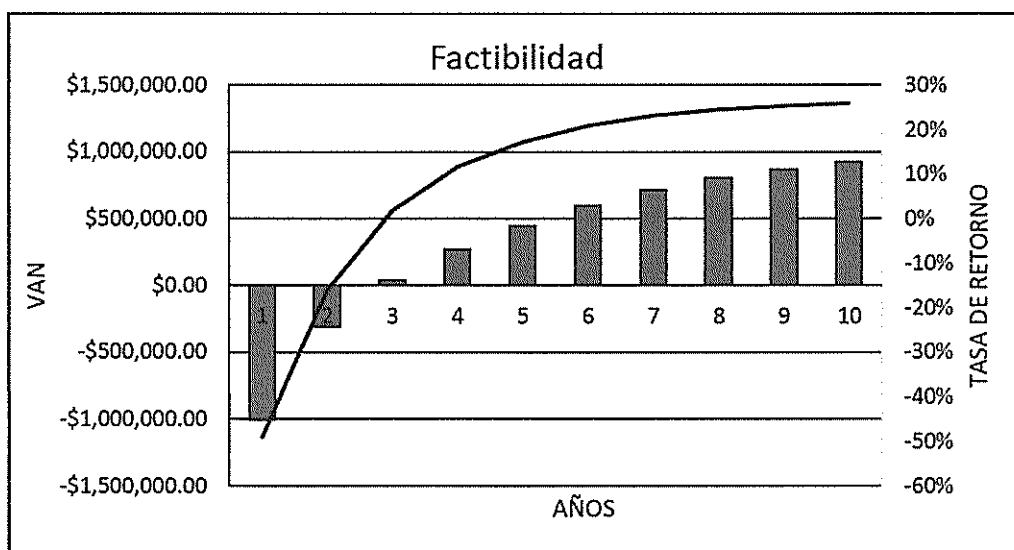
Los resultados obtenidos se presentan en las Figuras No. 71 , 72, 73 y 74

Figura No. 71 Curva de factibilidad- 80% captación de mercado



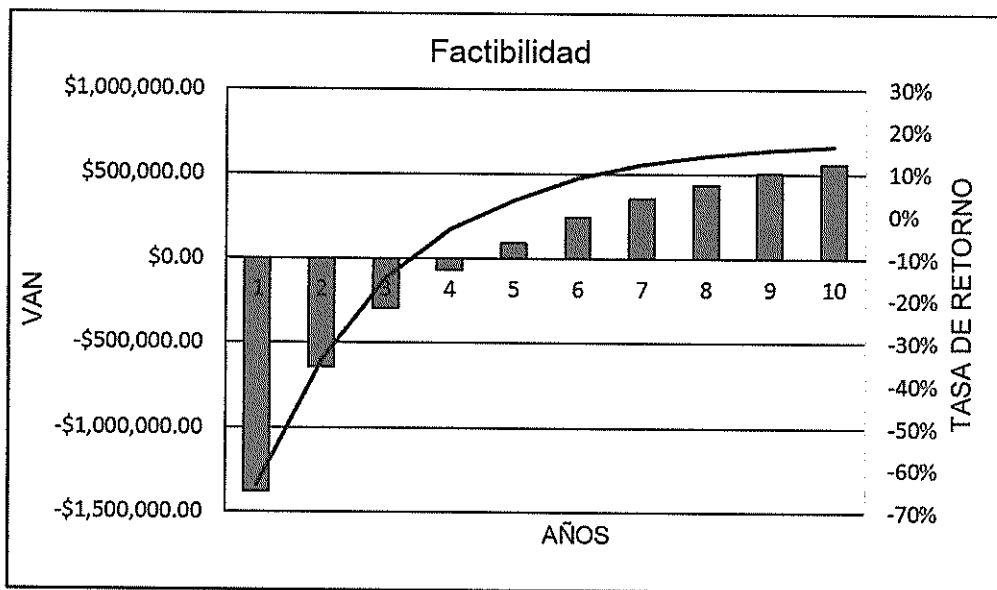
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 72 Curva de factibilidad- 60% captación de mercado



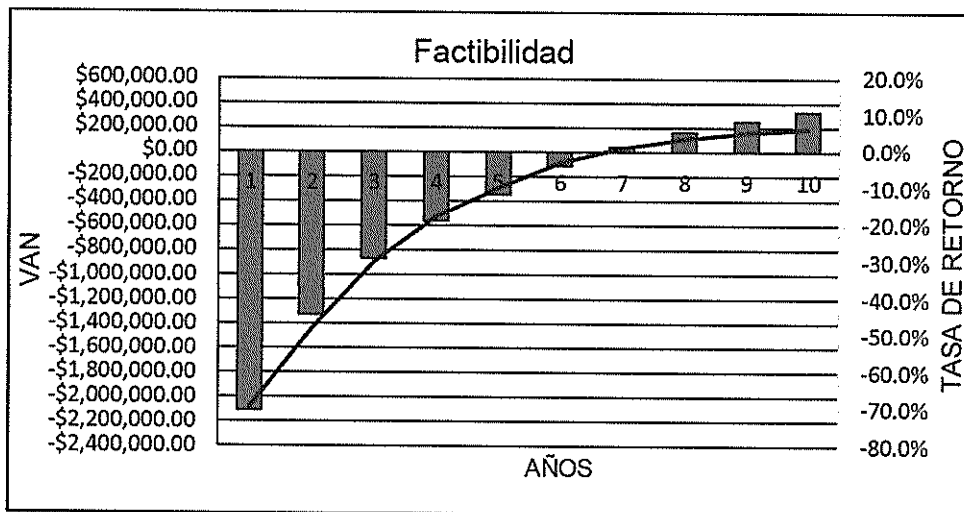
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 73 Curva de factibilidad- 50% captación de mercado



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 74 Curva de factibilidad- 42% captación de mercado



[Fuente: Elaboración propia]

Como se observa en la curvas presentas anteriormente en la Figura No. 74 notamos que, a mediados del año 6 comenzamos a tener rentabilidad. Mientras que el VAN proyectado a 10 años es aproximadamente \$323,797.56, con un TIR de 8.4%, y una tasa de retorno esperada del 6.2%. Cabe mencionar que sobre esta condición de captación de mercado obtendremos mayores beneficios tal como se muestran en las demás curvas.

Los cálculos del VAN, TIR, y amortizaciones se presentan en detalle en ANEXO Q- Análisis Económico, sección Cálculo de Van y Tir

4.2 Planificación del Proyecto

El tiempo de la construcción del Remolcador Fluvial será de 6 meses de acuerdo al diagrama de Gantt (ver Tabla. XCII). Las horas hombres estimadas para el proyecto son de 41069 HH, con un costo de \$ 600,293.95

4.3 Riesgo y Confiabilidad del Proyecto

Evaluación de riesgos

Existen dos tipos de evaluación de riesgo; el cualitativo, semi-cuantitativo y cuantitativo, mediante los cuales se evalúan los riesgos asociados a una hipótesis de accidente. En el desarrollo de este proyecto se establece como razones principales el nivel confiabilidad del proyecto esté ligada a los riesgos que pueden tener las personas en el área de trabajo. Los trabajadores de distintos oficios y especialidades pueden sufrir un accidente, entonces, parte de los procesos de construcción de la embarcación estaría afectada.

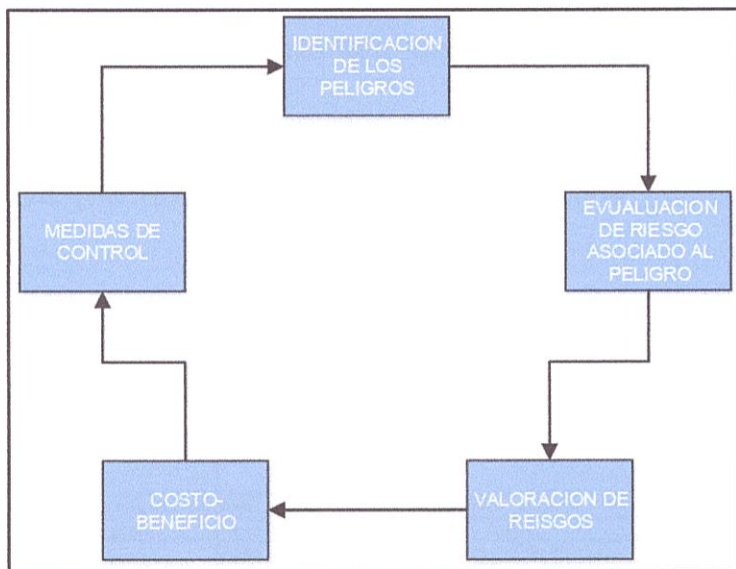
Otras operaciones necesitan utilizar un gran número de equipos y cargas de gran peso con una limitación de espacio. Estos riesgos pueden materializarse y lo hacen, básicamente, a través de los accidentes. Finalmente otros riesgos en construcción del Remolcador Fluvial que afectan de una forma más directa al trabajador dando lugar a lo que se denomina enfermedad profesional u otras enfermedades derivadas del trabajo.

Cualquiera que sea el punto de trabajo, son necesarias unas condiciones seguras y saludables para todos los que trabajen en él, siendo necesario para ello la existencia no sólo de elementos seguros en la propia realización del trabajo sino de otros que afecten a lo que es la planificación de la obra.

En las operaciones se consideran trabajadores como; soldadores, electricistas, gasfiteros, armadores, ayudantes, etc.

En la Figura No. 75 se presenta un proceso general para la evaluación de riesgos.

Figura No. 75 Proceso de evaluación de riesgo



[Fuente: Elaboración propia]

Para el proceso de evaluación de riesgo en la construcción del remolcador fluvial se requiere un amplio estudio por cada grupo tecnológico. Por lo que, de manera general se realizó un alcance global en este proyecto tomando los siguientes aspectos:

- Personal de análisis; soldadores, armadores, ayudante, gasfiteros

- Actividades críticas
- Se toma en cuenta equipos pesados
- La valoración al riesgo está dada por la multiplicación consecuencia (C), exposición (E), probabilidad de ocurrencia (P)
- El análisis es semi-cuantitativo.

A continuación se presenta el resumen general de la evaluación de riesgo. La valoración de los riesgos asociados a ese tipo de trabajos se presenta de manera objetiva, (ver ANEXO R- Valoración de Riesgos)

Tabla. XCIII Evaluación de riesgos

Procesos	Tareas	Peligro	Riesgo	Evaluación del riesgo				
				E	C	P	GR	Medida de mérito
Fabricación de elementos estructurales	Plantillado en planchas de acero	Mala postura	Malestares lumbares	10	1	10	100	BAJA
		Movimientos repetitivos	Fatiga y estrés	10	1	10	100	BAJA
	Corte de Planchas (Oxicorte y cizallas)	Altas temperaturas	Quemaduras de 3er grado	10	6	7	420	MEDIA
		Mal manejo de cizallas	Corte de extremidades	6	6	7	252	BAJA
	Soldado de partes	Gases de oxicorte	Explosión	10	6	7	420	MEDIA
		Arco eléctrico	Ojos limitados	6	4	7	168	BAJA
Armado de Cuademas	Manejo de teclas	Gases de soldadura	Intoxicación leve	10	4	4	160	BAJA
		Mal manejo de teclas	Aplastamiento de extremidades	6	6	7	252	BAJA
	Soldado quilla	Arco eléctrico	Iritación de ojos	2	4	10	80	BAJA
		Mala postura	Fatiga y dolores lumbares	10	1	10	100	BAJA
		Gases de soldadura	Intoxicación leve	10	4	4	160	BAJA
		Maquinas de rolado	Atrapamiento de extremidades	2	6	4	48	BAJA
Forrado	Soldado completo al esqueleto	Arco eléctrico	Iritación de ojos	2	4	10	80	BAJA
		Mala postura	Fatiga y dolores lumbares	10	1	10	100	BAJA
		Gases de soldadura	Intoxicación alta	10	10	4	400	MEDIA
		falta de espacios	Daños de instalación	1	6	10	60	BAJA
Ensamble de compartimentos	Uso de grúas	Mal manejo de grúa	Accidentes catastrófico	1	10	4	40	BAJA
		Elementos de precisión	Caidas de primer nivel	Fracturas de extremidades	1	6	4	24	BAJA
	Soldado de compartimentos	Gases de soldadura	Intoxicación alta	10	10	4	400	MEDIA
		Arco eléctrico	Iritación de ojos	2	4	10	80	BAJA

BAJA	No requiere acciones inmediatas
MEDIA	Monitoreo y establecer procedimientos
ALTA	Control e implementación inmediata

[Fuente: Elaboración propia]

Confiabilidad del proyecto

Manteniendo un nivel de riesgo aceptable para las condiciones de trabajo podemos establecer niveles de confiabilidad en los procesos que forman parte de la construcción de embarcaciones con la finalidad de entregar un buen producto. Para evaluar el Proyecto diseño Remolcador Fluvial, se ha establecido en los grupos constructivos verificar en el proceso, la disponibilidad y confiabilidad respetando las probabilidades de ocurrencia del equipo, mano de obra, disponibilidad de materiales e insumos del proceso.

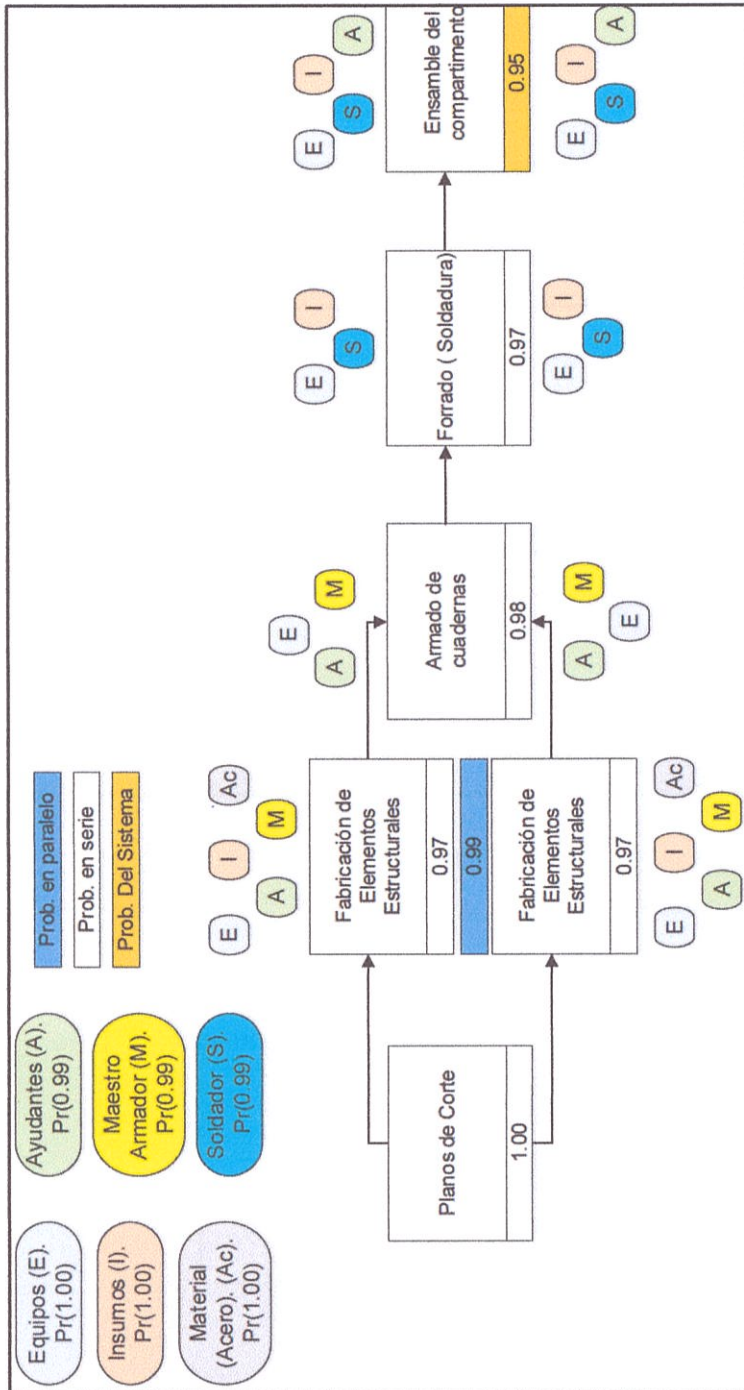
El análisis de confiabilidad se lo realizará para 1 año, cabe aclarar que, la confiabilidad de un sistema decrece con el tiempo, dado que los equipos tienen un ciclo de vida y es más probable que fallen en un futuro, se ha asumido para este proyecto que durante un 1 año las probabilidades de falla no varíen.

Según la referencia [89], los sistemas pueden ser en serie o en paralelo, donde cuya probabilidad de ocurrencia se calcula por:

$$P_{sistema} = \prod_{i=1}^n P_{Ri} : Sistema en Serie ; F_{sistema} = \prod_{i=1}^n F_i : Sistema en Paralelo$$

Se presenta en la Figura No. 76, el sistema de confiabilidad le Grupo 100.

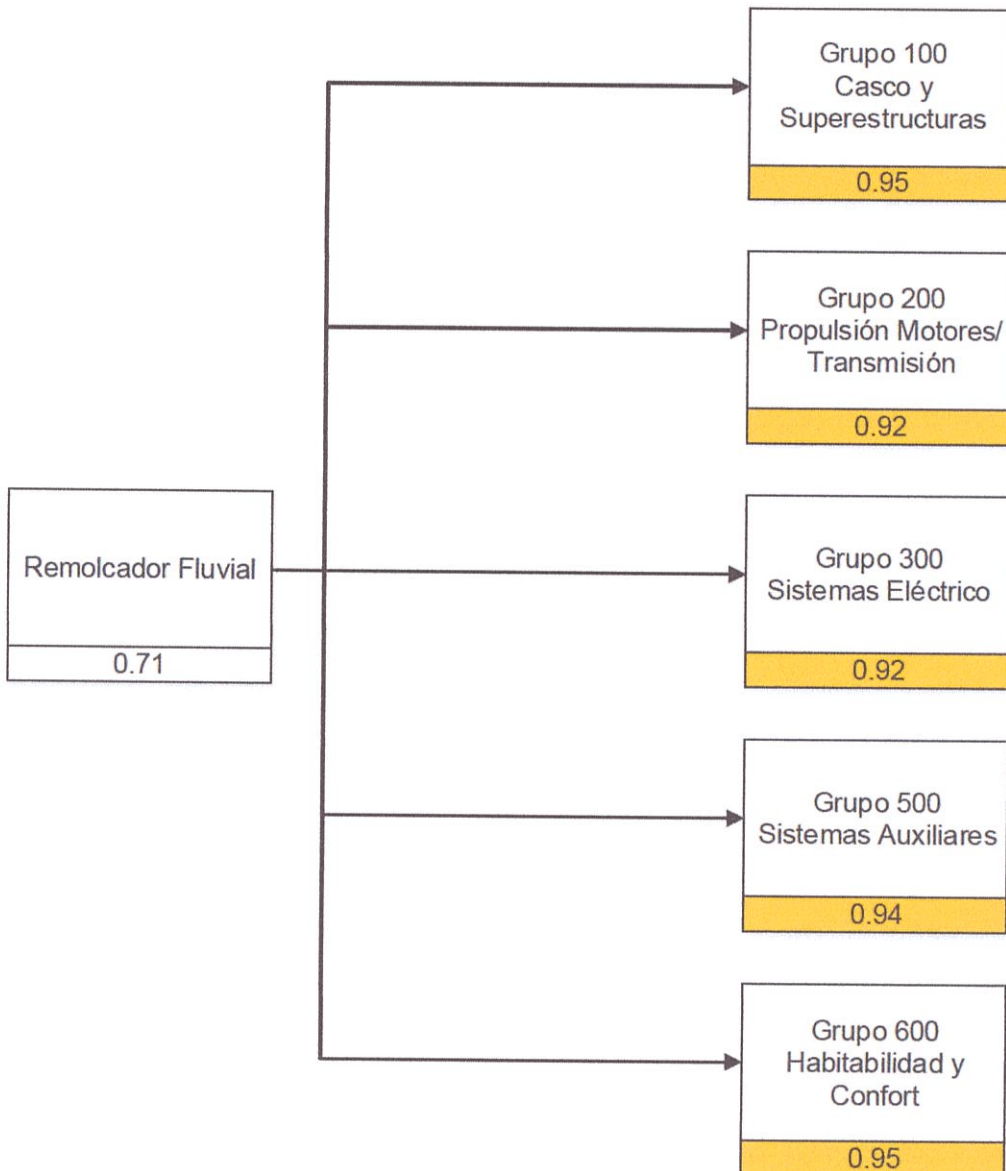
Figura No. 76 Esquema de confiabilidad del Grupo 100-Casco y Superestructuras



[Fuente: Elaboración propia]

Los sistemas de confiabilidad de los demás grupos constructivos se presentan en ANEXO S- Confiabilidad de los Sistemas. Un resumen de confiabilidad del proyecto se muestra a continuación.

Figura No. 77 Sistema de Confiabilidad del Proyecto



[Fuente: Elaboración propia]

CONCLUSIONES

En este trabajo, se diseñó un Remolcador Fluvial siguiendo la espiral de diseño en 3 fases, de lo que se obtuvo las siguientes conclusiones y recomendaciones.

1. En el diseño conceptual, mediante la capacidad de carga, restricciones de operación, se seleccionaron las dimensiones principales usando una base de datos para remolcadores fluviales. El desplazamiento se estimó mediante las fórmulas regresionales de remolcadores, dando como resultado un valor de 364.52 ton. De las curvas regresionales se estimó una potencia de 1549 Bhp requerida por el conjunto remolcador-convoy de barcaza, pero debido al aumento de resistencia por las restricciones del canal de navegación esta potencia incrementa, por lo cual se presentaron cambios en las dimensiones principales, distribución y capacidad en la etapa de diseño preliminar.
2. Se encontró que la potencia requerida del conjunto remolcador-convoy estimada en el diseño conceptual resulta baja, comparada con la obtenida en

el diseño preliminar, la cual fue de 2,323 Bhp y se la calculó mediante el programa de resistencia Navcad a una profundidad de canal de 2.5 metros. Esta potencia es válida para la configuración de convoy mostrada en la Tabla. XXV, y la hélice para estas condiciones de operación es una Kaplan con tobera 19 A.

Para el dimensionamiento estructural se utilizó el programa SSC de Lloyd's Register, obteniendo un peso para caso, superestructuras, aislamiento térmico y acústico de 163,5 ton.

Debido principalmente al aumento de potencia, el desplazamiento de la embarcación se incrementó a 389.4 ton. Las formas y dimensiones con respecto al diseño conceptual sufrieron variaciones (ver Tabla. XIII).

3. El método de optimización se lo dividió en 3 parte, formas y dimensiones, propulsión y estructuras. Las formas preliminares se modificaron de acuerdo a la Tabla. CLV, se escogió el modelo BA por presentar menor resistencia al avance. Con las formas modificadas se generaron 8 prototipos para ser utilizados en el método de optimización, obteniendo las dimensiones definitivas ($L=28$, $B=10.87$, $D=2.06$, $T=1.2$ m, $\Delta=275.3$ ton), las cuales satisfacen las restricciones de operación, maniobrabilidad y estabilidad.

Se calculó la resistencia del conjunto remolcador-convoy de barcaza mediante las fórmulas presentadas en, [55], [56], [57], estas formulaciones fueron validadas mediante métodos numéricos con Ansys CFX. La hélice con mayores rendimientos es una tipo Kaplan con tobera N37 con diámetro 1.02 metros, la que genera el empuje necesario para el sistema remolcador-convoy. El motor seleccionado fue un CAT C32 Acert con una potencia 750 Bhp, con reducción 3.5:1 ZFW 2350.

Mediante la aplicación de la optimización estructural se redujo el peso del casco y superestructura de 163.5 ton en diseño preliminar a 145.22 ton en el diseño final, cumpliendo con las normas de Bureau Veritas, [72], y Lloyd's Register, [73]. El costo de total en diseño final aumento de \$ 2'465,337.43 en el diseño preliminar a \$ 2'622,699.39.

4. La rentabilidad obtenida del estudio de factibilidad para una captación del 80% del mercado fue \$1'322,377.07 en el año 10. Con una tasa de retorno del 49%, mientras que para el escenario critico en el cual se considera una captación del mercado del 42% que la rentabilidad \$323,797.56 en el año 10 a una tasa 6.2%. Tomando en cuenta estas consideraciones resulta factible el proyecto Remolcador Fluvial.

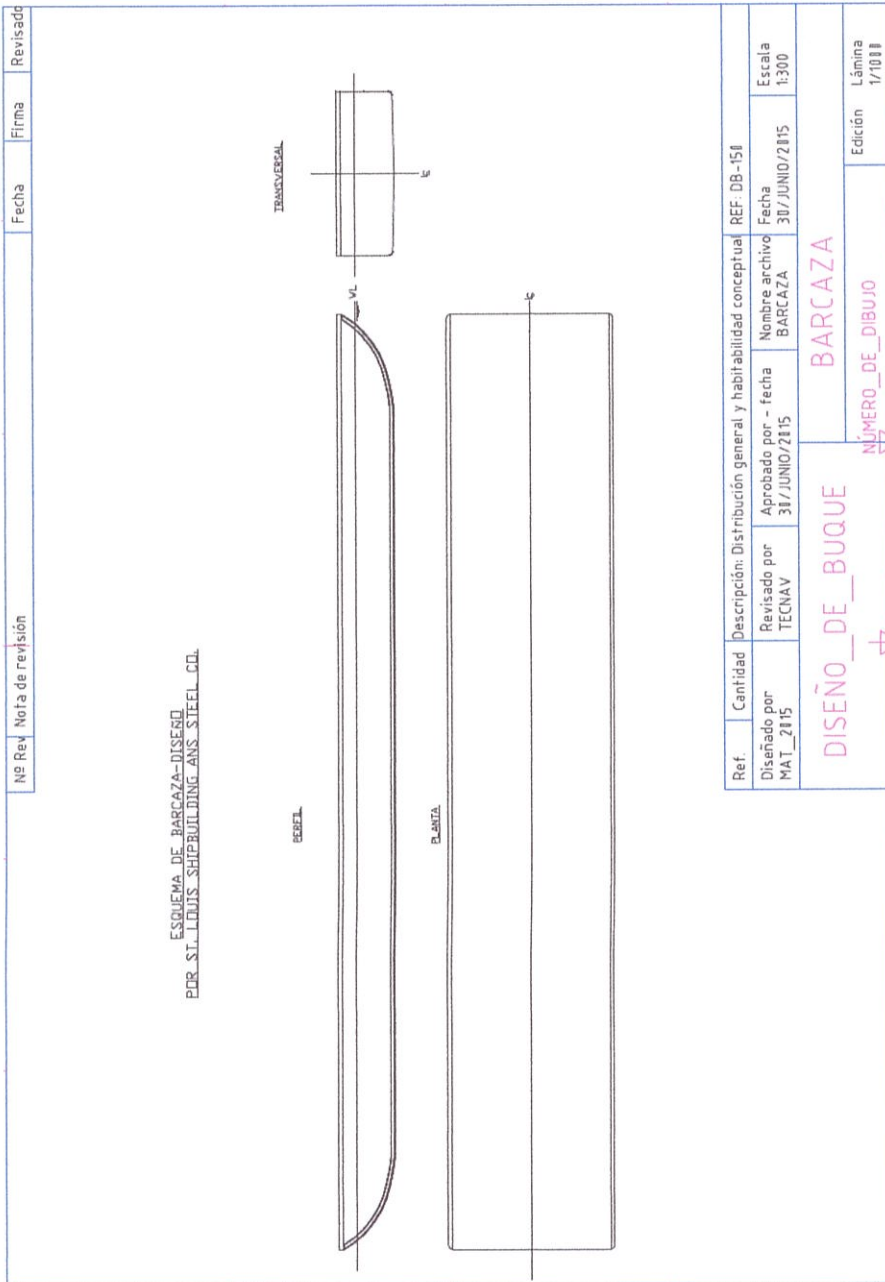
RECOMENDACIONES

1. Para establecer las condiciones de operación del remolcador se debería realizar un levantamiento batimétrico en la zona del río Napo, debido a la existencia de sedimentos, lo cual podría ocasionar daños en el sistema de propulsión.
2. Fomentar el estudio y uso de programas de mecánica de fluidos computacionales CFD para el cálculo de resistencia de embarcaciones, ya que esto nos da la posibilidad de realizar mejoras en las formas hidrodinámicas.
3. Se deberá hacer un estudio de mercado, en las zonas de navegación, para registrar costos de mantenimiento, fletes, combustible, operación en puertos, lo cual permita realizar un adecuado análisis de factibilidad para la toma de decisiones en el proceso de diseño del Remolcador Fluvial.

ANEXOS

ANEXO A-Plano de Barcaza

Figura No. 78 Plano de barcaza de convoy estandar



[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO B-Espacios de Habitabilidad

A continuación se presenta una tabla recomendaciones generales para espacios de habitabilidad en embarcaciones

Tabla. XCIV Áreas de Espacios Recomendados de Embarcaciones

OFICIALES	27.89	35.32	M2/PER
TRIPULACION	18.59	25.10	M2/PER
CAMAROTES DE OF. CON OFICINA SEPARADA	41.83	55.77	M2
CAMAROTES DE OF. SIN OFICINA SEPARADA	34.39	46.48	M2
CAMAROTES DE OF. CON BAÑOS PRIVADO	14.87	20.45	M2
CAMAROTES DE OF. SIN BAÑOS PRIVADO	11.15	15.80	M2
CAMARA DE OFICIALES	1.12		M2/PER
COMEDORES DE OFICIALES	1.67		M2/PER
DESPENSA DE OFICIALES	0.65		M2/PER
SERVICIOS HIG. PUBLICOS PARA OF(LAVATORIOS Y DUCHAS)	0.19		M2/PER
SERVICIOS HIG. PUBLICOS CUANDO LOS SERVICIOS TIENE CABINAS PRIVADAS	6.97		M2
CABINA DE TRIPULANTE 1 SOLA CAMA CON S.H. PRIVADO	9.30		M2
CABINA DE TRIPULANTE 1 SOLA CAMA CON DUCHA PRIVADA	8.37		M2
CABINA DE TRIPULANTE 1 SOLA CAMA SIN S.H. O DUCHA PRIVADA	7.16		M2
CAMAROTE CON LITERA DE TRIPULANTE 2 PERSONAS CON S.H. O DUCHA PRIVADA	11.53		M2
CAMAROTE CON LITERA DE TRIPULANTE 2 PERSONAS SIN S.H. O DUCHA PRIVADA	10.22		M2
CAMAROTE CON LITERA DE TRIPULANTE 4 PERSONAS SIN S.H. O DUCHA PRIVADA	14.50		M2
COMEDOR PARA TRIPULANTES	1.21		M2/PER
CUARTO DIARIO PARA LA TRIPULACION	0.84		M2/PER
DESPENSA DE TRIPULACION	0.46		M2/PER
SERVICIOS HIG. PUBLICOS, LAVATORIOS, DUCHAS, PARA LA TRIPULACION	0.65		M2/PER
S.H. PARA LA TRIPULACION CON CABINAS PRIVADAS	9.30		M2
COCINA	0.93		M2/PER
LAVANDERIA	0.33		M2/PER
GUARDA ROPA	0.33		M2/PER
BODEGA DE ALIMENTOS SECOS	0.04		M2/PER DIAS DE NAV
BODEGA PARA ALIMENTOS REFRIGERADOS	0.03		M2/PER DIAS DE NAV
LAVATORIOS PUBLICOS			
BAÑOS	3.30		M2
DUCHAS	1.70		M2
WC	1.90		M2
URINARIOS	1.00		M2
COMEDORES	GRANDES	PEQUEÑOS	
PRIMERA CLASE	1.50	2.30	M2
TURISTAS	1.30	1.60	
CAMAROTES PARA CAPITAN Y OFICIALES(NO SE INCLUYE BAÑOS O TOILETS)			
	CAMAROTE	BAÑO	TOILET
CAPITAN Y JEFE DE MAQUINAS	30.00	4.00	3.00
PRIMER OFICIAL, SEGUNDO INGENIERO	14.00	0.00	3.00

[Fuente: Espacios Recomendados para buques]

ANEXO B-Estimación de líquidos

Para estimar las capacidades de los tanques de combustible y agua fresca se siguió el siguiente procedimiento. Conociendo que:

$$g_c = 29 \text{ gal/h}$$

$$\# \text{ tripu} = 5$$

$$\# \text{ motores} = 3 \text{ (600 BHP)}$$

$$g_a = 39.7 \frac{\text{gal}}{\text{per}} \cdot \text{día}$$

$$\text{distancia} = 2037 \text{ km}$$

$$V = 6 \text{ nudos}$$

Se estima usando las siguientes fórmulas: el tiempo del viaje, por lo tanto el consumo de agua y combustible durante el viaje.

$$t_m = \frac{\text{distancia}}{V} = \frac{2037 \text{ km}}{11.02 \text{ km/h}}$$

$$t_m = 183.5 \text{ horas}$$

Por lo que:

$$Cap_{\text{agua}} = g_a \times \# \text{ tripu} \times t_m$$

$$Cap_{\text{agua}} = 13.23 \times 5 \times 183.5$$

$$Cap_{\text{agua}+10\%} = 4004 \text{ gal} = 15.2 \text{ m}^3$$

Además:

$$\text{Cap}_{\text{Combust.}} = \text{gc} \times \# \text{ motores} \times \text{tm}$$

$$\text{Cap}_{\text{Combust}} = 30 \times 3 \times 266.8$$

$$\text{Cap}_{\text{Combust}} = 15963.8 \text{ gal}$$

$$\text{Cap}_{\text{Combust}+40\%} = 22349.31 (84.6 \text{ m}^3) - \text{Inc. el uso de generadores}$$

ANEXO C-Estimación de pesos

La aplicación y los resultados de las fórmulas regresionales obtenidas de Diseño Básico del Buque Mercante, [7], han sido comparadas con estimaciones dadas para la estimación de pesos de barcasas, [10] . El desarrollo de las fórmulas tanto regresionales como los valores de estimaciones pesos se presentan a continuación.

Formulas Regresionales [7]

Método de D.G.M. Watson y A.W. Gilfillan

Casco y Superestructura

Este método, se basa en un número bidimensional E, y un factor k dependiente del tipo de buque. Este es un procedimiento, y especialmente eficaz si se ajusta el coeficiente K.

El peso se expresa por la ecuación:

$$WST = K \times E^{1.36} (1 + 0.05(CB80D - 0.7))$$

Siendo:

$$E = Lpp(B + D) + 0.85 Lpp(D - T) + 0.85 \sum l_1 h_1 - 0.75 \sum l_2 h_2$$

CB80D se la puede estimar:

$$CB80D = CB + \frac{(1 - CB)(0.8 D - T)}{3T}$$

Tabla. XCV Coeficientes bidimensional y factor K, [7]

TIPO	K	E
Granelero	0.029-0.032	3000-15000
Granelero abierto	0.033-0.040	6000-13000
Petrolero con Casco Sencillo	0.029-0.035	1500-40000
Quimiquero	0.036-0.037	1900-2500
Carga General	0.029-0.038	2000-7000
Costero	0.027-0.032	1000-2000
Frigorífico	0.032-0.035	5000
Portacontenedor	0.033-0.04	6000-13000
Ro-Ro	0.038	4300-8800
Remolcador	0.044	350-450

[Fuente: EL Proyecto Básico del Buque Mercante]

A continuación se presenta los resultados obtenidos:

Tabla. XCVI Dimensiones Principales

Lpp(m)	26.77
B(m)	11.50
d(m)	2.26
T(m)	1.54
CB	0.80

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. XCVII Resultados Parciales

Variables	Camarotes Tripu.	Camarote Cap.	Pte. Gobierno	Escape
l2(m)	7.25	5.86	3.94	3.98
h2(m)	2.30	2.30	2.30	5.20
l2xh2	16.68	13.48	9.06	20.70
	$\Sigma l2xh2$	59.91		
	k	0.04		
	E	429.67		
	CB80D	0.81		
	WST	177.00		
	WST(ton)+10%	194.70		

[Fuente: Elaboración propia]

El método aplicado sugiere entre un 10 y 15% de aumento, esto como factor de confianza. El factor de confianza aplicado fue 10%, por lo que se ha estimado un peso total por Estructura de 194.7 ton.

Equipos y Habitabilidad- Arnalds M.

La fórmula aplicada se describe como:

$$WOA = k \times Lpp \times B \times D$$

El valor de k varía entre 0.04 y 0.08, siendo 0.06 un valor normal.

$$WOA = 0.06 \times 26.77 \times 11.5 \times 2.26$$

$$WOA = 44 \text{ ton}$$

Maquinaria y Sistemas Auxiliares

El peso de la maquinaria se puede estimar mediante la siguiente ecuación:

Para motores de 4 tiempos en línea, más reductor

$$WME = 2.5 + 9.5 \left(\frac{MCO}{N} \right)^{0.91}$$

En nuestra embarcación se instaló 3 motores de 600 hp con 1800 rpm, debido a que esta fórmula es válida para motores de entre 1000 y 17000 hp, asumiremos que pondremos un motor de aproximadamente 1800 hp.

$$WME = 2.5 + 9.5 * \left(\frac{1800}{1800} \right)^{0.91}$$

$$WME = 12 \text{ ton} - \text{Motor con reductor}$$

También se debe estimar los pesos de los componentes de la sala de máquina. Este peso se debe a las tuberías, sistemas de aire, etc., que conforma al cuarto de la de máquina, el cual se estimará usando la siguiente formula:

$$WQR = 0.03xVMQ$$

$$WQR = 0.03x(6 * 11.5 * 2.26)$$

$$WQR = 4.68\text{ton}$$

Para línea de ejes fuera de la cámara de máquinas será:

$$WQE = Kne x Lejex(5 + 0.0164xLpp)$$

$$WQE = 15.5 \text{ ton} - \text{de los tres ejes}$$

Finalmente se ha obtenido un peso total:

$$W_{MAQ+10\%} = 35.4 \text{ ton. aprox}$$

Estimaciones según Hekkenberg R. [10]

Casco

Para la estimación del peso del casco de la embarcación se propone:

$$W_{casco} = 15\%(L \times B \times D) - \text{toneladas}$$

$$W_{casco} = 15\%(28 \times 11.5 \times 2.26)$$

$$W_{casco} = 104.36 \text{ ton}$$

En el peso solo se considera el peso de acero, por lo que, se incrementa un 50% por confort. El peso total es:

$$W_{casco} + 50\% = \mathbf{156.5 \text{ ton}}$$

Superestructura

El peso de superestructura incluido habitabilidad se puede calcular como:

$$W_{super} = 0.17 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3} \times V_h$$

$$W_{super} = 0.17 \times 268.12 \text{ m}^3$$

$$W_{super} = \mathbf{45.5 \text{ ton}}$$

Por lo que el peso de este grupo tecnológico será:

$$W_{super} = 156.5 + 45.5 = \mathbf{202.12 \text{ ton}}$$

Maquinaria y Sistemas Auxiliares

En este método planteado recomienda los siguientes valores:

Tabla. XCVIII Valores sugeridos

W motor	4	kg/KW
W reductor	2	kg/KW
W generadores	16	kg/KVA
W pala	1	ton/diam
W gobierno	0.5	ton/2 timones

[Fuente: Tesis HEKKENBERG R]

Mientras que la estimación del peso de la hélice y el eje se la obtienen:

$$Wp = 0.001465 \times \left(\frac{Dp}{25.4} \right)^{3.05} [kg]$$

$$Deje = 25.4^3 \sqrt{\frac{1627.8 \times P(kw) \times SF}{(St \left(\frac{N}{mm^2} \right) \times RPM)}} [mm]$$

Dp se asumió el 70 % del calado, es decir, 1 metro.

$$Wp = 0.001465 \times \left(\frac{100}{25.4} \right)^{3.05} [kg]$$

$$Wp = 0.102 \text{ ton} \times 3 \text{ helices} = \mathbf{0.32 \text{ ton}}$$

$$Deje = 101.6 [mm] = 4 \text{ plg.}$$

Considerando 5 m de longitud de eje tendremos que el peso será:

$$Weje = \frac{\pi(0.101)^2}{4} \times 5 \text{ m} \times 3 \text{ ejes} = 0.93 \text{ ton}$$

De acuerdo a la ubicación de la maquinaria tenemos aproximadamente una longitud del eje de 5 m.

$$Weje(\text{ton}) = \left(0.0095\text{m}^2 * 5\text{m} * 8 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}\right) \times 4$$

$$Weje(\text{ton}) = 1.6 \text{ por los 4 ejes}$$

Tabla. XCIX Pesos obtenidos

Elementos	Peso (ton)
Maquinaria Prin.	5.37
Reductor	2.69
Generadores	1.20
Hélices	0.32
Ejes	0.963
Timones	3.0
Gobierno	1.5
Peso Total	16.55

[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO D-Estimación de capacidades

Corrección de Potencia

Para el cálculo de la resistencia operando en aguas restringidas se utilizará el método de Karpov, [11]. La resistencia R de operación en aguas restringidas en un canal con profundidad d es:

$$R = \frac{1}{2} \rho S [(Cf + \Delta Cf) V_1^2 + Cr V_2^2]$$

Los valores de V1 y V2 pueden ser determinados como:

$$V_1 = \frac{V_{SW}}{\alpha^*} \quad y \quad V_2 = \frac{V_{SW}}{\alpha^{**}}$$

Donde los coeficientes α^* y α^{**} son determinados de los diagramas propuestos por Karpov y dependen de los valores de h/T y del número de Froude.

A su vez, el método de Artjuskov, [12] analiza la influencia de la restricción de ancho del canal sobre la resistencia de la embarcación. Donde:

$$R = \frac{1}{2} \rho S \left[(Cf + \Delta Cf) V_1^2 + \left(Cr \left(\frac{V}{V'} \right)^2 + \Delta Cr \right) V_2^2 \right] \quad [2]$$

Para el cálculo de los coeficientes las curvas que ofrece Karpov son de gran utilidad. Sin embargo, para estos diagramas Artjuskov presentó ecuaciones para facilitar los cálculos.

Tabla. C Ecuaciones de aproximación para a^* , a^{**}

Factor	Value	Limits
a^*	1	$x < 0.2$
a^*	$(1.072817327 - 2.95517983 x + 2.677257924 x^2 - 0.34935866 x^3 + 0.242040284 \ln(y/10) + 0.09728855 (\ln(y/10))^2) / (1 - 2.65876522 x + 2.128572396 x^2 + 0.196411142 \ln(y/10) + 0.05573344 (\ln(y/10))^2 - 0.01424796 (\ln(y/10))^3)$	$0.2 < x < 0.75$
a^*	$(1.016019336 + 12.53814509 \ln x + 53.26949464 (\ln x)^2 + 74.73282869 (\ln x)^3 + 0.001376743 \ln(y/10)) / (1 + 12.31125171 \ln x + 52.09394682 (\ln x)^2 + 72.79361228 (\ln x)^3 - 0.00395828 \ln(y/10))$	$0.75 < x < 0.9$
a^*	1	$x > 0.9$
a^{**}	$0.951498465 + 0.090322144 \ln y - 0.02585333 (\ln y)^2 + 0.003378671 (\ln y)^3 - 2.05546622 x + 1.088478007 x^2) / (1 + 0.03275693 \ln y - 0.0036447 (\ln y)^2 - 2.17156612 x + 1.407458972 x^2 - 0.18634398 x^3)$	$a^{**} < 1$

[Fuente: Improvement of Inland Waterway Vessel and Barge Tow Performance]

Tomando constante la resistencia se observa una disminución de la velocidad a 4.86 nudos para aguas restringidas. Por otra parte se hizo el análisis para que profundidad es considerada aguas ilimitadas, esto quiere decir, que hasta 5.1 metros de profundidad se puede navegar sin tener disminución de velocidad.

Tabla. CI Análisis velocidad e incremento de potencia en aguas restringidas.

L [m]	27.2	27.2
V [nudos]	6	6
V [m/s]	3.084	3.084
Profundidad [m]	2.5	5.1
T [m]	1.54	1.54
Ancho de canal [m]	200	200
a*	0.823	1
a**	0.805	0.999
\bar{a}	0.81	0.9995
Vreducida[nudos]	4.86	6

[Fuente: Elaboración propia]

Para aguas restringidas tenemos:

$$R = \frac{1}{2} \rho S (1.502) [(Cf + \Delta Cf) V_1^2 + (Cr + 1.58E - 04) V_2^2]$$

$$R = \frac{1}{2} \rho S \left(\frac{1}{0.81} \right)^2 \left[\left((Cf + \Delta Cf) \left(\frac{V_0}{0.81} \right)^2 + (Cr + 1.58E - 04) \left(\frac{V_0}{0.81} \right)^2 \right) \right]$$

$$R = \frac{1}{2} \rho S (1.502) [(Cf + \Delta Cf) V_0^2 + (Cr + 1.58E - 04) V_0^2]$$

Se observa claramente que para condiciones restringidas la resistencia aproximadamente aumenta un 50% en comparación de las aguas sin restricciones bajo la misma condición de calado.

Calculo de capacidades de Tanques

Tanque de Combustible

Tomando en cuenta la potencia corregida se 2323 hp se tiene:

Tabla. CII Características de motores y generador

		Modelo	L [m]	B [m]	h [m]	Gal/hora
Motorx4	600 Bhp	C18	1.453	1.2	0.99	29.0
Generadorx2	50 Kw	C4.4	1.4	1.318	0.724	4
TOTAL						124

[Fuente: Elaboración propia]

$$Cap_{combustible} = 124 \frac{gal}{hora} \times 18 \text{ días} \times 10 \frac{horas}{1 \text{ día}}$$

$$Cap_{combustible} = 21998.4 \text{ gal}$$

$$W_{combustible} = 70 \text{ ton}$$

Tanque de Agua fresca y Grises

Tomando como referencia un valor aproximado de 150 litros/persona/día para un viaje de ida con 5 tripulantes tenemos:

$$Cap_{Aguas\ fresca/grises} = 150 \frac{lt}{per * dia} * 5per * 18 \text{ dias} * \frac{1 \text{ Gal}}{3.785 \text{ lt}}$$

$$Cap_{Aguas\ fresca/grises} = 4004 \text{ gal}$$

$$W_{Aguas Fresca} = 15.16 \text{ ton}$$

$$W_{Aguas grises} = 15.54 \text{ ton}$$

Tanque de Agua Negras

Para la estimación del peso de los tanques de aguas negras se toma en consideración 100 litros/persona/día, entonces:

$$Cap_{Aguas fresca/grises} = 100 \frac{lt}{per * dia} * 5per * 18 dias * \frac{1 Gal}{3.785 lt}$$

$$Cap_{Aguas negras} = 2427 \text{ gal}$$

$$W_{Aguas negras} = 9.42 \text{ ton}$$

Tanque de Aceite de Lubricación

La estimación del volumen del tanque de aceite lubricante puede darse de la siguiente manera, [13]:

$$V_D = 1.1 \left[(g_{AP}P_{EP} + g_{AA}P_{EA})T + \frac{g_c Per}{Z} \right]$$

$$W_D = V_D [m^3] * 0.95 \left[\frac{ton}{m^3} \right] = 1.1 * 1.278 [m^3] * 0.92 \left[\frac{ton}{m^3} \right]$$

$$W_D = 1.3 \text{ ton.}$$

$$Cap_{Aceite} = 273 \text{ gal}$$

Tanque de Lodos

Tomando la referencia de, [17] de ABS tendremos:

$$Cap_{lodos} = K1 \times C \times Per$$

K1, para diésel es 0.005

$$Cap_{lodos} = 0.005 \times (3.66 \text{ m}^3 \times 2) \times 18 \text{ días}$$

$$Cap_{lodos} = 1.33 \text{ m}^3 = 351 \text{ gal}$$

$$W_{lodos} = 1.21 \text{ ton}$$

ANEXO E-Análisis de Estabilidad

Tabla. CIII Condiciones de Carga LC1 y LC2, respectivamente

#	Descripción	Cantidad	Peso	Volumen	Brazo	Brazo	Brazo	Mom.
			Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
1	Casco-	1	194.70	-	0.700	0.000	2.100	0.000
2	Equipos-	1	44.000	-	5.000	0.000	4.800	0.000
3	Maquinaria	1	38.500	-	-6.500	0.000	1.500	0.000
ΔLJERO (ton)			277.20	-	0.383	0.000	2.445	0.000
4	TanComb Bb	100%	35.377	42.116	0.000	-3.070	0.655	0.000
5	TanComb Sb	100%	35.377	42.116	0.000	3.070	0.655	0.000
6	TanAguagris Bb	100%	7.768	7.578	4.010	-3.855	1.000	0.000
7	TanAguagris Sb	100%	7.768	7.578	4.010	3.855	1.000	0.000
8	TanAguanegr	100%	4.714	4.599	5.010	-4.600	1.000	0.000
9	TanAguanegr	100%	4.714	4.599	5.010	4.600	1.000	0.000
10	TanAguadulce	100%	7.578	7.578	7.000	-3.855	1.000	0.000
11	TanAguadulce	100%	7.578	7.578	7.000	3.855	1.000	0.000
12	TanAceite Bb	100%	0.610	0.663	-2.500	-5.360	1.835	0.000
13	TanAceite Sb	100%	0.610	0.663	-2.500	5.360	1.835	0.000
14	TanLodos Bb	10%	0.064	0.071	-2.500	-0.805	1.453	0.044
15	TanLodos Sb	10%	0.064	0.071	-2.500	0.805	1.453	0.044
16	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	-3.190	1.370	0.000
17	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	3.190	1.370	0.000
Dw (ton)			112.22	125.209	1.891	0.000	0.792	0.087
ΔTOTAL (ton)			389.42	125.209	0.817	0.000	1.969	0.087
18	Sup. L. Corrección						0.000	
19	VCG						1.969	

#	Descripción	Cantidad	Peso total	Volumen	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
			Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
1	Casco-	1	194.70	-	0.700	0.000	2.100	0.000
2	Equipos-	1	44.000	-	5.000	0.000	4.800	0.000
3	Maquinaria	1	38.500	-	-6.500	0.000	1.500	0.000
ΔLJERO (ton)			277.20	-	0.383	0.000	2.445	0.000
4	TanComb Bb	10%	3.538	4.212	0.000	-3.069	0.066	64.676
5	TanComb Sb	10%	3.538	4.212	0.000	3.069	0.066	64.676
6	TanAguagris Bb	10%	0.777	0.758	4.010	-3.855	0.100	4.650
7	TanAguagris Sb	10%	0.777	0.758	4.010	3.855	0.100	4.650
8	TanAguanegr	10%	0.471	0.460	5.010	-4.600	0.100	1.039
9	TanAguanegr	10%	0.471	0.460	5.010	4.600	0.100	1.039
10	TanAguadulce	10%	0.758	0.758	7.000	-3.855	0.100	4.537
11	TanAguadulce	10%	0.758	0.758	7.000	3.855	0.100	4.537
12	TanAceite Bb	100%	0.610	0.663	-2.500	-5.360	1.835	0.000
13	TanAceite Sb	100%	0.610	0.663	-2.500	5.360	1.835	0.000
14	TanLodos Bb	10%	0.064	0.071	-2.500	-0.805	1.453	0.044
15	TanLodos Sb	10%	0.064	0.071	-2.500	0.805	1.453	0.044
16	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	-3.190	1.370	0.000
17	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	3.190	1.370	0.000
Dw (ton)			12.436	13.841	1.463	0.000	0.265	149.891
ΔTOTAL (ton)			289.63	13.841	0.429	0.000	2.352	149.891
18	Sup. L. Corrección						0.518	
19	VCG						2.869	

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CIV Condiciones de Carga LC3 y LC4, respectivamente

#	Descripción	Cantidad	Peso total	Volumen	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
			Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
1	Casco-	1	194.70	-	0.700	0.000	2.100	0.000
2	Equipos-	1	44.000	-	5.000	0.000	4.800	0.000
3	Maquinaria	1	38.500	-	-6.500	0.000	1.500	0.000
ΔLUERO (ton)			277.20	-	0.383	0.000	2.445	0.000
4	TanComb Bb	10%	3.538	4.212	0.000	-3.069	0.066	64.676
5	TanComb Sb	10%	3.538	4.212	0.000	3.069	0.066	64.676
6	TanAguagris Bb	10%	0.777	0.758	4.010	-3.855	0.100	4.650
7	TanAguagris Sb	10%	0.777	0.758	4.010	3.855	0.100	4.650
8	TanAguanegr	10%	0.471	0.460	5.010	-4.600	0.100	1.039
9	TanAguanegr	10%	0.471	0.460	5.010	4.600	0.100	1.039
10	TanAguadulce	100%	7.578	7.578	7.000	-3.855	1.000	0.000
11	TanAguadulce	100%	7.578	7.578	7.000	3.855	1.000	0.000
12	TanAceite Bb	100%	0.610	0.663	-2.500	-5.360	1.835	0.000
13	TanAceite Sb	100%	0.610	0.663	-2.500	5.360	1.835	0.000
14	TanLodos Bb	10%	0.064	0.071	-2.500	-0.805	1.453	0.044
15	TanLodos Sb	10%	0.064	0.071	-2.500	0.805	1.453	0.044
16	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	-3.190	1.370	0.000
17	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	3.190	1.370	0.000
Dw (ton)			26.077	27.482	4.359	0.000	0.702	140.818
ΔTOTAL (ton)			303.27	27.482	0.724	0.000	2.295	140.818
18	Sup. L. Corrección						0.464	
19	VCG						2.760	

#	Descripción	Cantidad	Peso total	Volumen	Brazo Long.	Brazo Transv.	Brazo Vert.	Mom. S.Libre
			Ton.	m ³	m	m	m	Ton. m
1	Casco-	1	194.70	-	0.700	0.000	2.100	0.000
2	Equipos-	1	44.000	-	5.000	0.000	4.800	0.000
3	Maquinaria	1	38.500	-	-6.500	0.000	1.500	0.000
ΔLUERO (ton)			277.20	-	0.383	0.000	2.445	0.000
4	TanComb Bb	100%	35.377	42.116	0.000	-3.070	0.655	0.000
5	TanComb Sb	100%	35.377	42.116	0.000	3.070	0.655	0.000
6	TanAguagris Bb	10%	0.777	0.758	4.010	-3.855	0.100	4.650
7	TanAguagris Sb	10%	0.777	0.758	4.010	3.855	0.100	4.650
8	TanAguanegr	10%	0.471	0.460	5.010	-4.600	0.100	1.039
9	TanAguanegr	10%	0.471	0.460	5.010	4.600	0.100	1.039
10	TanAguadulce	10%	0.758	0.758	7.000	-3.855	0.100	4.537
11	TanAguadulce	10%	0.758	0.758	7.000	3.855	0.100	4.537
12	TanAceite Bb	100%	0.610	0.663	-2.500	-5.360	1.835	0.000
13	TanAceite Sb	100%	0.610	0.663	-2.500	5.360	1.835	0.000
14	TanLodos Bb	10%	0.064	0.071	-2.500	-0.805	1.453	0.044
15	TanLodos Sb	10%	0.064	0.071	-2.500	0.805	1.453	0.044
16	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	-3.190	1.370	0.000
17	TanCombDiario	0%	0.000	0.000	-2.220	3.190	1.370	0.000
Dw (ton)			76.115	89.650	0.239	0.000	0.646	20.539
ΔTOTAL (ton)			353.31	89.650	0.352	0.000	2.058	20.539
18	Sup. L. Corrección						0.058	
19	VCG						2.116	

[Fuente: Elaboración propia]

Para lograr la correcta distribución de los elementos principales como, tanques, maquinaria, superestructura, se empleó el módulo de cálculos hidrostáticos Hidromax, para las condiciones especificadas. Con la finalidad de controlar los excesos de asientos y criterios de estabilidad.

El resumen de resultados de las 4 condiciones consideradas se presenta a continuación.

Tabla. CV Condición LC1 y Condición LC2

Calado-sección media (m)	1,563	Calado-sección media (m)	1,233
Desplazamiento (ton)	389,4	Desplazamiento (ton)	289,6
Angulo de escora (grados)	0,0	Angulo de escora (grados)	0,0
Calado en proa (m)	1,627	Calado en proa (m)	1,123
Calado en popa (m)	1,498	Calado en popa (m)	1,343
Draft at LCF m	1,561	Draft at LCF m	1,237
Asiento (+ hacia popa) (m)	-0,129	Asiento (+ hacia popa) (m)	0,221
Lwl (m)	27,395	Lwl (m)	26,543
B a Lwl (m)	11,500	B a Lwl (m)	11,500
Sm (m ²)	390,157	Sm (m ²)	353,688
Aw (m ²)	315,025	Aw (m ²)	297,649
Cp	0,772	Cp	0,746
Cb	0,772	Cb	0,746
Cm	1,000	Cm	1,000
Cwp	1,000	Cwp	0,975
LCB + proa (m)	0,821	LCB + proa (m)	0,411
LCF + proa (m)	-0,313	LCF + proa (m)	-0,433
KB m	0,859	KB m	0,674
KG m	1,969	KG m	2,869
BMt m	8,915	BMt m	11,359
BML m	50,586	BML m	57,814
GMt m	7,805	GMt m	9,163
GML m	49,475	GML m	55,618
KMt m	9,774	KMt m	12,032
KML m	51,444	KML m	58,485
TPc ton/cm	3,150	TPc ton/cm	2,976
MTc ton.m	7,271	MTc ton.m	6,079

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CVI Condición LC3 y Condición LC4

Calado-sección media	1,281
Desplazamiento (ton)	303,3
Angulo de escora	0,0
Caldo en proa (m)	1,252
Calado en popa (m)	1,310
Draft at LCF m	1,282
Asiento (+ hacia popa)	0,057
Lwl (m)	26,773
B a Lwl (m)	11,500
Sm (m ²)	357,58
Aw (m ²)	299,73
Cp	0,764
Cb	0,764
Cm	1,000
Cwp	0,974
LCB + proa (m)	0,721
LCF + proa (m)	-0,291
KB m	0,698
KG m	2,760
BMt m	10,926
BML m	56,396
GMt m	8,865
GML m	54,334
KMt m	11,624
KML m	57,094
TPc ton/cm	2,997
MTc ton.m	6,219

Calado-sección media (m)	1,442
Desplazamiento (ton)	353,3
Angulo de escora (grados)	0,0
Caldo en proa (m)	1,360
Calado en popa (m)	1,525
Draft at LCF m	1,446
Asiento (+ hacia popa) (m)	0,165
Lwl (m)	26,964
B a Lwl (m)	11,500
Sm (m ²)	379,338
Aw (m ²)	310,063
Cp	0,775
Cb	0,775
Cm	1,000
Cwp	1,000
LCB + proa (m)	0,343
LCF + proa (m)	-0,529
KB m	0,793
KG m	2,116
BMt m	9,671
BML m	53,162
GMt m	8,349
GML m	51,839
KMt m	10,465
KML m	53,954
TPc ton/cm	3,101
MTc ton.m	6,912

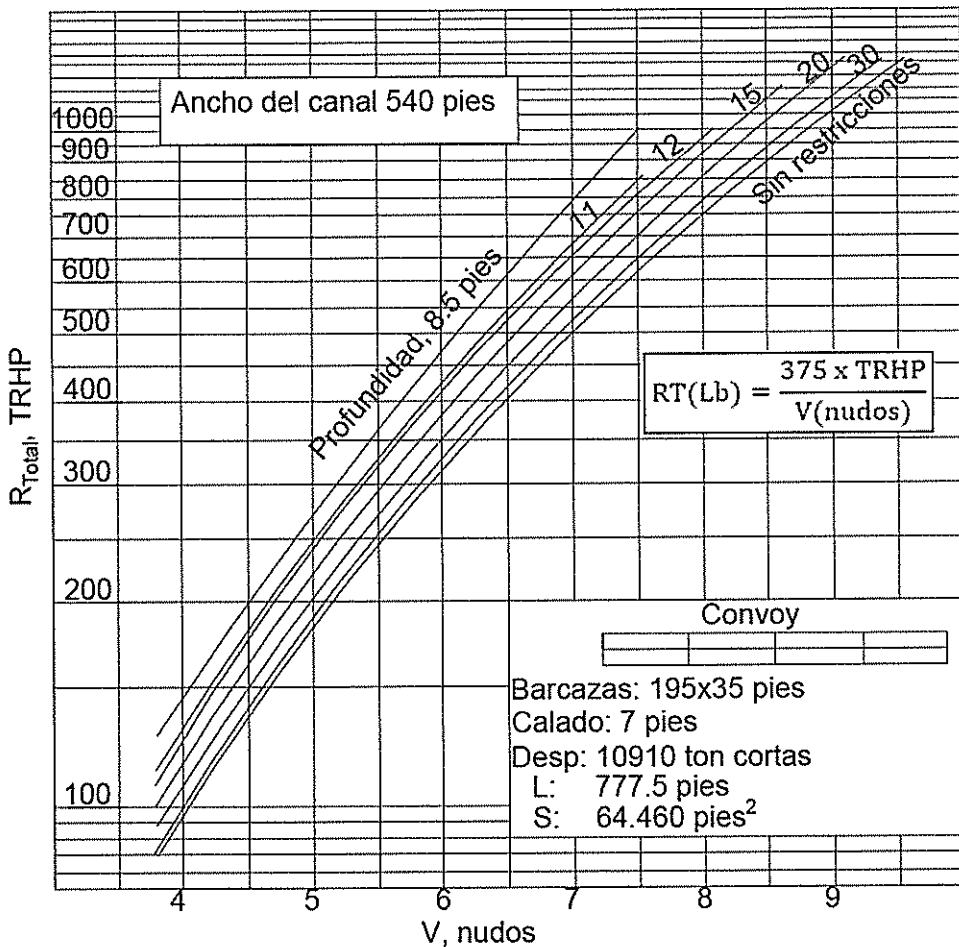
[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO F-Resistencia y Propulsión-Navcad

Curvas de pruebas de convoy, [14]

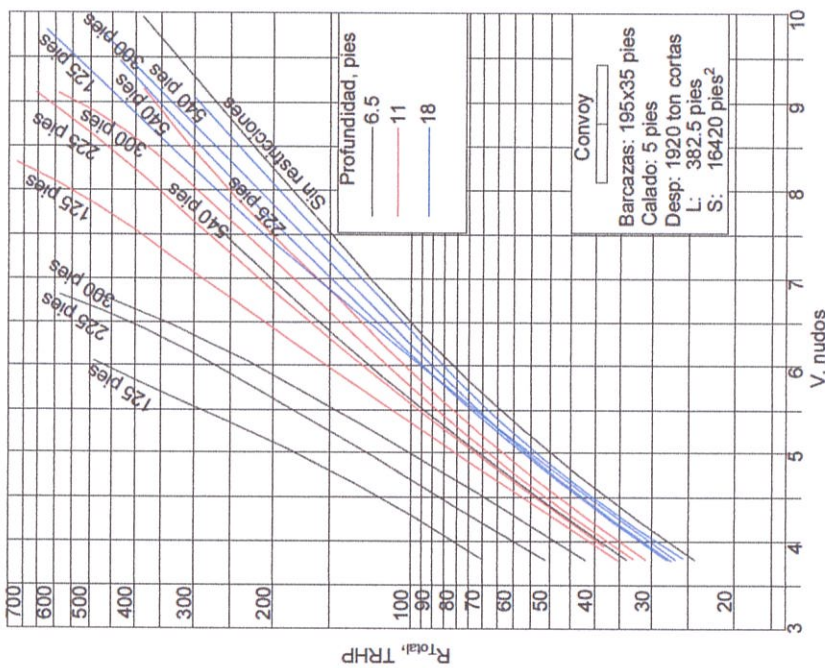
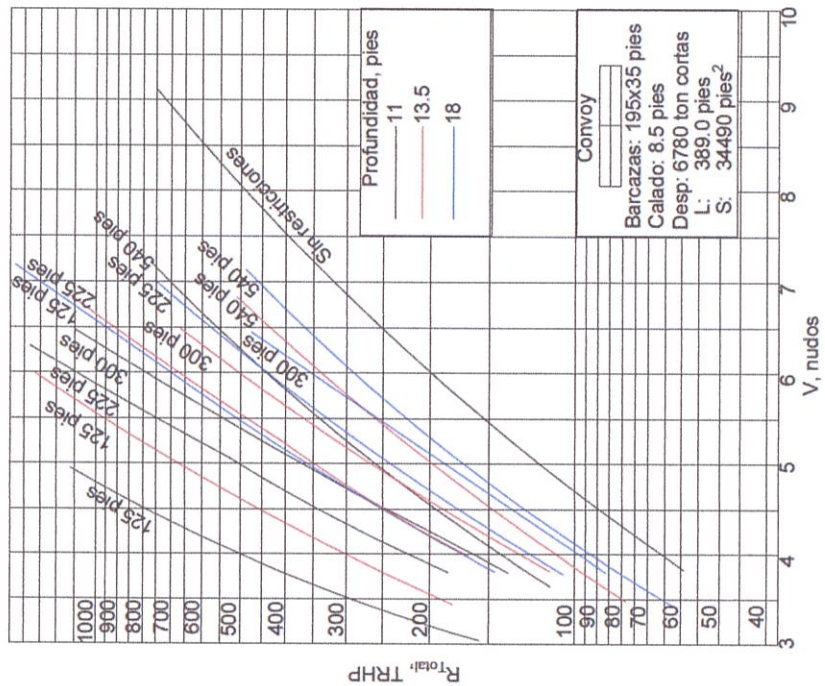
A continuación se presentan las curvas usadas para establecer la resistencia de configuraciones de barcazas tomadas en nuestro análisis.

Figura No. 79 Curva de Resistencia para un Convoy de 4x2



[Fuente: Resistanse of Barges Tow]

Figura No. 81 Resistencia para un Convoy de 2x1 y 2x2



[Fuente: Resistense of Barges Tow]

Formulaciones implementadas

Los parámetros de empuje de la hélice no cambiarán en condición de empuje, es decir que su empuje será siempre constante en esas condiciones, en esta ocasión siendo un tanto conservadores los cálculos realizados estarán basado en el empuje de la hélice dados por Navcad, considerando 52 KN de empuje entregado por cada hélice.

A continuación se presenta el proceso de cálculo para verificar que el empuje en las hélices sea el requerido:

$T_{Nec-empujador}$: Empuje necesario para el Remolcador (obtenida de Navcad, $t=0.12$)

$$T_{Nec-empujador} = R T_{empujador} / (1-t)$$

$T_{Dispo-Convoy}$: Empuje disponible para el Convoy (obtenida por diferencia)

$$T_{Dispo-Convoy} = T_{helices} - T_{Nec-empujador}$$

$T_{Nec-Convoy}$: Empuje necesario para el Convoy (obtenida de Navcad, $t=0.12$)

$$T_{Nec-Convoy} = R T_{convoy} / (1-t)$$

De esta manera debemos asegurar que:

$$T_{Dispo-Convoy} \geq T_{Nec-Convoy}$$

Motor Seleccionado, [15]

A continuación se presente el catálogo del motor para la propulsión principal seleccionado.

Figura No. 82 Motor Caterpillar C18 Acert

CATERPILLAR®

C18 ACERT™
MARINE PROPULSION

448 bkW
(600 bhp)

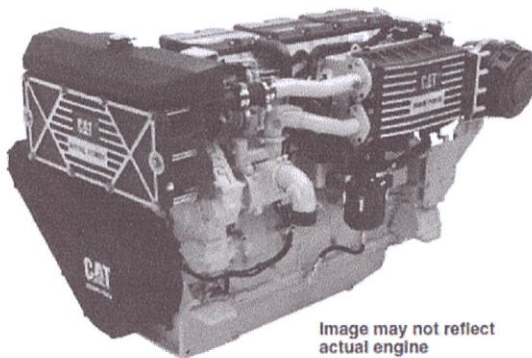


Image may not reflect actual engine

SPECIFICATIONS

I-6, 4-Stroke-Cycle-Diesel

Displacement	18.1 L (1106 in ³)
Rated Engine Speed	1800
Bore	145 mm (5.7 in.)
Stroke	183 mm (7.2 in.)
Aspiration	Turbocharged-Aftercooled
Governor	Electronic
Cooling System	Keel-Cooled/ Heat-Exchanger Cooled
Weight, Net Dry (approx.)	
Keel-Cooled	1539 kg (3394 lb)
Heat Exchanger-Cooled	1673 kg (3688 lb)
Refill Capacity	
Cooling System	45.8 L (12.1 gal)
Lube Oil System	64 L (16.9 gal)
Oil Change Interval	500 hours
Caterpillar Diesel Engine Oil	10W30 or 15W40
Rotation (from flywheel end)	Counterclockwise
Flywheel and flywheel housing	SAE No. 1 and SAE No. 0
Flywheel Teeth	
SAE No. 1	113
SAE No. 0	136
Maximum Exhaust Backpressure	6.7 kPa (26.9 in. water)

STANDARD EQUIPMENT

[Fuente: Catálogo Caterpillar]

Reductor Seleccionado, [16]

Para establecer que un buen análisis más detallado como es Navcad, necesitamos verificar si existe un reductor que se adapte a nuestro sistema de propulsión.

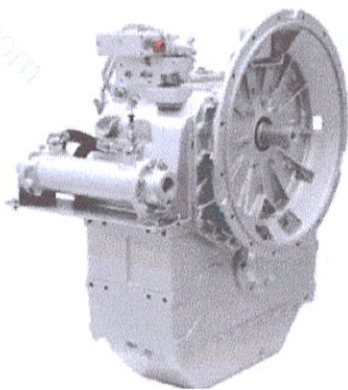
Requerimientos:

RPM de entrada, 1800 rpm (motor)

Potencia de entrada, 600 hp (motor)

Reducción, 3.5:1

Figura No. 83 Reductores Sf w1700



ZF W1700

Vertical offset, direct or remote mount marine transmission.

ZF W1700

Ratings

Continuous Duty

RATIOS	MAX. TORQUE		POWER/RPM		INPUT POWER CAPACITY				MAX. RPM		
	Nm	ftlb	kW	hp	1600 rpm		1800 rpm				
3.500*, 4.057, 4.294, 4.967, 5.393, 6.160, 6.458	2375	1752	0.2487	0.3335	398	534	448	600	522	700	2100
6.923*	2148	1584	0.2249	0.3016	360	483	405	543	472	633	2100

* Special Order Ratio

[Fuente: Catálogo de Reductores ZF 1700]

Resultados de Navcad de Remolcador-convoy

A continuación se presentan los resultados dados por Navcad para las configuraciones de convoy establecidas en agua ilimitadas. Luego se presentan un resumen debido a las diferentes condiciones de navegación.

Navegación en sin restricción de canal.

Tabla. CVII Resultados de Navcad del Remolcador-Sin restricción de canal

Ancho del Canal Prof. Del Canal		ILIMITADO	REMOLCADOR			
V(Nudos)	Rbare(kN)		Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	3.39	0.12	0.92	0	0.44	4.87
4	3.73	0.13	0.96	0	0.48	5.3
5	5.84	0.2	1.17	0	0.72	7.93
6	9.47	0.28	1.4	0	1.12	12.27
7	15.58	0.37	1.65	0	1.76	19.36
8	27.65	0.48	1.93	0	3.01	33.07
9	58.61	0.6	2.23	0	6.14	67.58

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CVIII Resultados de Navcad

Ancho del Canal(m) Prof. Del Canal(m)		ILIMITADO	4X2-T=2.13m			
Número de Barcazas			8			
V(Nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	36	0	1.18	0	4.99	42.17
4	41.76	0	1.24	0	5.67	48.67
5	60.14	0	1.52	0	8.13	69.79
6	89.09	0	1.82	0	11.75	102.66
7	119.32	0	2.16	0	15.6	137.08
8	156.6	0	2.52	0	20.27	179.39
9	204.17	0	2.91	0	26.08	233.16

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CIX Resultados de Navcad

Ancho del Canal(m)		ILIMITADO	3X2_T=2.59 m			
Prof. Del Canal(m)						
Número de Barcazas		6				
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.7	33.86	0.12	1	0	4.79	39.77
4	37.59	0.13	1.18	0	5.34	44.24
5	53.45	0.2	1.4	0	7.59	62.64
6	72.39	0.28	1.6	0	10.26	84.53
7	100.23	0.37	1.89	0	13.93	116.42
8	135.72	0.48	2.3	0	18.49	156.99
8.5	157.22	0.6	2.5	0	21.18	181.5

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CX Resultados de Navcad

Ancho del Canal(m)		ILIMITADO	2x2_T=1.59 m			
Prof. Del Canal(m)						
Número de Barcazas		4				
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.65	18.31	0	1.19	0	2.6	22.1
4	19.21	0	1.28	0	2.78	23.27
5	26.73	0	1.58	0	3.82	32.13
6	43.15	0	1.9	0	5.8	50.85
7	59.66	0	2.26	0	7.83	69.75
8	78.3	0	2.64	0	10.11	91.05
9	100.23	0	3.06	0	12.77	116.06

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXI Resultados de Navcad

Ancho del Canal(m)	ILIMITADO		2x2_T=2.59 m			
Prof. Del Canal(m)						
Número de Barcasas	4					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	25.5	0	1.19	0	3.67	30.36
4	27.14	0	1.25	0	3.92	32.31
5	40.09	0	1.54	0	5.69	47.32
6	55.68	0	1.85	0	7.81	65.34
7	78.75	0	2.2	0	10.76	91.71
8	100.23	0	2.58	0	13.63	116.44
9	129.92	0	2.99	0	17.41	150.32

[Fuente: Elaboración propia]

A continuación se presenta los diferentes resultados a diferente profundidad de canal y configuración de convoy.

Navegación en canal 15 metros de profundidad

Tabla. CXII Resultados de Navcad del remolcador a T=1.56 m- 15 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165		REMOLCADOR			
Prof. Del (m)	15					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	3.39	0.12	0.92	0.28	0.44	5.15
4	3.73	0.13	0.96	0.34	0.48	5.64
5	5.84	0.2	1.17	0.53	0.72	8.46
6	9.47	0.28	1.4	0.87	1.12	13.14
7	15.58	0.37	1.65	1.47	1.76	20.83
8	27.65	0.48	1.93	2.7	3.01	35.77
9	58.61	0.6	2.23	6.05	6.14	73.63

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXIII Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165	4X2_T=2.13				
Prof. Del (m)	15					
Número de Barcazas	8					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	36	0	1.18	8.68	4.99	50.85
4	41.76	0	1.24	9.55	5.67	58.22
5	60.14	0	1.52	14.5	8.13	84.29
6	89.09	0	1.82	20.4	11.75	123.06
7	119.32	0	2.16	27.23	15.6	164.31
8	156.6	0	2.52	34.99	20.27	214.38
9	204.17	0	2.91	43.75	26.08	276.91

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXIV Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165	3X2_T=2.59 m				
Prof. Del (m)	15					
Número de Barcazas	6					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.7	33.86	0.12	1	9	4.79	48.77
4	37.59	0.13	1.18	10.41	5.34	54.65
5	53.45	0.2	1.4	15.79	7.59	78.43
6	72.39	0.28	1.6	22.21	10.26	106.74
7	100.23	0.37	1.89	29.63	13.93	146.05
8	135.72	0.48	2.3	38.06	18.49	195.05
8.5	157.22	0.6	2.5	42.67	21.18	224.17

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXV Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165	2x2_T=1.59 m				
Prof. Del (m)	15					
Número de Barcazas	4					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.65	18.31	0	1.19	0.28	2.6	22.38
4	19.21	0	1.28	0.34	2.78	23.61
5	26.73	0	1.58	0.53	3.82	32.66
6	43.15	0	1.9	0.87	5.8	51.72
7	59.66	0	2.26	1.47	7.83	71.22
8	78.3	0	2.64	2.7	10.11	93.75
9	100.23	0	3.06	6.05	12.77	122.11

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXVI Resultados de Navcad del convoy - 15 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165	2x2_T=2.59 m				
Prof. Del (m)	15					
Número de Barcazas	4					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	25.5	0	1.19	6.54	3.67	36.9
4	27.14	0	1.25	7.2	3.92	39.51
5	40.09	0	1.54	10.92	5.69	58.24
6	55.68	0	1.85	15.34	7.81	80.68
7	78.75	0	2.2	20.46	10.76	112.17
8	100.23	0	2.58	26.27	13.63	142.71
9	129.92	0	2.99	32.81	17.41	183.13

[Fuente: Elaboración propia]

Navegación en canal 5 metros de profundidad

Tabla. CXVII Resultados de Navcad del remolcador a T=1.56 m- 5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)		165		REMOLCADOR			
Prof. Del (m)		5					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)	
3.8	3.39	0.12	0.92	1	0.44	5.87	
4	3.73	0.13	0.96	1.19	0.48	6.49	
5	5.84	0.2	1.17	1.86	0.72	9.79	
6	9.47	0.28	1.4	3.07	1.12	15.34	
7	15.58	0.37	1.65	5.23	1.76	24.59	
8	27.65	0.48	1.93	10.02	3.01	43.09	
9	58.61	0.6	2.23	24.61	6.14	92.19	

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXVIII Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)		165		4X2_T=2.13 m			
Prof. Del (m)		5					
Número de Barcazas		8					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)	
3.8	36	0	1.18	31.35	4.99	73.52	
4	41.76	0	1.24	34.5	5.67	83.17	
5	60.14	0	1.52	52.37	8.13	122.16	
6	89.09	0	1.82	73.69	11.75	176.35	
7	119.32	0	2.16	98.54	15.6	235.62	
8	156.6	0	2.52	127.46	20.27	306.85	
9	204.17	0	2.91	161.48	26.08	394.64	

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXIX Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165	3X2_T=2.59 m				
Prof. Del (m)	5					
Número de Barcazas	6					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.7	33.86	0.12	1	34.13	4.79	73.9
4	37.59	0.13	1.18	39.48	5.34	83.72
5	53.45	0.2	1.4	59.89	7.59	122.53
6	72.39	0.28	1.6	84.23	10.26	168.76
7	100.23	0.37	1.89	112.58	13.93	229
8	135.72	0.48	2.3	145.45	18.49	302.44
8.5	157.22	0.6	2.5	163.91	21.18	345.41

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXX Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)	165	2x2_T=1.59 m				
Prof. Del (m)	5					
Número de Barcazas	4					
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.65	18.31	0	1.19	9.37	2.6	31.47
4	19.21	0	1.28	11.12	2.78	34.39
5	26.73	0	1.58	16.85	3.82	48.98
6	43.15	0	1.9	23.69	5.8	74.54
7	59.66	0	2.26	31.67	7.83	101.42
8	78.3	0	2.64	41.01	10.11	132.06
9	100.23	0	3.06	52.12	12.77	168.18

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXI Resultados de Navcad del convoy - 5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)		165	2x2_T=2.59 m			
Prof. Del (m)		5				
Número de Barcazas		4				
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.8	25.5	0	1.19	24.74	3.67	55.1
4	27.14	0	1.25	27.22	3.92	59.53
5	40.09	0	1.54	41.26	5.69	88.58
6	55.68	0	1.85	57.99	7.81	123.33
7	78.75	0	2.2	77.47	10.76	169.18
8	100.23	0	2.58	100.06	13.63	216.5
9	129.92	0	2.99	126.48	17.41	276.8

[Fuente: Elaboración propia]

Navegación en canal 2.5 metros de profundidad

Tabla. CXXII Resultados de Navcad del remolcador a T=1.56 m- 2.5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)		165	REMOLCADOR			
Prof. Del (m)		2.5				
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.65	3.14	0.11	0.89	2.77	0.44	7.35
4	3.73	0.13	0.96	3.28	0.48	8.58
5	5.84	0.2	1.17	5.14	0.72	13.07
6	9.47	0.28	1.4	8.58	1.12	20.85
7	15.58	0.37	1.65	15.15	1.76	34.51
8	27.65	0.48	1.93	30.92	3.01	63.99
9	58.61	0.6	2.23	80.9	6.14	148.48

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXIII Resultados de Navcad del convoy – 2.5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)		165	2x2_T=1.59 m			
Prof. Del (m)		2.5				
Número de Barcazas		4				
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.65	18.31	0	1.19	29.83	2.6	51.93
4	19.21	0	1.28	35.38	2.78	58.65
5	26.73	0	1.58	53.65	3.82	85.78
6	43.15	0	1.9	75.63	5.8	126.48
7	59.66	0	2.26	102.02	7.83	171.77
8	78.3	0	2.64	134.06	10.11	225.11
9	100.23	0	3.06	173.05	12.77	289.11

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXIV Resultados de Navcad del convoy – 2.5 m de profundidad

Ancho del Canal(m)		165	1x1_T=1.59 m			
Prof. Del (m)		2.5				
Número de Barcazas		2				
V(nudos)	Rbare(kN)	Rapp(kN)	Rwind(KN)	Rchan(KN)	Rmisc(KN)	Rtotal(kN)
3.65	10.550226	0	0.84	8.81	1.73	21.93
4	11.693168	0	0.87	9.7	1.9	24.16
5	16.704525	0	1.08	14.73	2.76	35.27
6	22.2727	0	1.3	20.87	3.74	48.18
7	29.829509	0	1.54	28.5	5.01	64.88
8	36.541148	0	1.8	38.12	6.33	82.79
9	50.113575	0	2.09	50.17	8.49	110.86

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXV Resultados de Navcad -6 nudos

V(nudos)	Convoy	Calado (m)	Prof. Canal(m)	RT(KN)[Emp+Convoy]	EHP	BHP
6	4x2	2.13	15	136.20	563.95	1409.87
	3x2	2.59		119.88	496.38	1240.94
	2x2	2.59		93.82	388.47	971.18
	2x2	1.59		64.86	268.56	671.40
	Convoy	Calado (m)	Profundidad de Canal	RT(KN)[Emp+Convoy]	EHP	BHP
	4x2	2.13	5	191.69	793.71	1984.28
	3x2	2.59		184.10	762.28	1905.71
	2x2	2.59		138.67	574.18	1435.44
	2x2	1.59		89.88	372.16	930.39
	Convoy	Calado (m)	Profundidad de Canal	RT(KN)[Emp+Convoy]	EHP	BHP
	2x2	1.59	2.5	225.41	933.35	2333.38
	2x1	1.59		112.54	465.97	1164.91

[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO G-Cálculo Estructural

Escantillonado con SSC

Una vez que tenemos el rayado estructural, tenemos que proceder a establecer que elementos soporta a otros y viceversa. Por lo que podemos considerar:

- La quilla y sobre quilla se soportarán en los mamparos.
- Los refuerzos primarios de fondo se soportarán entre los mamparos que se separan 2 metros o en los puntales que también han sido ubicados de tal manera que el refuerzo primario lateral se soporte en 2-2.5 metros.
- Las platinas (refuerzos longitudinales) del fondo, de cubierta y del costado serán soportadas por las cuadernas reforzadas, es decir cada 2-2.5 metros
- Los primarios de la cubierta se soportarán sobre mamparos, o puntales
- Las varengas se soportarán entre los primarios de laterales que están espaciados cada dos metros.

Con estas consideraciones importantes procederemos a armar nuestro arreglo estructural en el programa SSC.

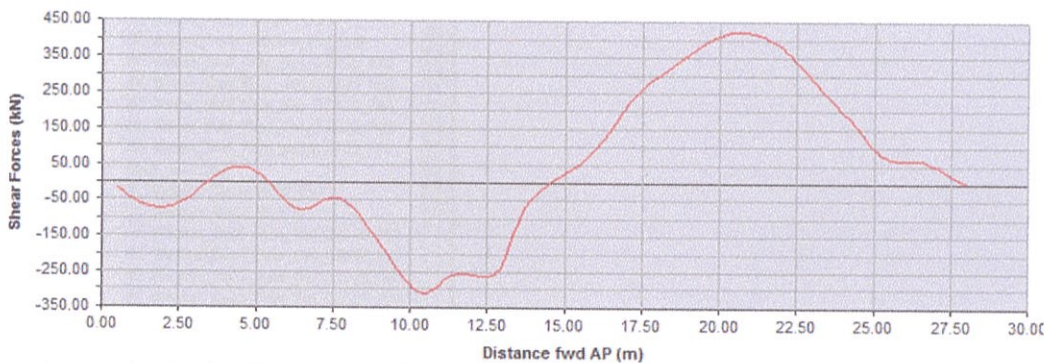
Este programa es muy útil ya que nos permite tener una pequeña base de datos de refuerzos y mediante avanzamos con nuestro análisis podemos ir probando cual es el que satisface las condiciones que establece la Lloyd's Register, [19]. A continuación se presentan imágenes del uso del programa.

Tabla. CXXVI Ingreso de Datos Principales

	Property	Units	Entered
1	Length Overall	m	28.000
2	Length Perpendiculars	m	26.750
3	Summer Waterline Length	m	27.500
4	Rule Length	m	26.675
5	Depth	m	2.260
6	Breadth	m	11.500
7	Summer Draught	m	1.560
8	Maximum Speed	knots	10.000
9	Moulded Displacement Mass	tonnes	389.400
10	Water Density	kg/m ³	1,000.000
11	Moulded Displacement Volume	m ³	389.400
12	Block Coefficient		0.794
13	Taylor quotient		1.907
14	Number of Hulls		1
15	Load Line Length	m	26.650
16	Global Assessment		Yes
17	Sailing Yacht		No

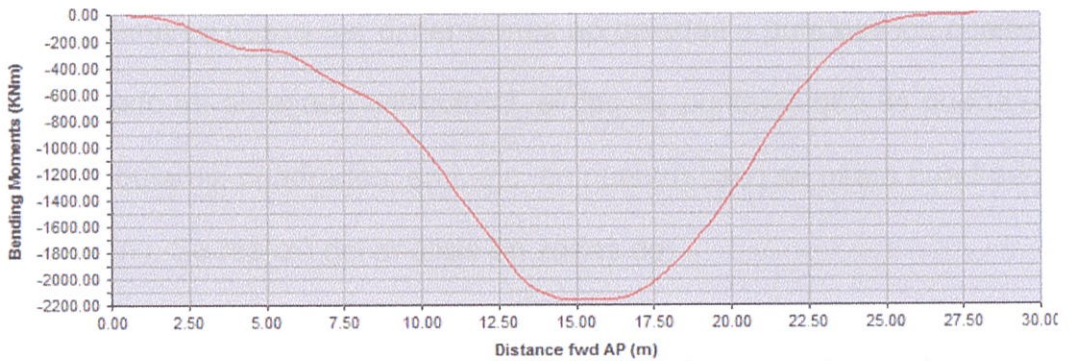
[Fuente: Programa SSC]

Figura No. 84 Distribución de Fuerza Cortante: Fuente SSC



[Fuente: Programa SSC]

Figura No. 85 Distribución de Momento Flector: Fuente SSC



[Fuente: Programa SSC]

Las curvas presentadas corresponden a fuerzas y momentos en aguas tranquilas.

Figura No. 86 Ilustración general del Programa SSC: Fuente SSC

The screenshot displays the Project Explorer on the left and the Properties table on the right. The Project Explorer shows a hierarchical structure of components including Single_Bottom, Bottom_Shell, and Deck_Structure. The Properties table lists various parameters for the selected component.

Property	Units	Entered
1 Steel		Steel
2 Curvature	mm	0.000
3 Panel Breadth	cm	50.000
4 Panel Length	cm	100.000
5 Panel Aspect Ratio		2.000
6 Stiffener Spacing	cm	50.000
7 Thickness	mm	8.000
8 Slamming Zone		No
9 Below Tangential Point		Yes
10 Height of Chine	m	0.000
11 Height above Base	m	0.000
12 Distance FWD of AP	m	13.500
13 Design Pressure	kN/m ²	63.451
14 Vertical distance of underside of keel above baseline, z	m	0.000

[Fuente: Programa SSC]

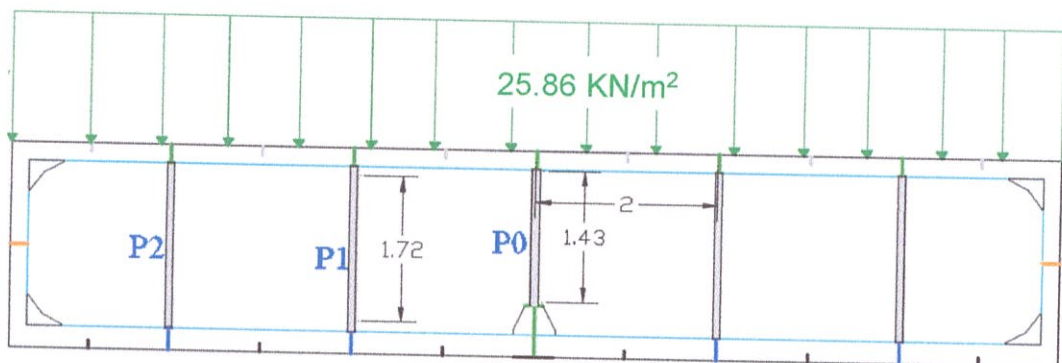
Dimensionamientos de Puntales

En este tema se busca dar dimensiones apropiadas a puntales los cuales ha sido ubicado en el rayado estructural, el tipo de puntales que se puede usar son de tubulares, cuadrados, en i, etc. en nuestro caso se usará cuadrados y de sección i. Se realizó del análisis en zonas de:

- Sección media y Sala de máquinas
- Proa
- Zona de casetas

A continuación se presentan las diferentes configuraciones de análisis.

Figura No. 87 Sección de sala de Máquina – Cuaderna 18



[Fuente: Elaboración propia]

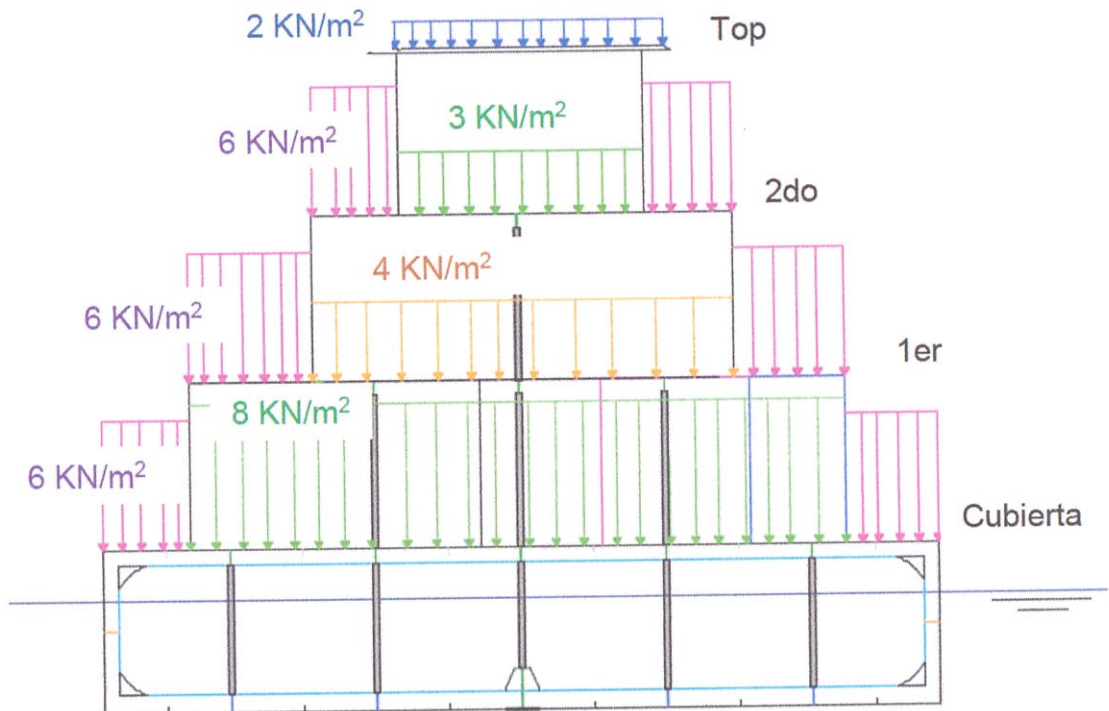
En diferentes puntales se consideró el efecto de excentricidad. Aplicando las formulaciones dadas por el Libro de Martín Domínguez, [22] sobre puntales con cargas excéntricas, tenemos:

$$\sigma_T = \left(\frac{W_1}{A}\right) + \left(\frac{W_2}{A}\right) + \left(\frac{W_3}{A}\right) + \left(\frac{W_3 a_3}{S}\right) - \left(\frac{W_2 a_2}{S}\right) - \left(\frac{W_1 a_1}{S}\right)$$

Los primero tres términos son debido a compresión que provocan las cargas y los demás son los momentos provocados por la excentricidad, mismo que ayudaran al pandeo de la columna. Finalmente se determinara la carga equivalente sobre el puntal está soportando, es decir:

$$W_T = \sigma_T \times A$$

Figura No. 88 Configuración de puntales Zona de Casetas



[Fuente: Elaboración propia]

Los niveles de presión considerada en las diferentes secciones descritas obedecen a las recomendaciones y formulaciones dadas por ABS, [23].

ANEXO H-Sistema a Bordo

Numero de Equipo

La formulación dada por DNV:

$$EN = \Delta^{2/3} + 2 B H + 0.1 A$$

H se calcula como:

$$H = a + hi$$

Los datos de entrada están especificados en la siguiente tabla

Tabla. CXXVII Datos de entrada

Δ (ton)	389.5	
B(m)	11.5	
a(m)	0.7	
L(m)	28	
Stand y Super. E	hi(m)	Li(m)
Tripu.	2.3	8.82
Capitán	2.3	5.86
Gobierno	2.3	4.27
$A_{Casco\ perf}$ (m ²)	19.6	
$A_{Sup,Case\ perf}$ (m ²)	43.585	
A	63.185	
H(m)	7.6	
EN_{Remolcador}	234.726	

[Fuente: Elaboración propia]

Una vez determinado el EN, el cual usaremos para entrar en la tablas de DNV para determinar los elementos de interés.

A continuación se presenta ilustraciones tomadas de DNV en la obtención de los componentes de amarre y fondeo.

Tabla. CXXVIII Tablas de DNV, Equipamento General

Número de Equipo	Letra de Equipo	Equipos de anclaje		Eslabones y Cables			Línea de tiro (guía)		Líneas de atraque (Guiadas)			
		Número	Masa/ancla	Long. total	Diámetro y grado de acero			Acero o cabos de fibra		Acero o cabos de fibra		
			Kg		m	NV K1 mm	NV K2 mm	NV K3 mm	Min. Long. m	Min. Esfuerzo de ruptura KN	Número	Long. de cada una m	Min. Esfuerzo de ruptura KN
30 - 49	a	2	120	192.5	12.5	-	-	170	88.5	2	80	32
50 - 69	a	2	180	220	14	12.5	-	180	98	3	80	34
70 - 89	b	2	240	220	16	14	-	180	98	3	100	37
90 - 109	c	2	300	247.5	17.5	16	-	180	98	3	110	39
175 - 204	g	2	570	302.5	24	20.5	-	180	112	3	120	59
205 - 239	h	2	660	302.5	26	22	20.5	180	129	4	120	64
240 - 279	i	2	780	330	28	24	2	180	150	4	120	69

[Fuente: Elaboración propia]

Inicialmente tenemos los siguientes valores:

Tabla. CXXIX Resultados iniciales DNV

DNV		
EN _{Remolcador}	234.726	
Equipo	Letra	h
Elementos de anclas	Número	2
	Masa/ancla	660
Eslabones y cables	L(m)	302.5
	K1[d(mm)]	26
Líneas de tiro (guía)	Lmin(m)	180
	Str.min(kN)	129
Líneas de atraque	Número	4
	L/cu(m)	120
	Fuerza.(KN)	64

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXX Corrección según el tipo de servicio de la embarcación

Notación de Clase	Equipos de anclaje		Eslabones y Cables	
	Número	Masa/ancla	Reducción de Longitud	Diámetro
R2	2	-10%	No red.	No red.
R3	2	-20%	No red.	No red.
R4	2	-30%	-20%	-10%
RE	2	-40%	-30%	-20%
Alternativa:				
R3	1	40%	-40%	No red.
R4	1	No cambia	-50%	No red.
RE	1	-20%	-60%	-10%

[Fuente: Sociedad Clasificadora DNV]

Aplicando las correcciones debido al tipo de servicio de nuestra embarcación operando en aguas cerradas, es decir, RE según DNV, se obtienen finalmente:

Tabla. CXXXI Resultados finales.

DNV			SCC
ENRemolcador	234.726		229
Equipo	Letra	h	-
Elementos de anclas	Número	1	1
	Masa/ancla(kg)	528	428
Eslabones y cables	L(m)	121	165
	K1[d(mm)]	23.4	24
Líneas de tiro (guía)	Lmin(m)	180	180
	Str.min(kN)	129	161.1
Líneas de atraque	Número	4	2
	L/cu(m)	120	120
	Fuerza.(KN)	64	64.2

[Fuente: Elaboración propia]

Se observa en la tabla anterior se ha adjuntado una columna de valores obtenidos con el programa de Lloyd's Register-SSC, obteniendo en longitudes de líneas de amarre un 15 % de error máximo.

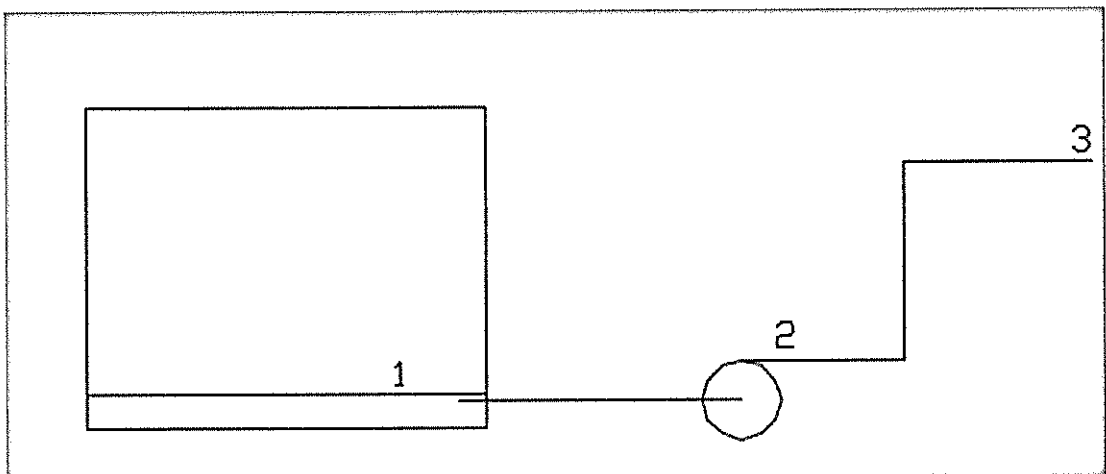
ANEXO I-Caída de Presión

Sistema de Combustible

Como se aprecia en la figura los puntos 1, 2 y 3 indican la posición de análisis que se realizara, en este primero se hizo, un análisis de 1-2 y luego de 2-1, con la finalidad de determinar la presión aproximadamente necesitaría una bomba para el sistema.

El flujo requerido dependerá del llenado del tanque de diario, por lo que se ha propuesto lo siguiente; el tanque debe de rellenarse en cada hora en 15 minutos, esto por el aumento de temperatura en él. Además, las tuberías serán entre 1 ½ " y 2", rango que nos permitirá el control de velocidad del fluido.

Figura No. 89 Esquema de análisis



[Fuente: Elaboración propia]

Para determinar el flujo requerido del sistema se aplica:

$$Q_{req} \left(\frac{m^3}{min} \right) = \frac{LtxBtxBt}{Tll}$$

$$Q_{req} = \frac{1.56 \times 2.63 \times 0.89}{15} = 0.24 m^3/min$$

$$Q_{req} = 64.31 \text{ GPM}$$

Tramo 2-3

Se ha implementado las siguientes características en las tuberías:

Tabla. CXXXII Características del tramo 2-3

DATOS_Cedula 40			
	d, mm, in [Librería]	60.3	2.375
	t, mm, in [Librería]	3.91	0.154
	d _{inner} , mm, (in)	52.480	2
	areas cm ² , in ²	21.63	3.35
	V _{suc.} , cm/seg, (fps) < 210, (7)	86.93	2.87
	V _{disc.} , cm/seg, (fps) < 370, (12)	217.33	7.19
#	Accesorios	L/cu(feet)	Ltotal (cm)
2	codos 90°-Standart	5	304.87
0	Tees- largo	9	0
2	Tees- giro 90°	12	731.688
1	Válvula de compuerta	32	975.584
1	Válvula Cheque	19	579.253
1	Válvula de Bola	26	792.662
	Long. Equivalente(cm)		3384.06
	Longitud de tuberías(cm)		450.00
	Total (cm)		3834.06
	z3(cm)		120.00
	gz3(cm2/seg2)		117600.00
	ε		0.0048
	ε/D		0.0000915
	Vis(cm ² /seg)		0.0079

[Fuente: Elaboración propia]

Para resolver usamos en general:

Ecuación de Bernoulli : $h_i = Pivi + \frac{v_i^2}{2} + g zi$

Caída de presión por longitud de tuberías: $\delta p = -f \left(\frac{v^2}{2}\right) \frac{L}{D}$

Factor de fricción del material: $\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log \left(\frac{\epsilon/D}{3.7} + \frac{2.51}{Re\sqrt{f}}\right)$

Aplicando la ecuación que rige la caída de presión del tramo 2-3 es:

$$h_2 = h_3 + \delta p$$

Dado que el análisis de caída de presión por accesorios involucra la viscosidad del fluido se usaran las tablas en anexos, mismas que están en función del caudal y la viscosidad.

Tabla. CXXXIII Calculo de caída de presión en el tramo 2-3

v(cm/seg)	Re	δp	h ₂ (cm ² /seg ²)	Q(GPM)	h ₂ (psi)
25	16607.595	41098.35	159010.85	8.57	2.31
34	22586.329	64583.12	182761.12	11.66	2.65
43	28565.063	82196.69	200721.19	14.74	2.91
52	34543.797	105681.46	224633.46	17.83	3.26
151	100309.873	516664.94	645665.44	51.78	9.37
160	106288.608	534278.51	664678.51	54.86	9.64
169	112267.342	557763.28	689643.78	57.95	10.00
178	118246.076	645831.17	779273.17	61.04	11.30
187	124224.810	704543.09	839627.59	64.12	12.18
196	130203.544	786739.79	923547.79	67.21	13.40
205	136182.278	845451.71	984064.21	70.29	14.28
214	142161.013	904163.64	1044661.64	73.38	15.15

[Fuente: Elaboración propia]

Se observa la presión requerida en el punto 2 es 14.28 psi, esta corresponde a la presión mínima requerida a la salida de la bomba. A continuación se presenta las características de la tubería en el tramo 1-2.

Tabla. CXXXIV Características del Tramo 1-2

DATOS_Cedula 40			
	d, mm, pulg [Librería]	60.3	2.375
	t, mm, pulg [Librería]	3.91	0.154
	d_{int} mm, pulg	52.480	2
	áreas cm², in²	21.63	3.35
	V_{suc.} , cm/s, (fps)< 210 , (7)	86.93	2.87
	V_{disc.} , cm/s, (fps)< 370, (12)	217.33	7.19
#	Accesorios	L/cu(pies)	Ltotal (cm)
4	codos 90°-Standart	5	609.74
1	Tees- largo	9	274.383
2	Tees- giro 90°	12	731.688
1	Válvula de compuerta	50	1524.35
1	Válvula Cheque	25	762.175
1	Válvula de Bola	30	914.61
	Long. Equivalente(cm)	4816.95	
	Longitud de tuberías(cm)	259.00	
	Total (cm)	5075.95	
	z3(cm)	120.00	
	gz3(cm2/seg2)	117600.00	
	ε	0.0048	
	ε/D	0.0000915	
	Vis(cm²/s)	0.0079	

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculo 1-2, este tramo como se nota en la figura 2 incluye la bomba, por lo que la ecuación de este tramo será:

$$h_1 = h_2 + \delta p - \delta h_b$$

$$h_2 = h_1 - \delta p + \delta h_b$$

La velocidad con que baja el tanque es relativamente baja $V_1=0$, además, la presión en 3 es la atmosférica misma que se anula con la presión absoluta en el punto 2, la fórmula es:

$$h_2 = +g z_0 - \delta p + \delta h_b$$

Tabla. CXXXV Análisis en la pérdida de presión tramo 1-2

v(cm/seg)	Re	f_4	δp	$\delta B(\text{psi})$	$\delta B(\text{cm}^2/\text{seg}^2)$	flujo(GPM)	$h_2(\text{psi})$
40	3239.506	0.042490	54410.51	25.00	1980374.00	13.84	28.08
49	3968.395	0.040008	85502.23	25.00	1980374.00	16.96	27.63
58	4697.284	0.038101	108821.02	25.00	1980374.00	20.07	27.29
67	5426.173	0.036572	139912.74	25.00	1980374.00	23.19	26.84
139	11257.284	0.030056	481921.65	25.00	1980374.00	48.11	21.88
148	11986.173	0.029577	513013.37	25.00	1980374.00	51.22	21.43
157	12715.062	0.029137	598515.59	25.00	1980374.00	54.34	20.19
166	13443.951	0.028731	684017.82	25.00	1980374.00	57.45	18.95
175	14172.840	0.028353	707336.61	25.00	1980374.00	60.57	18.61
184	14901.728	0.028002	738428.33	25.00	1980374.00	63.68	18.16
193	15630.617	0.027673	855022.28	25.00	1980374.00	66.80	16.47
202	16359.506	0.027365	932751.57	25.00	1980374.00	69.91	15.34
211	17088.395	0.027075	1041572.59	25.00	1980374.00	73.03	13.76

[Fuente: Elaboración propia]

Como se observa en tabla anterior, por prueba y error se varió el cabezal de la bomba. Con una bomba de 25 psi de presión, podrá entregar 15.34 psi en el punto 2, el mismo que es mayor al requerido (14.28 psi).

Sistema Contraincendios

Se va a considerar que el flujo que entrega la bomba se va a dividir en el empalme para la salida de agua a babor y estribor. La ecuación de conservación de energía, aplicada en el empalme E, y cada uno de los dos extremos es de:

$$h_E = h_1 + \delta p_{E-1} \quad y, \quad h_E = h_2 + \delta p_{E-2}$$

Tabla. CXXXVI Características del tramo empalme descarga

dint.(pulg)	1.5
Le(cm)	3017.5
z(cm)	300
Área	11.42
gz2(psi)	4.24

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXXVII Calculo de cabezal en un ramal

v(ft/seg)	Re	δp (cm ² /s ²)	Q(GPM)	V ² /2(cm ² /s ²)	he(psi)
1	1.47E+04	11135.48	5.56	464.75	4.41
2	2.94E+04	39373.88	11.13	1859.01	4.84
3	4.41E+04	83618.38	16.69	4182.78	5.51
4	5.88E+04	143590.12	22.26	7436.05	6.42
5	7.35E+04	219186.87	27.82	11618.83	7.57
6	8.82E+04	310343.55	33.38	16731.11	8.96
7	1.03E+05	417032.27	38.95	22772.90	10.59
8	1.18E+05	539234.46	44.51	29744.20	12.45
9	1.32E+05	676940.81	50.08	19054.88	14.55
10	1.47E+05	830123.44	55.64	46475.31	16.88
11	1.62E+05	998800.94	61.20	56235.13	19.45
12	1.76E+05	1182945.42	66.77	66924.45	22.26

[Fuente: Elaboración propia]

Se observa que a los 50 GPM de descarga tenemos una velocidad de 9 pies/s, por debajo de la máxima permitida por Marine Engineering, [32] que es de 15 ft/s, esta sería el análisis de un ramal. Por lo tanto, para los dos ramales sería aproximadamente 100 gpm.

A continuación, se muestra el cabezal en el empalme pero calculado estableciendo la ecuación de Conservación de la Energía desde la toma de mar hasta el empalme E, y este será el cabezal disponible:

$$h_o = h_E + \delta p_{O-E} - \delta h_B$$

$$h_E = h_O - \delta p_{O-E} + \delta h_B$$

Tabla. CXXXVIII Características del tramo succión Empalme

dint.r(pulg)	1.93
Le(cm)	5670.73
z(cm)	49.98
Área tub(cm ²)	18.85
gz ² (cm ² /s ²)	0
dbomba(psi)	40

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXXXIX Cálculo del cabezal desde la toma del mar al empalme.

v(ft/seg)	Re	δp (cm ² /s ²)	Q(GPM)	V ² /2(cm ² /s ²)	he(psi)
1	1.89E+04	19556.81	9.21	464.75	41.61
2	3.78E+04	69322.58	18.42	1859.01	40.89
3	5.67E+04	147345.33	27.63	4182.78	39.77
4	7.56E+04	253151.03	36.84	7436.05	38.25
5	9.45E+04	386544.47	46.05	11618.83	36.32
6	1.13E+05	547414.11	55.26	16731.11	34.00
7	1.32E+05	735694.90	64.47	22772.90	31.29
8	1.51E+05	951358.94	73.68	29744.20	28.18
9	1.70E+05	1194387.64	82.89	19054.88	24.68
10	1.89E+05	1464753.12	92.10	46475.31	20.78
11	2.08E+05	1762455.38	101.31	56235.13	16.49
12	2.27E+05	2087466.54	110.54	66924.45	11.80
13	2.46E+05	2439795.88	119.75	78543.28	6.72

[Fuente: Elaboración propia]

Finalmente el NPSH se la calcula para hacer su respectivo análisis de cavitación. Donde debe de cumplir la siguiente condición:

$$NPSHA > NPSHR$$

$$NPSHA = Patm \pm Psuc - Pfric - Pvap$$

Tabla. CXL Detalle para cálculo de pérdidas por accesorios y longitud.

#	Accesorios	L/cu(pies)	Ltotal (cm)
1	codos 90°-Standart	6	182.922
0	Tees- largo	5	0
1	Tees- giro 90°	12	365.844
2	Válvula de compuerta	35	2134.09
1	Válvula Cheque	24	731.688
0	Válvula de Bola	26	0
Long. Equivalente(cm)		3414.54	
Longitud de tuberías(cm)		150.00	
Total (cm)		3564.54	

[Fuente: Elaboración propia]

$$Pfric = f \frac{V^2 L}{2 D}$$

$$Pfric = 7.91 \text{ psi}$$

Por lo tanto:

$$NPSH_{DISP} = 14.69 \text{ psi} + 1.71 \text{ psi} - 7.91 \text{ psi} - 0.616 \text{ psi}$$

$$NPSHA = 7.67 \text{ psi}$$

El fabricante proporciona el valor de NPSHR que es 1.4 m, que equivale a 2 psi.

$$NPSHR = 2 \text{ psi}$$

Sistema de Achique

El diámetro d del colector de achique se calculará utilizando la fórmula dada a continuación. No obstante, el diámetro interior real de dicho colector podrá redondearse hasta el tamaño normalizado más próximo que la Administración juzgue aceptable. El diámetro recomendando por ABS, [31]

Para una succión principal, Sala de máquina.

$$d(mm) = 25 + 1,68\sqrt{L(B + D)}$$

$$d(mm) = 25 + 1,68\sqrt{27.29 (11.5 + 2.26)}$$

$$d = 57.56 \text{ mm} = 2.27 \text{ pulg}$$

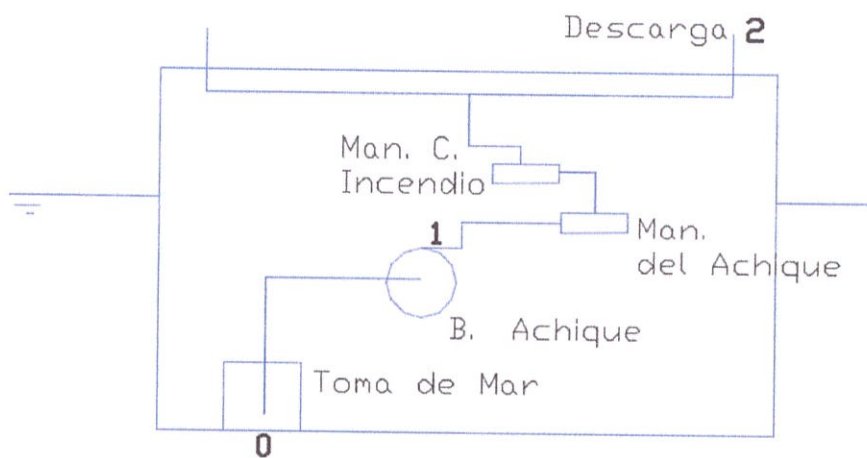
Para una succión de ramales, demás compartimentos.

$$d(mm) = 25 + 2,16\sqrt{c(B + D)}$$

Para el cálculo de caída de presión, se escogió la línea de mayor caída de presión. Del diagrama funcional combinado achique y contra incendio se

presenta el siguiente esquema (Figura No. 90) que sigue los puntos 0, 1 y 2 indican la posición de análisis y tramos de análisis.

Figura No. 90 Esquema de Análisis



[Fuente: Elaboración propia]

La capacidad flujo según ABS que debe tener nuestra bomba de achique será el mismo o mayor que las bombas contra incendio, es decir 100 GMP.

SOLAS recomienda que la velocidad debe ser igual o superior a 200 cm/s. por otra parte se debemos asegurarnos de no sobrepasar los valores de velocidad recomendados por Marine Engineering.

Tramo 1-2

Este tramo corresponde del empalme hasta la descarga, las características implementadas para la tubería son:

Tabla. CXLI Características del tramo 1-2

DATOS Cedula 80			
	d, mm, pulg [Librería]	48.3	1.900
	t, mm, pulg [Librería]	5.08	0.200
	d _{int} , mm, (pulg)	38.140	1 1/2
	áreas cm ² , pulg ²	11.42	1.77
	V _{suc.} , cm/s, (fps) < 460, (15)	74.11	2.45
	V _{disc.} , cm/s, (fps) < 460 (15)	185.27	6.13
#	Accesorios	L/cu(pies)	Ltotal (cm)
4	codos 90°-Standart	3.5	426.818
1	Tees- largo	3.5	106.7045
1	Tees- giro 90°	11	335.357
1	Válvula de compuerta	32	975.584
1	Válvula Cheque	19	579.253
0	Válvula de Bola	26	0
	Long. Equivalente(cm)	2423.72	
	Longitud de tuberías(cm)	600.00	
	Total (cm)	3023.72	
	z ₂ (cm)	300.00	
	gz ₂ (cm ² /seg ²)	294000.00	
	ε	0.005	
	ε/D	0.0001311	
	Vis(cm ² /s)	0.0079	

[Fuente: Elaboración propia]

La ecuación para este tramo establecida es:

$$h_1 = h_2 + \delta p$$

$$h_1 = \frac{V_2^2}{2} + g z_2 + \delta p$$

Tabla. CXLII Calculo de caída de presión en el tramo 1-2

v(cm/seg)	Re	$\delta p(\text{cm}^2/\text{s}^2)$	$gz_2(\text{cm}^2/\text{s}^2)$	2Q(GPM)	$h_1(\text{psi})$
100	4.83E+04	85240.66	294000	36.22	5.57
115	5.55E+04	109548.65	294000	41.65	5.95
130	6.28E+04	136594.54	294000	47.09	6.37
145	7.00E+04	166333.45	294000	52.52	6.83
160	7.72E+04	198727.63	294000	57.95	7.33
175	8.45E+04	233744.83	294000	63.39	7.88
190	9.17E+04	271357.14	294000	68.82	8.46
205	9.90E+04	311540.12	294000	74.25	9.09
220	1.06E+05	354272.19	294000	79.69	9.76
235	1.13E+05	399534.17	294000	85.12	10.46
250	1.21E+05	447308.85	294000	90.55	11.21
265	1.28E+05	497580.75	294000	95.99	11.99
280	1.35E+05	550335.81	294000	101.42	12.82
295	1.42E+05	605561.27	294000	106.85	13.68
310	1.50E+05	663245.46	294000	112.29	14.58

[Fuente: Elaboración propia]

Como se nota para la columna de velocidad estamos comprobando que la velocidad no sea excedida de la recomendada tanto por Caterpillar como Marine Engineering.

Para el tramo 0-1

Este tramo corresponde de la toma de mar hasta el empalme, las características implementadas para la tubería son:

Tabla. CXLIII Características del tramo 0-1

DATOS Cedula 80			
	d, mm, in [Librería]	60.3	2.375
	t, mm, in [Librería]	5.54	0.218
	d_{int}, mm, (in)	49.220	2
	áreas cm², in²	19.03	2.95
	V_{suc.}, cm/s, (fps) < 460, (15)	126.28	4.18
	V_{disc.}, cm/s, (fps) < 460, (15)	210.47	6.96
#	Accesorios	L/cu(pies)	Ltotal (cm)
3	codos 90°-Standart	6	548.766
0	Tees- largo	5	0
3	Tees- giro 90°	12	1097.532
6	Válvula de compuerta	35	6402.27
3	Válvula Cheque	24	2195.064
0	Válvula de Bola	26	0
	Long. Equivalente(cm)	10243.63	
	Longitud de tuberías(cm)	150.00	
	Total (cm)	10393.63	
	Calado (cm)	120.00	
	Po en t. Mar (cm ² /seg ²)	117600.00	
	ε	0.005	
	ε/D	0.0001016	
	Vis(cm ² /s)	0.0079	

[Fuente: Elaboración propia]

Aplicando la ecuación que rige la caída de presión del tramo 0-1 tenemos:

$$h_0 = h_1 + \delta p - \delta B$$

$$h_1 = \frac{P_0}{\rho} + \frac{V_0^2}{2} + g z_0 - \delta p + \delta B$$

$$h_1 = \frac{P_0}{\rho} - \delta p + \delta B$$

El nuevo termino que se tiene en este ecuación es P_o la cual pertenece a la presiono en la toma de mar, la cual está regido por el cabezal impuesto por el mínimo calado, dado que esta sería la peor condición.

Tabla. CXLIV Calculo de caída de presión en el tramo 0-1

v(cm/s)	Re	$\delta p(\text{cm}^2/\text{s}^2)$	$P_o(\text{cm}^2/\text{seg}^2)$	$h_1(\text{cm}^2/\text{s}^2)$	Q(GPM)	$h_2(\text{psi})$
240	1.50E+05	1047922.64	117600.00	2000630.88	73.06	29.02
249	1.55E+05	1120921.60	117600.00	1927631.92	75.80	27.96
258	1.61E+05	1196201.86	117600.00	1852351.66	78.54	26.87
267	1.66E+05	1273755.59	117600.00	1774797.93	81.28	25.75
276	1.72E+05	1353575.38	117600.00	1694978.14	84.02	24.59
285	1.78E+05	1435654.25	117600.00	1612899.27	86.76	23.40
294	1.83E+05	1519985.57	117600.00	1528567.95	89.50	22.17
303	1.89E+05	1606563.06	117600.00	1441990.46	92.24	20.92
312	1.94E+05	1695380.75	117600.00	1353172.77	94.98	19.63
321	2.00E+05	1786432.96	117600.00	1262120.56	97.72	18.31
330	2.06E+05	1879714.30	117600.00	1168839.22	100.46	16.96
339	2.11E+05	1975219.63	117600.00	1073333.89	103.20	15.57
348	2.17E+05	2072944.02	117600.00	975609.50	105.94	14.15

[Fuente: Elaboración propia]

En las tablas donde se realizó el cálculo de perdida de presión se analizó alrededor del flujo de 100 GPM.

De las curvas características de la bomba seleccionada, se obtuvo que el NPSHR es:

$$\text{NPSHR} = 1.6 \text{ m} = 5.24 \text{ pies} = 2.27 \text{ psi}$$

A una eficiencia de 70 % (25 m³/h – 11.25 m)

Para el NPSHA tenemos:

$$NPSHA = Patm \pm Psuc - Pfric - Pvpap$$

Patm(Psi)	14.69
Psuc(Psi)	1.71
Pfricc(Kpa)	12
Pvap(Psi)_30°C	0.616

$$NPSHA = 3.78 \text{ psi} = 2.65 \text{ m}$$

$$NPSHA \geq NPSHR$$

ANEXO J-Balance Eléctrico

Con el objetivo de desarrollar un buen balance eléctrico, este proceso se lo ha dividido en tres partes, estas son:

- Bombas de los Sistemas; bombas seleccionadas para los sistemas descritos en el subcapítulo anterior.
- Equipos complementarios; entre estos puede estar aires acondicionados para tripulación, ventiladores, televisores, etc.
- Iluminación: o alumbrado se refiere iluminación de espacios interno o externos, proyectores, etc.

El alumbrado se analizará tres zonas como son; espacios habitados por la tripulación, luces para la navegación y alumbrado exterior.

Habitabilidad

En esta parte nos centraremos en el alumbrado de los espacios habitados por la tripulación e implementaremos la formulación vista en la materia de Electricidad Aplicada Buques, [39].

$$L = E \cdot S \cdot \frac{F_d}{F_u}$$

El factor de utilización F_u se la obtendrá en función del índice del local K .

$$K = \frac{a_i \cdot b_i}{h_i \cdot (a_i + b_i)}$$

Para la iluminación E , se presenta la siguiente tabla.

Tabla. CXLV Iluminación recomendada según el local,

ILUMINACIONES ACONSEJADAS		
Locales	Iluminancias	
Camarotes de pasajeros y oficialidad	200	250
Camarotes de tripulación	150	200
Camarotes de lujo	250	300
Pasillos del pasaje	100	150
Pasillos de la tripulación	100	150
Locales de reunión	100	150
Locales de reunión:		
Pasaje	200	400
Tripulación	120	250
Locales Sanitarios	200	250
Locales de servicios	250	300
Enfermería	500	1000
Puentes de paseo y descubiertos	20	40
Puentes de botes	10	20
Sala de máquinas	300	450
Puestos de maniobras	500	750
Salas de Calderas	250	350
Bocas de calderas	500	750
Túneles y compartimentos de menos de 200 m ³	100	150
Talleres de Montaje y precisión	1000	2000
Talleres de maquinaria	500	1000
Salas de dibujo	750	1500
Oficinas normales	400	750
Salas de espera, archivo, etc.	75	150

[Fuente: Electricidad Aplicada al Buque]

Tabla. CXLVI Valores de Fu en función de K

VALORES DE Fu								
Alumbrado	Directo		Semidirecto		Semi-indirecto		Indirecto	
Flujo hacia el	0		40-10		60-90		100	
Flujo hacia el	100		60-90		40-10		0	
Local	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro	Claro	Oscuro
Índice del								
0.60	0.34	0.24	0.30	0.22	0.21	0.08	0.13	0.03
0.80	0.42	0.33	0.38	0.27	0.26	0.12	0.16	0.05
1.00	0.46	0.39	0.44	0.34	0.30	0.13	0.19	0.05
1.25	0.50	0.42	0.50	0.38	0.32	0.15	0.22	0.06
1.50	0.53	0.45	0.54	0.41	0.36	0.17	0.24	0.07
2.00	0.58	0.51	0.60	0.47	0.41	0.19	0.27	0.08
2.50	0.62	0.56	0.63	0.50	0.44	0.21	0.30	0.10
3.00	0.64	0.58	0.66	0.52	0.47	0.22	0.32	0.10
4.00	0.67	0.61	0.69	0.55	0.51	0.24	0.35	0.12
5.00	0.69	0.63	0.71	0.57	0.53	0.25	0.36	0.12

[Fuente: Electricidad Aplicada al Buque]

Como sigue se presenta una tabla del cálculo de la iluminación de la habitabilidad.

Tabla. CXLVII Cálculo de potencia para la Iluminación de habitación

Espacios	E	k	Fu(K)	L	P _{lf}	P _{bal}	Luces		Cons.
	lx			lm	W	W/unini		W	
Pte. De Gobierno	500	0.76	0.39	23538.46	247.77	109	2.27	3	327
CUBIERTA PRINCIPAL									
COMEDOR PARA TRIPU	250	0.65	0.33	10977.27	115.55	109	1.06	1	109
CAMAROTES TRIPU	200	0.80	0.33	13148.70	138.41	109	1.27	2	218
S.H. PUBLICO	250	0.41	0.24	5562.50	62.50	51	1.23	1	51
BAÑO/DUCHA TRIPU	250	0.37	0.24	4875.00	54.78	51	1.07	1	51
BAÑO TRIPU	250	0.37	0.24	4875.00	54.78	51	1.07	1	51
BOD-COMIDA REFRI	200	0.36	0.22	3681.82	38.76	109	0.36	1	109
BODEGA-COMIDA SECA	200	0.42	0.22	5181.82	58.22	51	1.14	1	51
COCINA	250	0.58	0.34	8823.53	92.88	109	0.85	1	109
LAVANDERIA	250	0.55	0.30	8250.00	92.70	51	1.82	2	102
PASILLO	150	0.84	0.33	10090.91	106.22	109	0.97	1	109
ENTRADA S. MAQ 1	200	0.22	0.32	1012.50	11.38	51	0.22	1	51
ENTRADA S. MAQ 2	200	0.22	0.32	1012.50	11.38	51	0.22	1	51
CUBIERTA DEL CAPITAN									
CAMAROTE DE CAP	250	1.26	0.42	30035.71	316.17	109	2.90	3	327
BAÑO/DUCHA CAP	250	0.44	0.24	6468.75	72.68	51	1.43	1	51
BAJO CUBIERTA PRINCIPAL									
SALA DE MAQUINAS	350	1.43	0.45	60375.00	635.53	109	5.83	6	654.00
PAÑOL	200	0.26	0.24	1012.50	11.38	51	0.22	1	51.00
COMP. SERVOMOTOR	200	1.81	0.51	13529.41	142.41	109	1.31	2	218.00
COMP. PLAN. TRATADORA	250	1.18	0.39	38480.77	432.37	51	8.48	6	306.00
								Σ(Pot[KW])	3.00

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CXLVIII Balance Eléctrico

GRUPOS	Núm. Activo	Pot/cu		Vac	Φ (1o3)	Amp	Factor de Consumo (%)				Consumo de Potencia(hp)						
		Hp	Hp				M 1	M 2	M 3	M 4	M 1	M 2	M 3	M 4			
BOMBAS																	
B. Contraincendios	2	5	10	120	1	83.33	0%	0%	0%	100%	0	0	0	10			
B. Achiقة Principal	2	4	8	120	1	66.67	25%	50%	0%	100%	2	4	0	8			
B. Achiقة Sala de Maquina	1	3	3	120	1	25	10%	50%	0%	50%	0.3	1.5	0	1.5			
B. Traslvasije D.O.	1	3	3	120	1	25	0%	10%	0%	0%	0	0.3	0	0			
B. Agua Fresca	1	0.5	0.5	120	1	4.17	0%	50%	0%	0%	0	0.25	0	0			
Sub total														2.3	6.05	0	19.5
EQ. COMPLEMENTARIOS																	
Cabrestante	1	14.5	14.5	480	3	17.44	0%	0%	100%	0%	0	0	14.5	0			
P. Tratadora de Sentina	1	25	25	230	3	62.76	25%	50%	0%	0%	6.25	12.5	0	0			
Ventilación de S. Maq.	2	10	20	220	3	52.49	100%	100%	100%	0%	20	20	20	0			
TV Comedor, Cap, Tripu	3	0.41	1.23	120	1	10.25	33%	66%	0%	0%	0.41	0.81	0	0			
A.C. Comedor y Sala	1	3.5	3.5	240	1	14.58	0%	50%	0%	0%	0	1.75	0	0			
A.C. Camarote de Capitán	1	2	2	240	1	8.33	0%	0%	0%	0%	0	0	0	0			
A.C. Pte. De Gobierno	1	1.34	1.34	240	1	5.58	100%	100%	100%	100%	1.34	1.34	1.34	1.34			
Sub total														28	36.4	35.84	1.34
ILUMINACION																	
Alumbrado Principal	1	4.01	4.01	120	1	33.46	100%	75%	100%	75%	4.01	3.01	4.01	3.01			
Proyectors sobre cubierta	10	1.34	13.4	220	1	60.91	40%	0%	50%	80%	5.36	0	6.7	10.72			
Alumbrado de Emergencia	1	2.5	2.5	120	1	20.83	0%	0%	0%	100%	0	0	0	2.5			
Navegación	1	0.804	0.8	120	1	6.7	25%	25%	25%	25%	0.2	0.2	0.2	0.2			
Sub total														9.58	3.21	10.92	16.43
Σ (HP)											39.87	45.66	46.76	37.27			
% 5 de error											1.99	2.28	2.34	1.86			
TOTAL(Hp)											41.87	47.95	49.09	39.14			

[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO K-Dotación Mínima y Confort

Dotación Mínima

El Ministerio de transporte, menciona que:

Embarcaciones con volumen de carga movilizada superior a 2.001 toneladas que se desplacen en convoy superiores a nueve (9), como mínimo por un capitán, un piloto, un maquinista, un contra maestre y otros cinco (5) tripulantes, es decir, tendremos un total de 9 tripulantes, esta sería la dotación, sin contar cocinero ni administrador él cual hoy en día es necesario.

Tabla. CXLIX Dotación Mínima para Remolcadores

DOTACIÓN MINIMA DE SEGURIDAD PARA REMOLCADORES

Que operen en los Puertos y Terminales Petroleros - Área de Operación A1



1. PERSONAL DE CUBIERTA

T.R.B.	Capitán de altura	Oficial de Cubierta			Patrón de Altura	Patrón Costanero	Contra maestre	Marinero de primera de puente (Timonel)	Marinero de Cubierta	Total
		Primero	Segundo	Tercer						
50-400	-	-	-	-	-	1	-	1	2	4
401-1000	-	-	-	-	1	-	-	1	3	5
1001 en adelante	-	-	-	1	-	1	-	2	3	7

2. PERSONAL DE MAQUINAS

POTENCIA EN MAQUINAS (HP)	Jefe de máquinas	Oficial de máquinas			Oficial Electrónico	Marinero de primera de máquinas		Marinero de maquinas (Aceitero)	Total
		Primero	Segundo	Tercer		Maquinista	Motorista		
0-500	-	-	-	-	1	1	1	-	3
501-1500	-	-	-	1	1	1	1	1	5
1501 en adelante	-	-	1	-	1	1	2	1	6

[Fuente: Ministerio de Transporte y Obras Públicas]

Table 9.3 – Fire integrity of bulkheads separating adjacent spaces

Spaces	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	
Control stations	(1)	A-0 ^e	A-0	60	A-0	A-15	A-60	A-15	A-60	A-60	*	A-60
Corridors	(2)		C ^e	B-0 ^e	A-0 ^a B-0 ^e	A-60	A-0	A-0	A-15 A-0 ^d		*	A-15
Accommodation spaces	(3)			C ^e	A-0 ^a B-0 ^e	B-0 ^e	A-60	A-0	A-0	A-15 A-0 ^d	*	A-30 A-0 ^d
Stairways	(4)				A-0 ^a B-0 ^e	A-0 ^a B-0 ^e	A-60	A-0	A-0	A-15 A-0 ^d	*	A-15
Service spaces (low risk)	(5)					C ^e	A-60	A-0	A-0	A-0	*	A-0
Machinery spaces of category A	(6)						*	A-0	A-0	A-60	*	A-60
Other machinery spaces	(7)							A-0 ^b	A-0	A-0	*	A-0
Cargo spaces	(8)							*	A-0		*	A-0
Service spaces (high risk)	(9)								A-0 ^b		*	A-30
Open decks	(10)											A-0
Special category and ro-ro spaces	(11)											A-0

[Fuente: Solas]

Cálculos y resultados de espesores de planchaje de la súper estructura obtenidos de SSC

Figura No. 91 Tablas de cálculo de SSC

Property	Units	Entered	Derived	Required
1 Distance FWD of AP	m	15.000		
2 Location	Side			
3 Design Pressure	MN/m2	6.220	6.220	
4 Steel	Steel			
5 Curvature	mm	0.000		
6 Panel Breadth	cm	50.000		
7 Panel Length	cm	122.000		
8 Panel Aspect Ratio		2.440		
9 Stiffener Spacing	cm	50.000		
10 Thickness	mm	5.000		3.052

[Fuente: Programa SSC]

Los resultados obtenidos con SSC para espesores tenemos;

Tabla. CLI Cálculo y Resultados obtenidos por SSC

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		House Top		
Design Pressure	kN/m ²	3.888	3.888	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	50.000		
Panel Length	cm	100.000		
Panel Aspect Ratio		2.000		
Stiffener Spacing	cm	50.000		
Thickness	mm	3.000		2.400

House Top, Gobierno

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Aft		
Design Pressure	kN/m ²	3.888	3.888	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	100.000		
Panel Length	cm	122.000		
Panel Aspect Ratio		1.220		
Stiffener Spacing	cm	100.000		
Thickness	mm	3.000		2.821

Mamparo de Popa, Gobierno

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Bulwark		
Design Pressure	kN/m ²	6.220	6.220	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	100.000		
Panel Length	cm	122.000		
Panel Aspect Ratio		1.220		
Stiffener Spacing	cm	100.000		
Thickness	mm	4.000		3.568

Mamparo de Proa, Gobierno

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Side		
Design Pressure	kN/m ²	6.220	6.220	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	50.000		
Panel Length	cm	122.000		
Panel Aspect Ratio		2.440		
Stiffener Spacing	cm	50.000		
Thickness	mm	5.000		3.052

Costado, Gobierno

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Front Upp		
Design Pressure	kN/m ²	7.775	7.775	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	50.000		
Panel Length	cm	100.000		
Panel Aspect Ratio		2.000		
Stiffener Spacing	cm	50.000		
Thickness	mm	5.000		4.153

Piso del Puente de Gobierno

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Coachroof		
Design Pressure	kN/m ²	12.959	12.959	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	50.000		
Panel Length	cm	100.000		
Panel Aspect Ratio		2.000		
Stiffener Spacing	cm	50.000		
Thickness	mm	4.000		3.788

Techo, Cubierta de Oficiales

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Aft		
Design Pressure	kN/m ²	3.888	3.888	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	100.000		
Panel Length	cm	122.000		
Panel Aspect Ratio		1.220		
Stiffener Spacing	cm	100.000		
Thickness	mm	3.000		2.821

Mamparo de Popa, Cub. De Oficiales

Property	Units	Entered	Derived	Required	Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000			Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Bulwark			Location		Side		
Design Pressure	kN/m2	6.220	6.220		Design Pressure	kN/m2	6.220	6.220	
Steel		Steel			Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000			Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	100.000			Panel Breadth	cm	50.000		
Panel Length	cm	122.000			Panel Length	cm	122.000		
Panel Aspect Ratio		1.220			Panel Aspect Ratio		2.440		
Stiffener Spacing	cm	100.000			Stiffener Spacing	cm	50.000		
Thickness	mm	4.000		3.568	Thickness	mm	5.000		3.052

Mamparo de Proa, Cub. De Oficiales

Costados, Cub. De Oficiales

Property	Units	Entered	Derived	Required
Distance FWD of AP	m	15.000		
Location		Front Upp		
Design Pressure	kN/m2	7.775	7.775	
Steel		Steel		
Curvature	mm	0.000		
Panel Breadth	cm	50.000		
Panel Length	cm	100.000		
Panel Aspect Ratio		2.000		
Stiffener Spacing	cm	50.000		
Thickness	mm	5.000		4.153

Piso de Cub. De Oficiales y Techo de Cub. De Tripulación

[Fuente: Programa SSC]

Aislación Acústica

A continuación se detallan las formulas empleadas para la estimación del nivel de las fuentes de ruidos descritas.

Ruido producido por los Motores Principales. [46]

$$Lp = 15.8 \log \left[N(D.C) \frac{1}{3} \frac{(Z/6)^2}{k} \right] + 75.5 \text{ dB (re 0.5 m)}$$

Ruido producido por los Electro generadores.

Aplicando la siguiente fórmula la cual recomienda SNAME, [46] se estima el nivel ruido producido por un generador.

$$Lw = 57 + 10 \log(\text{hp}) \text{ [dB]}$$

Como sigue se presentan el nivel del foco de ruido para los cuatro motores y dos generadores.

Tabla. CLII Datos del Motor y Resultados de las fuentes de ruido

MOTOR		
Marca	Caterpillar	
Modelo	C32	
HP	750	
Bhp	735	
# Cilindros	12	
RPM	1800	
Rpm (medidas)	1800	
f motor(hz)	180	
D(m)	0.145	Diámetro del
C(m)	0.162	Carrera del Pistón
Tiempos	4	2 o 4
Sobre Cargado	si	Escribir "Si" o "No"
GENERADOR		
hp	67	
Lw(dB)	85.66	SNAME

Para Motores de todo tipo	Met. De Zincenko
Motor Caterpillar; Modelo C32; Bhp=735;@ 1800 Rpm; Ratio 3:1; 4T	
Lp(dB) a 0.5 m	120.73

[Fuente: Elaboración propia]

Acoustic Manual - Marine & Offshore insulation, [44] estipula que si hay 2 fuentes de ruido del mismo nivel de ruido esta darán nivel de sonido resultante igual al nivel de sonido de la fuente sumado 3 db, cabe mencionar que esta operación se realiza en pares de fuentes, si la diferencia entre fuentes de sonido es menor o igual a 10 dB deberá incluirse en el foco resultante de ruido.

Bajo estas recomendaciones, no es necesario que la fuente debido a los generadores aporte en el valor resultante, por lo que la fuente resultante será:

$$Lp1 = 126.73 \text{ dB}$$

Una vez establecida la fuente de ruido hay que conocer el nivel de ruido que se puede reducir a través de panel de acero, para esto se aplica la siguiente fórmula dada la Universidad Austral de Chile facultad de Cs. de la ingeniería escuela de Ingeniería Naval.

$$Rw = 20 \log(m) + 30 \log f - 10 \log f_c + 10 \log \alpha_m - 47 \quad (si f > f_c)$$

$$Rw = 20 \log(m) + 20 \log f - 48 \quad (si f < f_c)$$

$f_c = \frac{K_c}{h}$	gypsum	concrete	glass	wood	steel
	K_c	27	19	12	15..40	13

$$Lp(r) = Lw + 10 \log \left[\frac{Q}{4 \pi r^2} + \frac{4}{R} \right]$$

Como se había mencionado el nivel de ruido es producido por el motor y con la aplicación de la ecuación se establecerá el nivel de ruido para los demás compartimentos, es decir, se considerará la distancia de la fuente al compartimiento en cuestión para así involucrar los niveles de ruido que no fueron considerados (intake, exhaust, etc.). Si los niveles de ruido no cumple se selecciona un aislante dado por Acoustic Manual - Marine & Offshore insulation. Como sigue se presenta un informe de resultados.

Tabla. CLIII Informe de Resultados del Aislamiento Acústico

RIVAS S.A

RIVAS S.A						
COMPARTIMENTO	Material	Rw(db)	A_ Térmico_ Solas	Ruido	10 ⁴ (ruido/10)	Nivel de Ruido (dB)
Comedor						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	67.43	5527574.008	112.43
Costados-Estribor	SEAROX SL 620	46.0	A-60	66.43	4390708.104	
Mamparo-Proa	SEAROX SL 640	48.0	A-60	64.43	2770349.526	
Mamparo-Popa	CSG-600/70	53.0	B-15/B-30	59.43	876061.4416	
Cubierta	SEAROX SL 620	46.0	A-60	66.43	4390708.104	
Piso	SEAROX SL 480	58.0	A-60	54.43	277034.9526	ok
				Nivel medio(dB)	64.83	<65 by IMO
Cuarto de Tripu 1						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.95	1970884.835	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.95	1970884.835	107.95
Mamparo-Proa	C-600/20	42.0	C	65.95	3932432.238	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.95	1970884.835	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.95	1970884.835	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	59.95	987782.3181	ok
				Nivel medio(dB)	63.29	<65 by IMO
Cuarto de Tripu 2						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.95	1970884.835	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.95	1970884.835	107.95
Mamparo-Proa	C-600/20	42.0	C	65.95	3932432.238	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 620	46.0	A-60	61.95	1565529.472	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	51.95	156552.9472	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	59.95	987782.3181	ok
				Nivel medio(dB)	62.47	<65 by IMO
Compartimento 1 Proa						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	67.30	5367949.447	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	67.30	5367949.447	112.30
Mamparo-Proa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	67.30	5367949.447	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	67.30	5367949.447	
Cubierta	SEAROX SL 620	46.0	A-60	66.30	4263913.808	
Piso		37.8		74.50	28166909.24	ok
				Nivel medio(dB)	69.53	<75 by IMO
Compartimento 2 Popa						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	76.89	48920059.86	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	76.89	48920059.86	121.89
Mamparo-Proa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	76.89	48920059.86	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	76.89	48920059.86	
Cubierta	SEAROX SL 620	46.0	A-60	75.89	38858584.79	
Piso		37.8		84.09	256695205.5	ok
				Nivel medio(dB)	79.13	<90 by IMO
Puente de Gob.						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.32	1707421.451	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.32	1707421.451	107.32
Mamparo-Proa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.32	1707421.451	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.32	1707421.451	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.32	1707421.451	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	59.32	855737.8336	ok
				Nivel medio(dB)	61.95	<65 by IMO
Capitán o Patrón de alt.						
Costados-Babor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	49.68	92982.25274	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	49.68	92982.25274	107.68
Mamparo-Proa	C-600/20	42.0	C	65.68	3701690.155	
Mamparo-Popa	CSG-600/70	53.0	B-15/B-30	54.68	294035.7006	
Cubierta	SEAROX WM 620	46.0	A-60	61.68	1473669.394	
Piso	SEAROX SL 480	58.0	A-60	49.68	92982.25274	ok
				Nivel medio(dB)	59.81	<60 by IMO

RIVAS S.A

Oficial Electricista						
Costados-Babor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	50.50	112147.7359	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	50.50	112147.7359	108.50
Mamparo-Proa	CSG-600/70	53.0	B-15/B-30	55.50	354642.2798	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	63.50	2237641.511	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	52.50	177742.1831	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	60.50	1121477.359	ok
				Nivel medio(dB)	58.36	<60 by IMO
Jefe de Máquina						
Costados-Babor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	50.92	123516.3618	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	50.92	123516.3618	108.92
Mamparo-Proa	CSG-600/70	53.0	B-15/B-30	55.92	390593.0315	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	63.92	2464475.419	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	52.92	195760.2409	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	60.92	1235163.618	ok
				Nivel medio(dB)	58.78	<60 by IMO
Administrador						
Costados-Babor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	49.85	96568.50779	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX WM 620	58.0	A-60	49.85	96568.50779	107.85
Mamparo-Proa	C-600/20	42.0	C	65.85	3844461.54	
Mamparo-Popa	CSG-600/70	53.0	B-15/B-30	54.85	305376.4348	
Cubierta	SEAROX WM 620	46.0	A-60	61.85	1530507.706	
Piso	SEAROX SL 480	58.0	A-60	49.85	96568.50779	ok
				Nivel medio(dB)	59.98	<60 by IMO
Cocina						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	63.92	2464475.419	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	63.92	2464475.419	108.92
Mamparo-Proa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	63.92	2464475.419	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	63.92	2464475.419	
Cubierta	SEAROX SL 640	56.0	A-60	52.92	195760.2409	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	60.92	1235163.618	ok
				Nivel medio(dB)	62.74	<65 by IMO
Baño 1						
Costados-Babor	SEAROX SL 640	48.0	A-60	64.43	2770349.526	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 640	48.0	A-60	64.43	2770349.526	112.43
Mamparo-Proa	SEAROX SL 640	48.0	A-60	64.43	2770349.526	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 640	48.0	A-60	64.43	2770349.526	
Cubierta	SEAROX SL 620	46.0	A-60	66.43	4390708.104	
Piso	SEAROX SL 480	58.0	A-60	54.43	277034.9526	ok
				Nivel medio(dB)	64.19	<65 by IMO
Bodegas de insumos						
Costados-Babor		35.9		75.15	32724393.97	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	66.01	3991359.16	111.01
Mamparo-Proa		35.9		75.15	32724393.97	
Mamparo-Popa	SEAROX SL 740	45.0	A-30	66.01	3991359.16	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	66.01	3991359.16	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	63.01	2000418.256	ok
				Nivel medio(dB)	71.22	<75 by IMO
Climatización						
Costados-Babor		35.9		71.64	14571438.01	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor		35.9		71.64	14571438.01	107.50
Mamparo-Proa		35.9		71.64	14571438.01	
Mamparo-Popa		35.9		71.64	14571438.01	
Cubierta		33.4		74.13	25904778.68	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	59.50	890741.3419	ok
				Nivel medio(dB)	71.52	<75 by IMO

RIVAS S.A

Lavandería						
Costados-Babor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.44	1753048.933	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor		35.9		71.58	14372914.5	107.44
Mamparo-Proa		35.9		71.58	14372914.5	
Mamparo-Popa	C-600/20	42.0	C	65.44	3497792.472	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.44	1753048.933	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	59.44	878605.7452	ok
				Nivel medio(dB)	67.86	<75 by IMO
Cto. Limpieza						
Costados-Babor		35.9		71.57	14348399.72	Nivel de Ruido (dB)
Costados-Estribor	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.43	1750058.892	107.43
Mamparo-Proa		35.9		71.57	14348399.72	
Mamparo-Popa	C-600/20	42.0	C	65.43	3491826.557	
Cubierta	SEAROX SL 740	45.0	A-30	62.43	1750058.892	
Piso	SEAROX SL 436	48.0	A-60	59.43	877107.1749	ok
				Nivel medio(dB)	67.85	<75 by IMO

[Fuente: Elaboración propia]

Descripción de áreas, pesos, y costo de confort

Tabla. CLIV Áreas, Peso del acero y confort

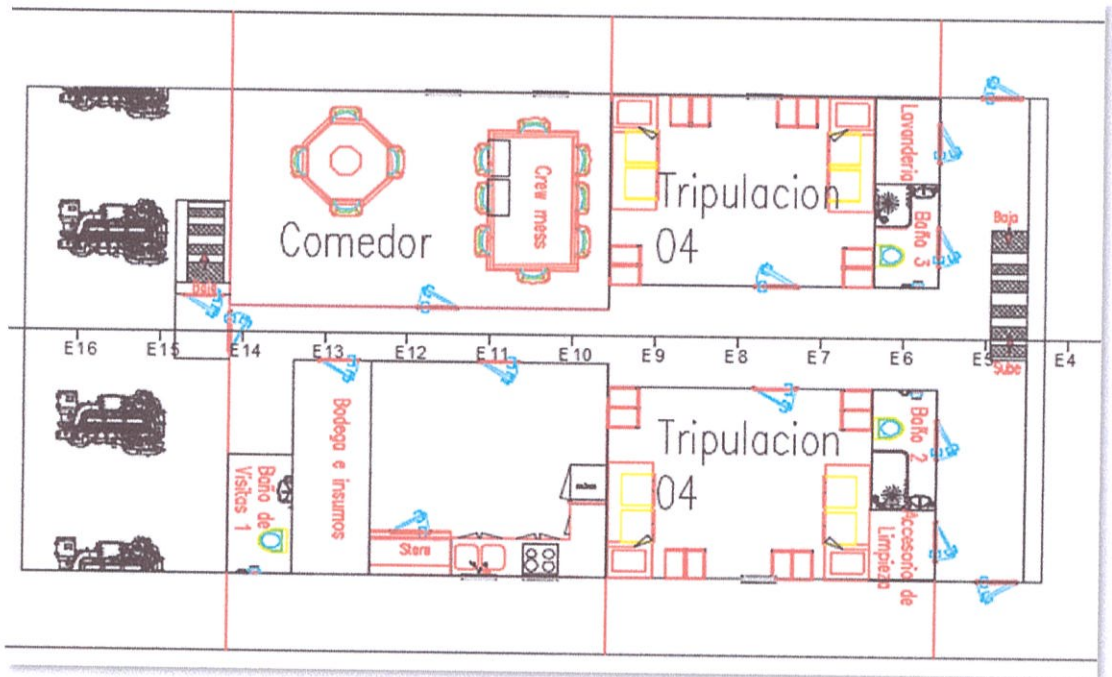
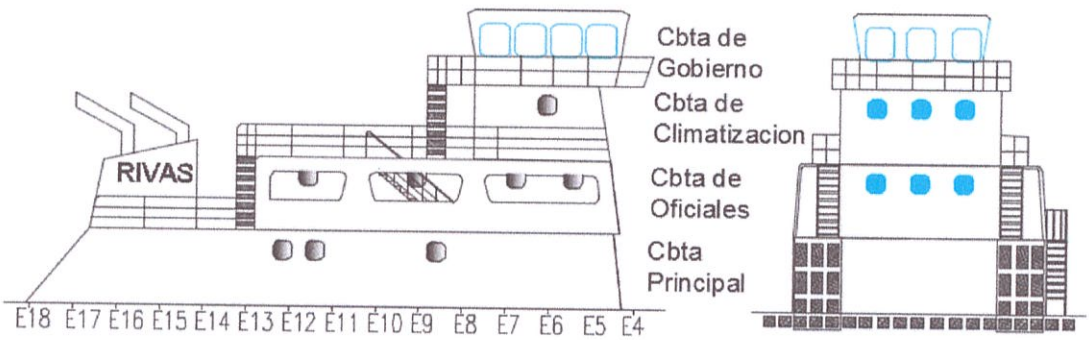
RIVAS S.A															
COMPARTIMENTO	Áreas (m2)					Peso_Acero (ton)					Peso_Aislante y muebles (ton)				
	Cub.	M_Proa	M_Popa	Babor	Estribor	Cub.	M_Proa	M_Popa	Babor	Estribor	Cub.	M_Proa	M_Popa	Babor	Estribor
Puente de Gob.	18.96	9.76	9.76	11.57	11.57	0.444	0.305	0.305	0.361	0.361	0.38	0.20	0.20	0.23	0.23
Climatización	24.79	12.79	12.79	11.54	11.54	0.967	0.399	0.399	0.360	0.360	0.50	0.00	0.00	0.00	0.00
Baño 5	1.90	4.88	0.00	2.32	2.32	0.074	0.000	0.000	0.072	0.072	0.04	0.10	0.00	0.00	0.00
Capitán o Patrón	7.62	4.88	0.00	9.30	9.30	0.297	0.152	0.000	0.290	0.290	0.15	0.10	0.00	0.19	0.19
Oficial Electricista	7.62	4.88	0.00	9.30	9.30	0.297	0.152	0.000	0.290	0.290	0.15	0.10	0.00	0.19	0.19
Baño 4	2.83	4.90	4.90	3.44	3.44	0.111	0.000	0.153	0.107	0.107	0.06	0.10	0.10	0.07	0.07
Baño 6	1.90	4.88	0.00	2.32	2.32	0.074	0.000	0.000	0.072	0.072	0.04	0.10	0.00	0.05	0.05
Administrador	7.62	4.88	0.00	9.30	9.30	0.297	0.152	0.000	0.290	0.290	0.15	0.10	0.00	0.19	0.19
Jefe de Máquina	7.62	4.88	4.88	9.30	9.30	0.297	0.152	0.152	0.290	0.290	0.15	0.10	0.10	0.19	0.19
Baño 3	1.96	4.34	0.00	2.68	2.68	0.076	0.000	0.000	0.084	0.084	0.04	0.09	0.00	0.05	0.05
Lavandería	1.61	3.56	0.00	2.68	2.68	0.063	0.111	0.000	0.084	0.084	0.03	0.00	0.00	0.00	0.05
Cuarto de Tripu 1	14.43	7.93	0.00	10.83	10.83	0.563	0.000	0.000	0.338	0.338	0.27	0.16	0.00	0.22	0.22
Comedor	23.63	8.95	8.95	15.71	15.71	0.922	0.279	0.279	0.490	0.490	0.43	0.18	0.18	0.31	0.31
Baño 2	2.23	4.95	0.00	2.68	2.68	0.087	0.155	0.000	0.084	0.084	0.04	0.10	0.00	0.05	0.05
Cto. Limpieza	1.34	2.93	0.00	2.73	2.73	0.052	0.091	0.000	0.085	0.085	0.03	0.00	0.00	0.05	0.05
Cuarto de Tripu 2	15.61	8.54	0.00	10.88	10.88	0.609	0.000	0.000	0.340	0.340	0.29	0.17	0.00	0.22	0.22
Cocina	14.79	8.95	0.00	9.83	9.83	0.577	0.279	0.000	0.307	0.307	0.27	0.18	0.00	0.20	0.20
Bodegas de	4.81	8.95	8.95	3.20	3.20	0.188	0.279	0.279	0.100	0.100	0.10	0.00	0.18	0.00	0.06
Baño 1	2.23	0.00	4.95	2.68	2.68	0.087	0.000	0.155	0.084	0.084	0.04	0.00	0.10	0.05	0.05
Corredores_Ofici. _Proa	6.83	12.71	0.00	3.20	3.20	0.266	0.397	0.000	0.100	0.100	0.00	0.00	0.00	0.06	0.06
Corredores_Ofici. _Popa	0.00	0.00	6.93	0.00	0.00	0.000	0.000	0.216	0.000	0.000	0.00	0.00	0.14	0.00	0.00
Corredores_Tripu _Proa	12.38	20.13	0.00	3.66	3.66	0.483	0.628	0.000	0.114	0.114	0.00	0.00	0.00	0.07	0.07
Corredores_Tripu _Popa	0.00	0.00	6.22	0.00	0.00	0.000	0.000	0.194	0.000	0.000	0.00	0.00	0.12	0.00	0.00
Escape	10.44	7.35	7.32	8.49	8.49	0.407	0.229	0.228	0.265	0.265	0.21	0.07	0.07	0.17	0.17
Peso Parciales (ton)						7.237	3.762	2.361	4.607	4.607	3.369	1.826	1.184	2.604	2.667

[Fuente: Elaboración propia]

Esquemas de Distribución de Habitabilidad

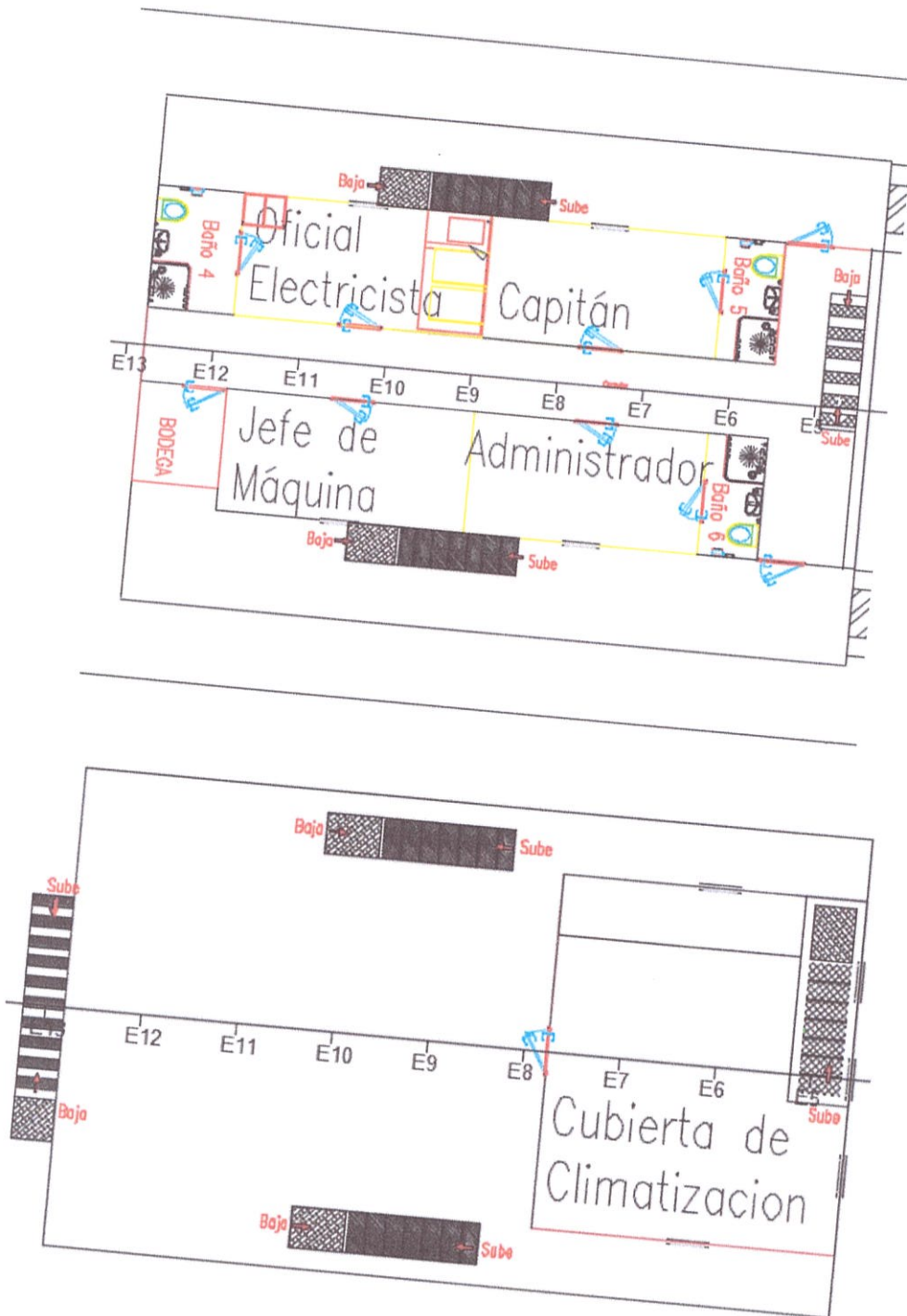
A continuación se presentan la distribución de habitabilidad y confort final de la tripulación en el Remolcador Fluvial.

Figura No. 92 Esquema de perfil y cubierta principal



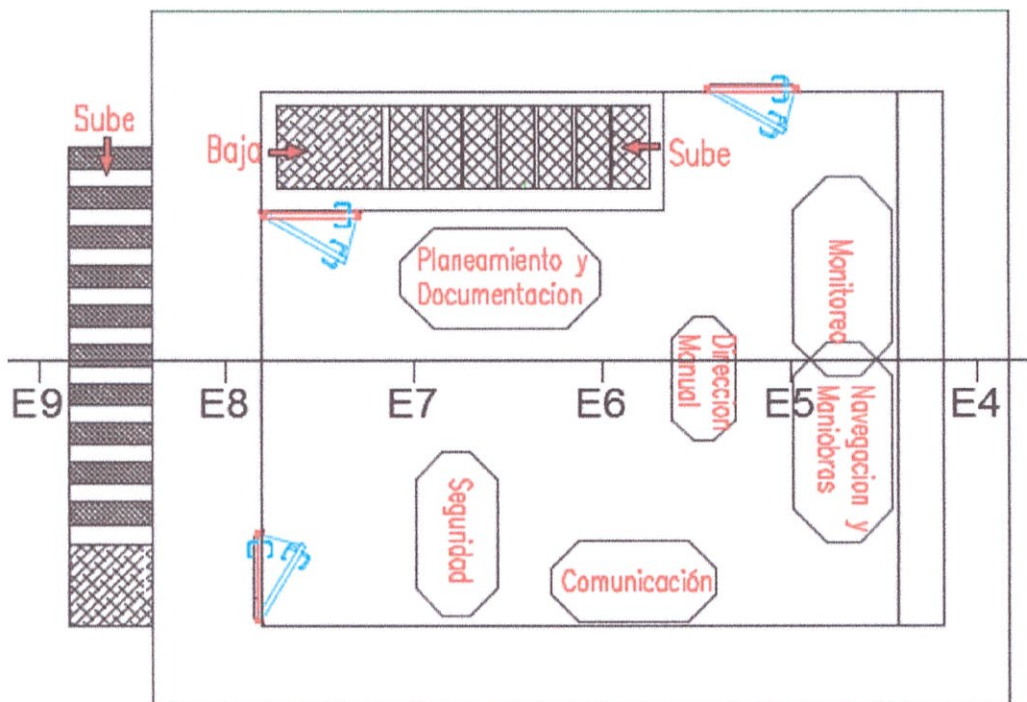
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 93 Esquema de la Cubierta de Oficiales y climatización



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 94 Esquema de Cubierta de Mando



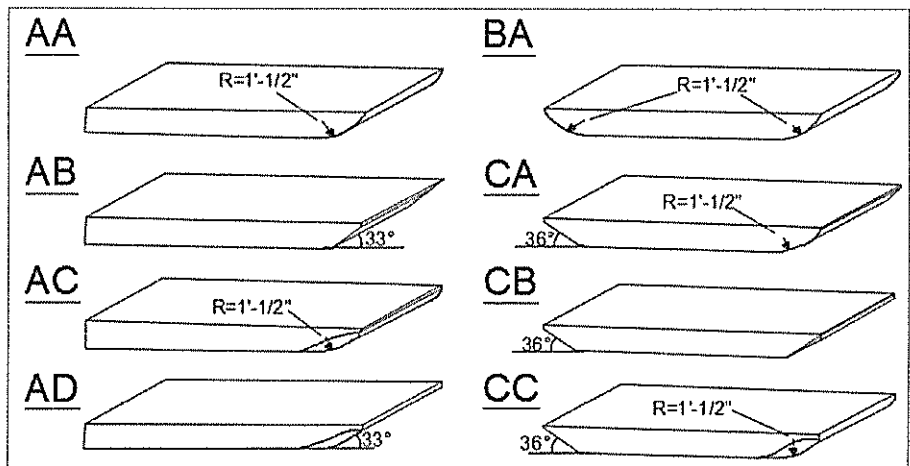
[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO L-Formas

Optimización de formas recomendadas para el prototipo

En un estudio realizado para la resistencia de barcazas, [51], se experimentó con varias formas mostrando un valor en relación a una barcaza base, esta es la AA. Se puede observar que la que experimenta menor resistencia al avance es el prototipo BA. Luego se procederá a hacer el respectivo análisis de resistencia y justificar su cambio.

Tabla. CLV Barcazas modelo y factor de resistencia al avance



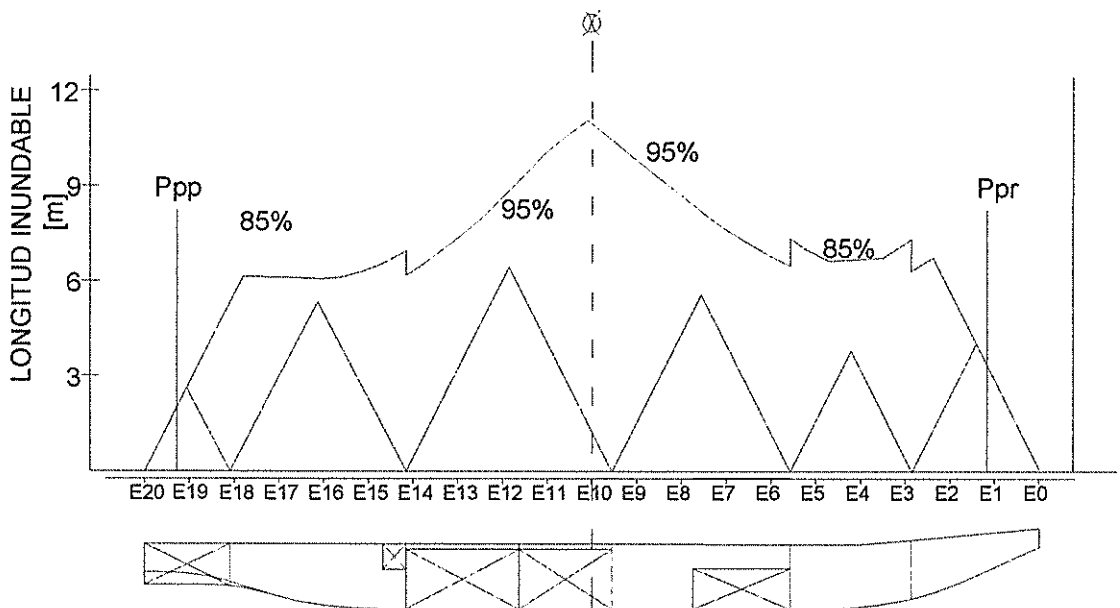
V/(L) ^{1/2}	FORMAS DE BARCAZAS							
	AA	AB	AC	AD	BA	CA	CB	CC
0.10	1.00	1.00	0.83	1.17	0.83	1.33	1.00	1.17
0.15	1.00	1.10	0.79	1.00	0.71	1.14	1.00	1.00
0.20	1.00	1.12	0.83	1.08	0.75	1.08	0.92	0.92
0.25	1.00	1.14	0.89	1.06	0.83	1.06	0.94	0.94
0.30	1.00	1.12	0.88	1.08	0.81	1.00	0.96	0.92
0.35	1.00	1.12	0.91	1.12	0.82	1.00	1.00	0.93
0.40	1.00	1.10	0.91	1.11	0.82	1.02	1.02	0.93
0.45	1.00	1.09	0.92	1.22	0.84	1.06	1.04	0.93
0.50	1.00	1.06	0.91	1.11	0.83	1.06	1.03	0.90

[Fuente: Elaboración propia]

Longitud inundable y compartimentación

Con este cálculo de longitud inundable una vez que tenemos el desplazamiento aproximado se procede a correr el programa Maxsurf para un desplazamiento máximo a 2 permeabilidades, estas son 85% y 95% y obtenemos la curva de longitud inundable en relación a la eslora de la embarcación. Esta curva nos permite determinar la posición de los mamparos, obteniendo una longitud por compartimento la cual es necesaria al momento de optimizar la estructura debido a que se hará el análisis por bloques.

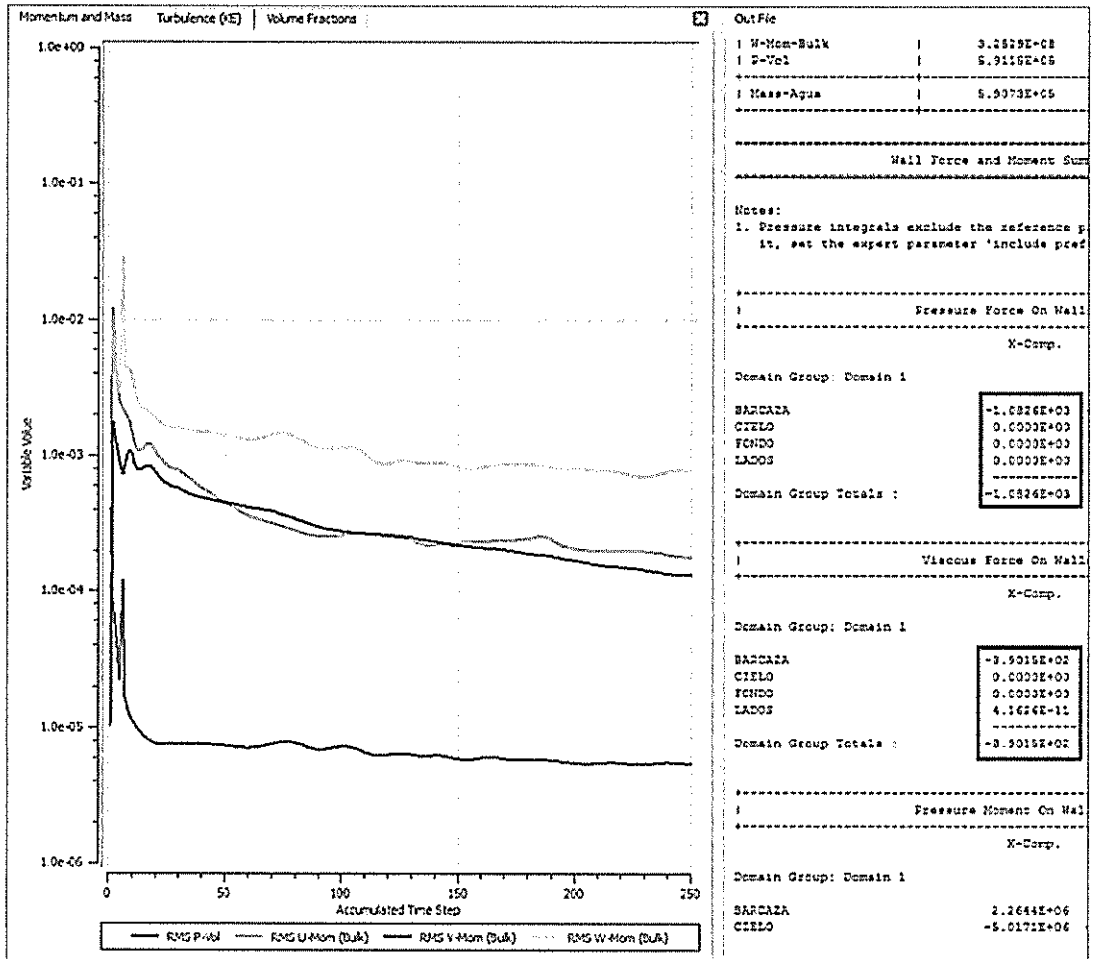
Figura No. 95 Curva de longitud inundable



[Fuente: Elaboración propia]

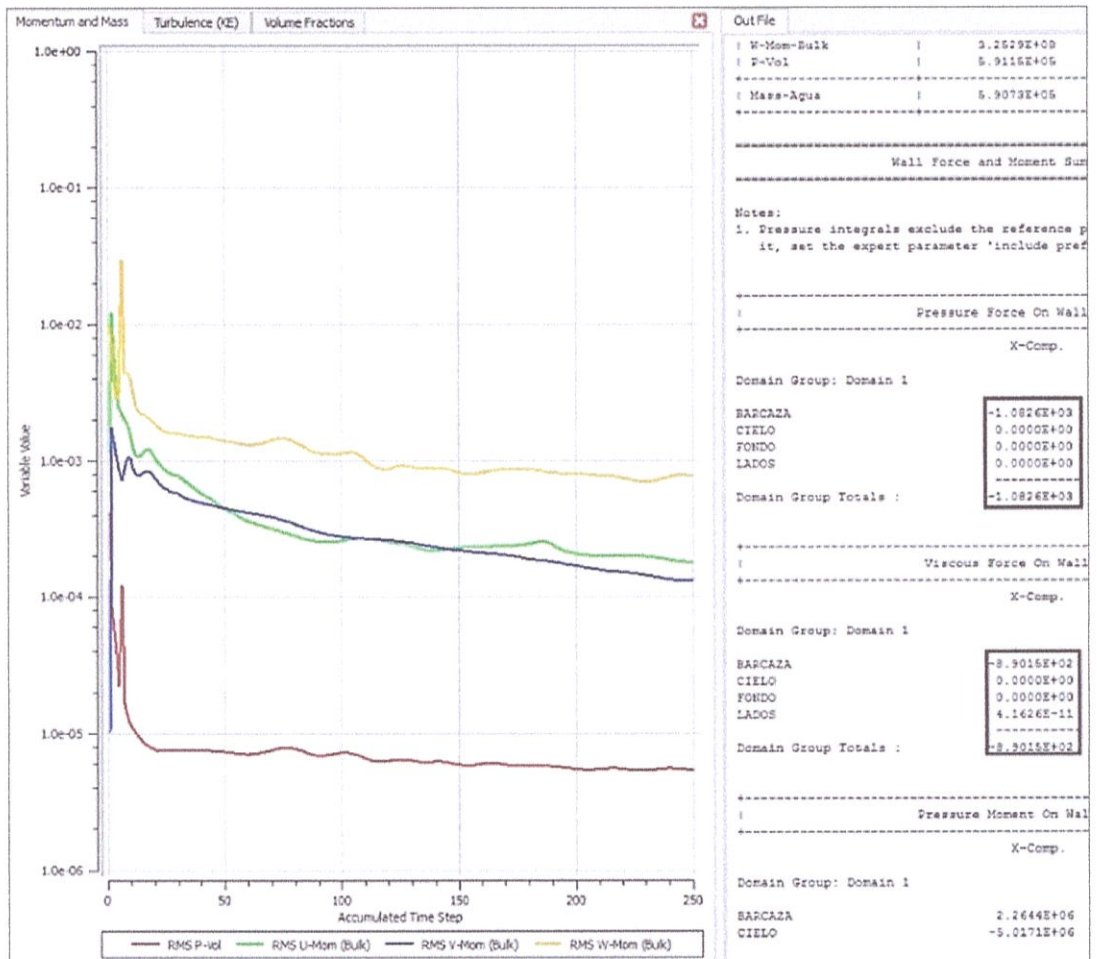
ANEXO M-Resultados de CFD

Figura No. 96 Barcaza navegando en aguas profundas



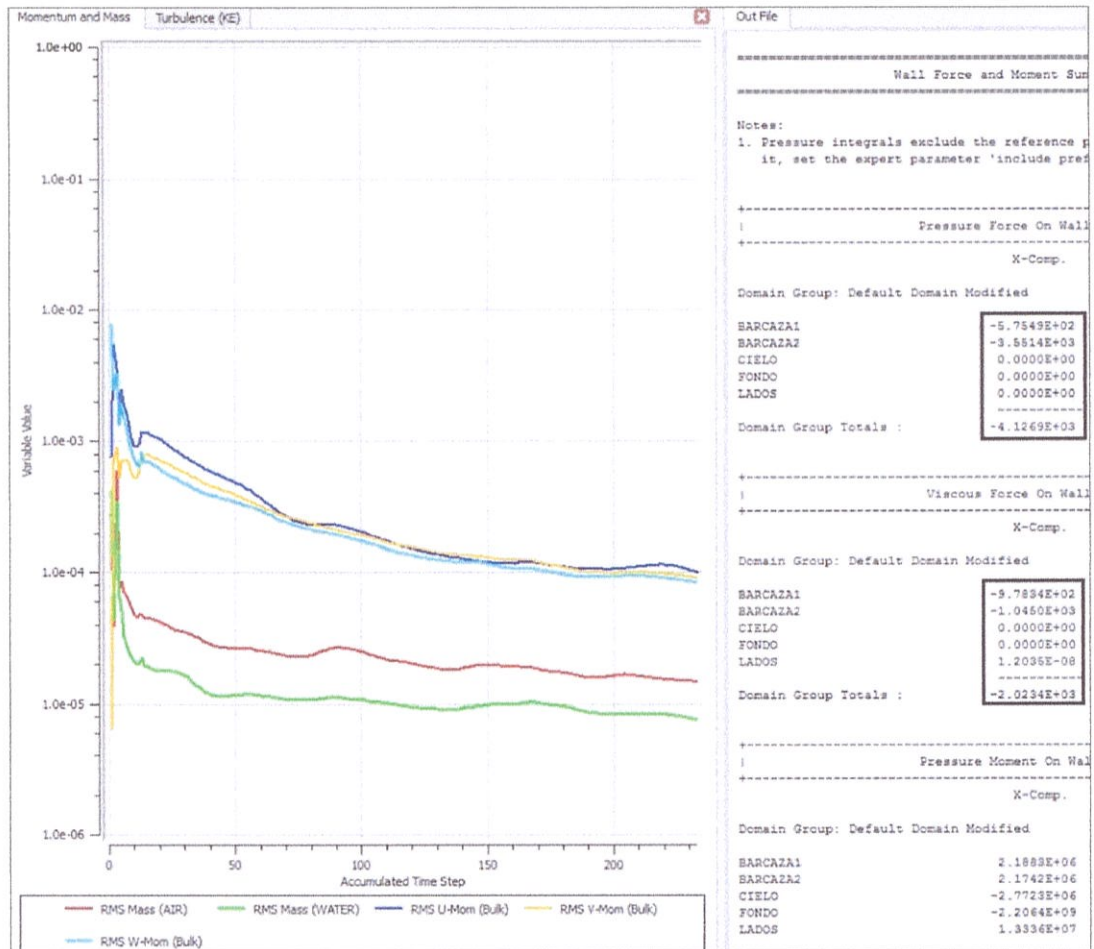
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 97 Barcaza T=0.85 m, H=2.09 m



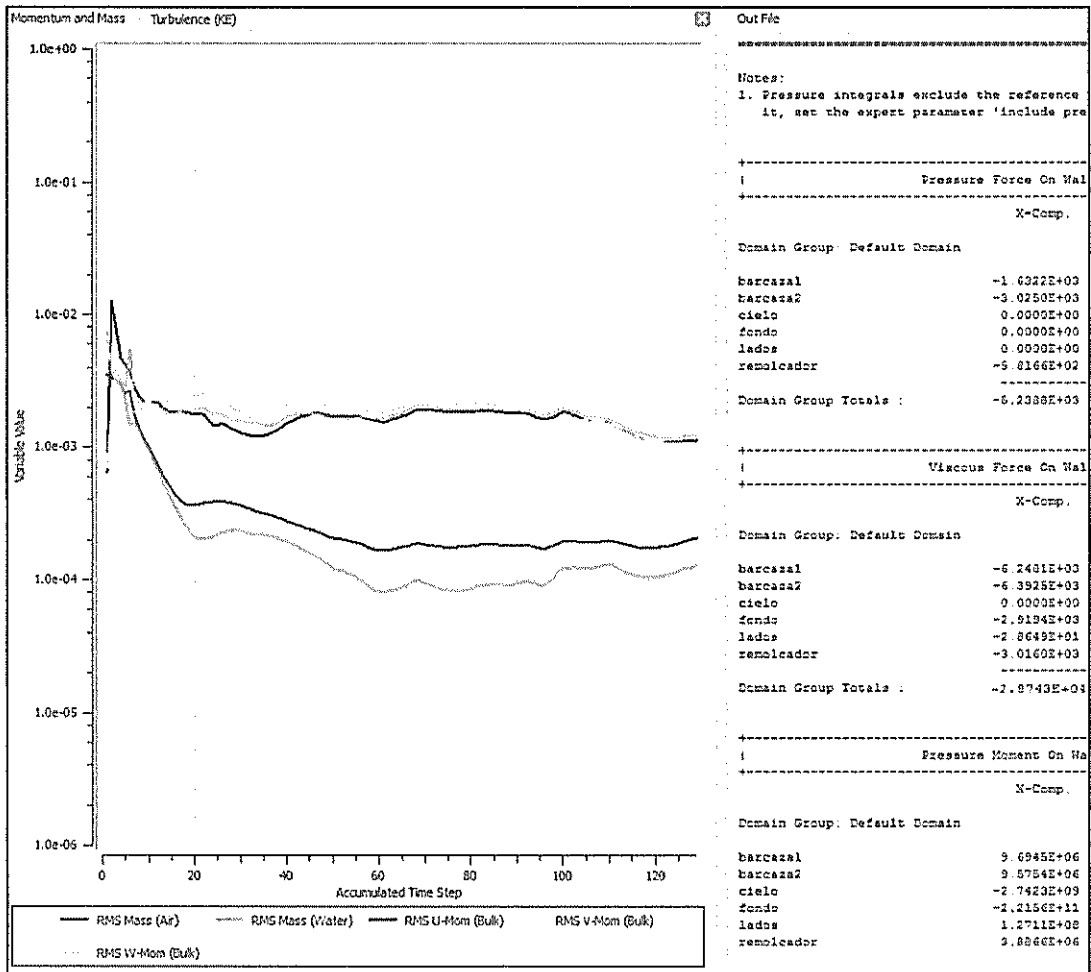
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 98 Barcaza 2x1, T=0.85 m, H=2.09 m



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 99 Barcaza 2x1+ Remolcador_T=1.2 m, H=1.7 m



[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO N-Propulsión y Gobierno

Polinomios de Ka4.70 en tobera A19 y A37

A continuación se presentas coeficientes de los polinomios series ka4.70.

Tabla. CLVI Coeficientes ka.4-70 para tobera N 19 A y N 37.

x	y	ka 4-70 NOZZLE 19A			ka 4-70 NOZZLE 37		
		Ct	CtN	Cq	Ct	CtN	Cq
0	0	0.03055	0.076594	0.006735	-0.162557	-0.016806	0.016729
	1	-0.148687	0.075223	0	0	0	0
	2	0	-0.061881	-0.016306	0	0	0
	3	-0.391137	-0.138094	0	0	0	0
	4	0	0	-0.007244	-0.077387	0	0
	5	0	-0.37062	0	0	0	0
	6	0	0.323447	0	0	-0.099544	0.030559
1	0	0	-0.271337	0	0.598107	0	-0.048424
	1	-0.432612	-0.687921	0	-1.00903	-0.548253	-0.011118
	2	0	0.225189	-0.024012	0	0.230675	-0.056199
	3	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	-0.081101	0	0	0	0
2	0	0.667657	0.666028	0	0.085087	0.460206	0.084376
	1	0	0	0	0.425585	0	0
	2	0.285076	0.734285	0.005193	0	0	0.045637
	3	0	0	0	0	0	-0.042003
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
3	0	-0.172529	-0.202467	0.046605	0	-0.215246	-0.008652
	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	-0.54249	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	-0.021044	0	0
	6	0	-0.016149	0	0	0	0
4	0	0	0	-0.007366	0	0.042997	0
	1	0	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0.099819	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0

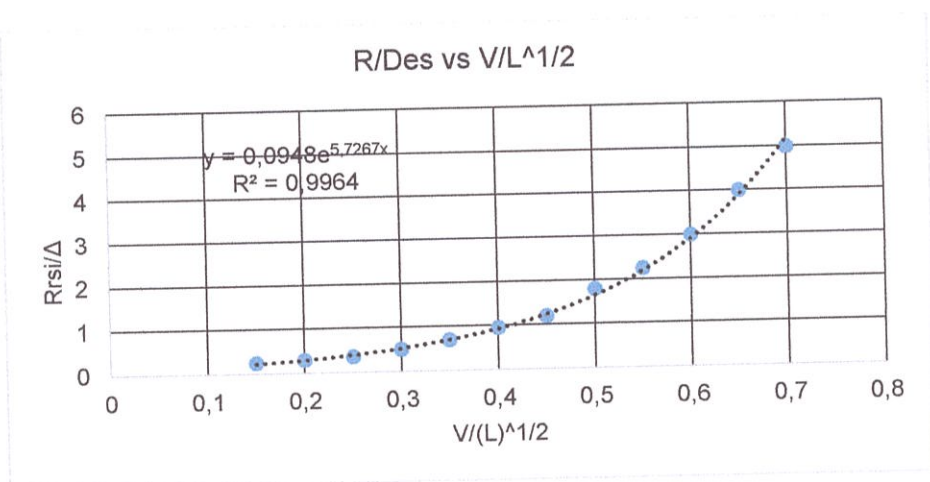
5	0	0	0	0	0	0	0
	1	0	0.030084	0	-0.038383	0	0
	2	0	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	-0.00173	0	0	0
	1	-0.017293	0	-0.000337	0	0	-0.001176
	2	0	-0.001876	0.000861	0.014992	0	0.002441
	3	0	0	0	0	0	0
	4	0	0	0	0	0	0
	5	0	0	0	0	0	0
	6	0	0	0	0	0	0
0	7	0	0	0	0.036998	0.051753	-0.01216

[Fuente: Coeficiente de polinomios Ka.4-70]

Calculo de resistencia residual del remolcador

Para el uso del grafico es necesario conocer la relación V/\sqrt{L} y se obtiene el coeficiente Rr/Δ (lb/ton) y multiplicado para el desplazamiento de la embarcación da como resultado la resistencia residual.

Figura No. 100 Resistencia residual vs. La razón V/\sqrt{L}



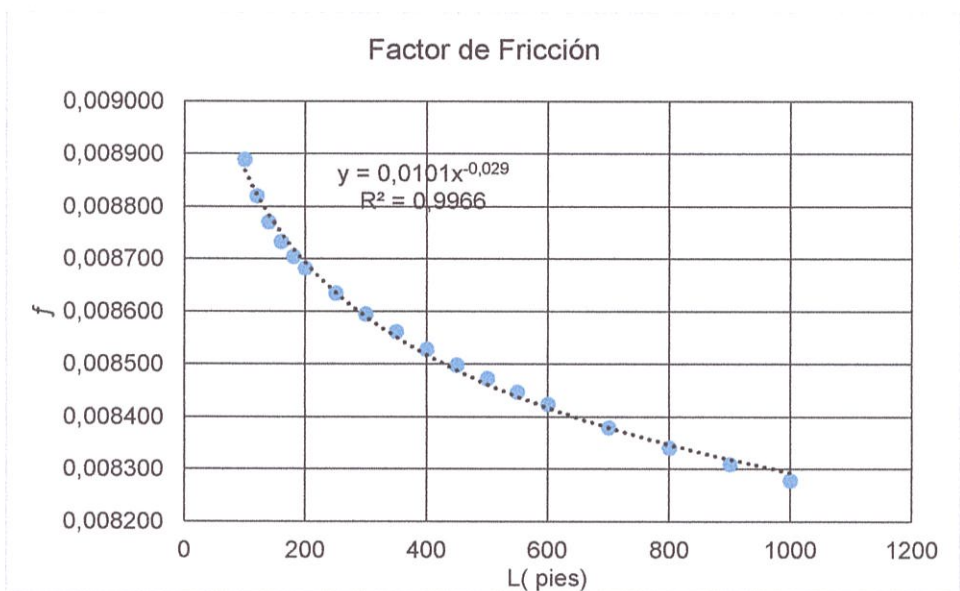
[Fuente: Recent Developments in Barge Design]

Para estimar la superficie mojada, si no se conoce este valor, es posible hacer la estimación usando la formula derivada de Fisher y Serafín, [56], para barcazas:

$$S = 0.9206LB + 1.669LT \text{ pies}^2$$

Una vez determinada la resistencia residual, se procede al cálculo de la resistencia friccional donde dependiendo de la eslora a la línea de agua proporciona un valor del coeficiente friccional a una temperatura de 59°F.

Figura No. 101 Factor de Fricción en agua dulce, a 59 °F, para modelo de barcazas según



[Fuente: Recent Developments in Barge Design]

Una vez que se tiene el coeficiente friccional, se puede estimar la resistencia friccional dada por:

$$R_F = fSV^2 [lb]$$

Propulsor y Líneas de eje

Diámetro Del Eje De Cola

Con la formulación dada por ABS para la estimación del diámetro mínimo D (mm) tenemos:

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

Tabla. CLVII Datos de entrada

C1	540 N/mm2	Embarcaciones de 20 < L <45.7 m
C2	160 N/mm2	Según 16.3,23180
U	900 N/mm2	Acero inoxidable, martensítico
k	1.22	Eje de cola con chaveta
H	543 Kw	Según catálogo-Cat C32
R	514 rpm	Reducción establecida
D	90 mm ≈ 4 plg	Según ABS, [63]

[Fuente: Sociedad Clasificadora ABS]

Este valor de diámetro del eje se lo validará con el software SSC, que también indica que el diámetro del eje tiene que ser al menos de 4 pulgadas.

Tabla. CLVIII Cálculo de diámetro por SSC.

	Property	Units	Entered	Derived	Required
1	Shaft material		Unprotected_Screwshaft_And_Tubeshaft_Material		
2	Shaft power	shp	731.250	0.000	
3	Shaft RPM	rpm	514.280		
4	Shaft Diameter	in	4.000		
5	Internal Diameter	in	0.000		
6	Effective Shaft Diameter	in	4.000		3.631
7	- Unprotected screwshafts, forward of the forward stern tube seal				
8	Shaft material (fwd of fwd stern tube seal)		Unprotected_Screwshaft_And_Tubeshaft_Material		
9	Shaft Diameter (fwd of fwd stern tube seal)	in	4.000		
10	Internal Diameter of shaft (fwd of fwd stern tube seal)	mm	0.000		
11	Propeller Coupling Coefficient, K		1.22		
12	Effective Shaft Diameter (fwd of fwd stern tube seal)	mm	101.600		92.226

[Fuente: Programa SSC]

Espesores de las camisas

De igual manera, ABS nos permite determinar el espesor mínimo de la camisa según sea el material:

$$t = T/25 + 0.2 \text{ plg}$$

Donde el valor de T=4 plg el diámetro del eje.

Tabla. CLIX Espesor de las camisas

En Bronce	
t(plg)	0.36
en Acero Inoxidable	
t1 (plg)	0.18
t ref (plg)	1/4
t (plg)	1/4

[Fuente: Sociedad Clasificadora ABS]

Se considerará un espesor de camisa de ¼ de pulgada, esto quiere decir que para la selección de los bocines se considerará un diámetro de eje con camisa no menor a 4 ½ de pulgada.

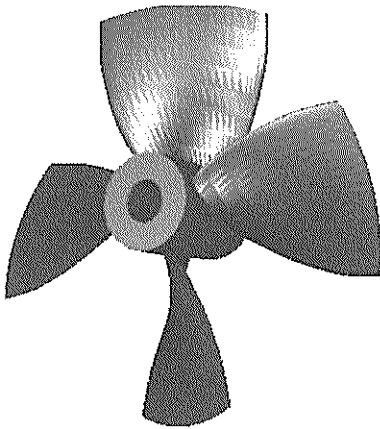
Calculo del peso de la hélice. Utilizando la referencia, [49], la cual describe la relación entre el peso de la hélice y su diámetro de una hélice convencional para embarcaciones fluviales, el peso estimado de la hélice en libras es:

$$W_{helice} = 0.00323D^{3.05}$$

$$W_{helice} = 0.00323x(4plg)^{3.05}$$

Por lo que el peso en kilogramos será de 115 kg aproximadamente. También, se realizó un modelado de la hélice en el programa PropCad donde ingresando sus características principales y el material calcula el peso de la hélice siendo esta de 121.8 kg.

Figura No. 102 Modelado y características generales de la hélice



Material type	Ni-Mn bronze	
Density	8.0	g/cm ³
Design power	543	kW
Design RPM	514	
Thickness rule	ABS Rivers	
Required t @ 0.35	0.04888	m
Weight	121.8	kg
Mass moment of inertia	6.29	kg-m ²
Additional wetted inertia (SW)	10.56	kg-m ²

[Fuente: Elaboración propia]

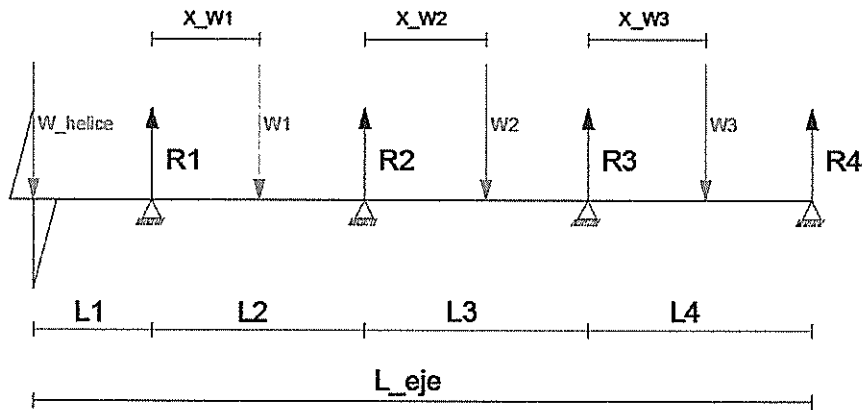
Cálculo de frecuencias naturales

Para el cálculo de la primera frecuencia natural Raleigh, [65] ofrece la siguiente formulación:

$$\omega^2 = \frac{g \sum_1^i m_i \delta_i}{\sum_1^i m \delta_i^2}$$

Como podemos observar la formulación estipula que se necesitan conocer las deformaciones en cada punto del eje, para conocer estos valores se utilizará el Método de 3 Momentos, [66], la configuración que se considerara es la siguiente:

Figura No. 103 Esquema iterativo de la línea de eje



[Fuente: Elaboración propia]

Como se observa el peso de la hélice va a estar ubicado a media manzana y la longitud del tramo 1 (L1) se va a determinar mediante la siguiente expresión:

$$L1 = \frac{L_{manzana}}{2} + dx + \phi_{eje}$$

El valor de $L_{manzana}$ es determinado mediante la referencia, [71], para un diámetro de eje de 4 pulgadas corresponde una longitud de manzana de 0.295 m. En el arbotante se conoce que la reacción va a ser considerada a un diámetro del eje y el valor de dx será el valor que se encontrará y recomendado entre 1" y un diámetro del eje. Las longitudes de los tramos del eje entre cada reacción van a variar entre 20 y 32 veces el diámetro a excepción del ultimo el cual será considerado entre 10 y 20 veces el diámetro. Estas importantes consideraciones y en especial que la frecuencia del sistema

no coincida con la frecuencia del aspa de la hélice son las que deben de cumplirse en nuestra línea de eje. Con la implementación del método se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla. CLX Calculo de distancia entre descansos, reacciones en los descansos y primera frecuencia natural.

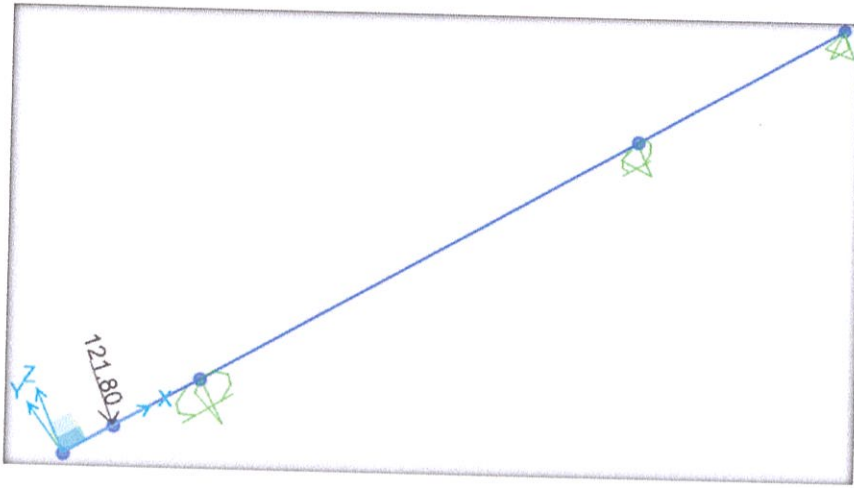
DATOS DE ENTRADA			Características de la		
Hélice			Reducción		
D hélice	1.02	m	Aspas	3.5	
W hélice	121.80	ton	RPM	4	
Ae/Ao	0.70		Freq Aspa	1800	
Potencia	694.00	hp	Mínimas	34.29	
	517.91	kw		37.71	
Eje			Sistema Propulsor		
D eje	4.00	plg	Freq Natur	45.50	
L eje	3.85	m	Freq Crític	39.8	
Densidad eje	7849.00	kg/m ³			
W eje	244.99	Kg			
W eje lineal	63.63	kg/m			
Mod.	2.04E+10	[kg/m			
Inercia	5.23E-06	[m ⁴]			
No. Descansos		2			
Tramo 1					
L1	0.275	[m]	HELICE		Arbotan
L manzana	0.295	[m]	W hél [kg]	X hélice	R1 [kg]
d x	0.026	[m]	121.80	0.1477	224.332
Tramo 2					
L2	2.005	[m]	BRIDA 1		Descans
veces el	20.26	2.28	W1 [kg]	X W1 [kg]	R2 [kg]
			0	0	111.798
Tramo 3					
L3	1.570	[m]	BRIDA2		Reducto
veces el	10	3.85	W2 [kg]	X W2 [m]	R3 [kg]
			0	0	40.060

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculo de frecuencias naturales-Sap2000

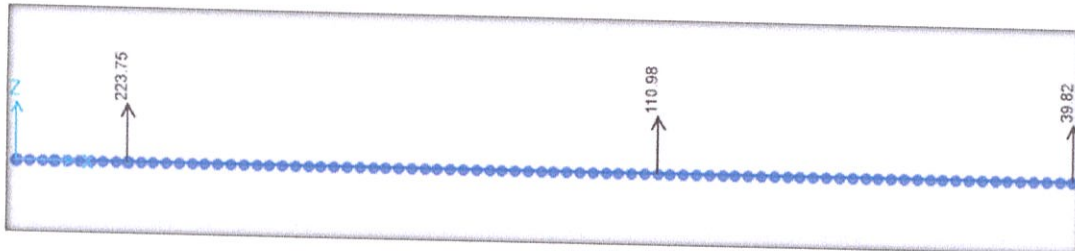
Modelado con Sap2000 de la línea propulsora optimizada se presenta

Figura No. 104 Modelado del eje y ubicación del peso de la hélice



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 105 Reacciones calculadas por SAP2000



[Fuente: Elaboración propia]

Con dichos valores de fuerza en los descansos, se puede estimar que en el arbotante una longitud de bocín de 4 veces el diámetro es adecuada, así también como para el segundo y tercero de 2 veces el diámetro.

ANEXO O-Escantillonado Definitivo

Implementación de fórmulas para las restricciones

A continuación se presentan las formulaciones aplicadas:

$$SM = \beta_b * \frac{P}{m \left(\frac{\alpha}{k} \right)} Sl^2 10^3$$

Para la selección del espesor de las planchas también se usaron formulaciones que dependan de las variables a optimizar, y de manera similar que el modulo seccional, varias de las formulaciones de los espesores dependen de la presión de diseño, y del espaciamiento entre refuerzos. Dicha formulación se muestra a continuación:

$$t_1 = 1.85 + 0.003Lk^{0.5} + 3.6s, \quad t_2 = 1.24C_a C_r s \sqrt{\frac{kP}{\lambda_p}},$$
$$t_3 = 2.15 \frac{s}{k_o k_2} \sqrt{\sigma_x}$$

Como se puede notar, existen 3 formulaciones para estimar el espesor mínimo del planchaje, pero las reglas recomiendan usar aquella donde se resulte el mayor espesor. Puede también notarse que en todas las formulas mostradas, interviene varios coeficientes que son propios de cada región que se esté analizando pero también se nota que aparece la variable independiente a optimizar que es el espaciamiento.

La formulas presentadas son planteadas por BUREAU VERITAS, [72] en la cual no intervienen la estimación de las frecuencias naturales, recordando que este último puede hacer que el modulo seccional de un refuerzos o espesores de planchas, además, de la razón de aspecto variar drásticamente.

Para estimar la frecuencia natural de una plancha, Lloyd's Register, [73] presenta la siguiente formulación:

$$f_n = 5.544 \frac{t}{ab} \sqrt{\left(\frac{a}{b}\right)^2 + \left(\frac{b}{a}\right)^2 + 0.6045} \text{ [Hz]}$$

Para el caso de plancha más refuerzo, esta misma referencia indica que la frecuencia natural se la puede aproximar mediante la siguiente formulación:

$$f_n = \frac{K_i}{2\pi L_p} \sqrt{\frac{EI}{m \left(1 + \frac{\pi^2 EI}{L_b GA_s}\right)}} \text{ [Hz]}$$

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 $K_2=61.7$.

Para considerar el fenómeno de masa añadida se implementa la siguiente fórmula.

$$f_w = \Psi f_n$$

Donde el valor de Ψ se aproxima de la siguiente manera:

$$\Psi = \sqrt{\frac{K_p}{K_p + \frac{\rho_1}{\rho_2}}}$$

Donde K_p está dado por la siguiente formula,

$$K_p = \frac{\pi t}{1000ab} \sqrt{a^2 + b^2}$$

Estimando:

$$dr = \frac{r}{dp} \quad ; \quad \alpha = \frac{Pot}{\Delta}$$

Las regulaciones recomiendan que la frecuencia natural de cualquier elemento local en la zona del propulsor deba ser:

Tabla. CLXI Criterio de Frecuencia

$\alpha \geq 0.3$				$\alpha < 0.3$	
$0 < d_r \leq 1$	$1 < d_r \leq 2$	$2 < d_r \leq 4$	$4 < d_r \leq 6$	$0 < d_r \leq 2$	$2 < d_r \leq 4$
$4.40 \cdot f_{blade}$	$3.45 \cdot f_{blade}$	$2.40 \cdot f_{blade}$	$1.20 \cdot f_{blade}$	$2.40 \cdot f_{blade}$	$1.20 \cdot f_{blade}$

[Fuente: Sociedad Clasificadora GL]

Para zonas de sección media se aplicará los siguientes valores mínimos de frecuencia natural de cualquier elemento local:

$$f_{n(\text{panel or refuerzo})} > 1.2 * 4 \text{ (Frecuencia del Aspa --- Fondo)}$$

$$f_{n(\text{panel or refuerzo})} > 1.1 * 2 \text{ (Frecuencia del Aspa --- Costados)}$$

$$f_{n(\text{panel or refuerzo})} > 1.1 \text{ (Frecuencia del Aspa --- Cubierta)}$$

Obteniendo el valor de la Optimización del Grupo Tecnológico Correspondiente a la propulsión, se ha estimado una razón de reducción de 3.5 y los propulsores utilizados son de 4 palas, lo que nos da un valor de Blade Frequency igual a:

$$f_{blade} = RPM_{motor} * \frac{z}{R. Reductor}$$

$$f_{blade} = 1800 \left[\frac{Rev}{Min} \right] * \frac{4}{3.5 * 60 [Sec]} = 34.29 [Hz]$$

Optimización del compartimento-Sección Media

El proceso de cálculo y obtención de resultados con la finalidad de compararlos con el software SSC. El análisis del compartimento se llevará a cabo en la zona de sección media. A continuación se presentan los valores de entrada del compartimento número 3 y los datos de partida.

Tabla. CLXII Datos de entrada del compartimento de sección media

COMPARTIMENTO 3 , T.	
Eslora del Compartimento	6.44
Manga del Compartimento	10.87
Puntal de Compartimento	2.06
Calado de Compartimento	1.2
Soporte de Varengas (m)	5
r(m)	7.17
dr=r/Dp	7.03

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CLXIII Datos de partida

CUBIERTA		
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	0	0
Número de Refuerzos Long. Secundarios	0	0
Número de Refuerzos Long. Primario	3	Pre-asignada
Número de Refuerzos Trans. Primario	2	Pre-asignada
COSTADO		
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	Pre-asignada
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundarios:	0	0
FONDO		
Número de Refuerzos Long. Primario	3	Pre-asignada
Número de Refuerzos Trans. Primario	2	Pre-asignada
Número de Refuerzos Trans. Secundarios	0	0
Número de Refuerzos Long. Secundarios	0	0

[Fuente: Elaboración propia]

Como se observa en los datos de partida de color verde son cero, además, los valores pre asignados de espaciamiento entre refuerzos primarios transversales y longitudinales, recordando que los puntales definen esta sección. Los resultados obtenidos para esta sección son los siguientes.

Tabla. CLXIV Resultados de optimización

CUBIERTA		
Número de Refuerzos Trans. Secundario:	12	4
Número de Refuerzos Long. Secundarios	4	1
Número de Refuerzos Long. Primario	3	Pre-asignada
Número de Refuerzos Trans. Primario	2	Pre-asignada
COSTADO		
Numero de Refuerzo Long de Costado Primario:	1	Pre-asignada
Numero de Refuerzo Long de Costado Secundarios:	2	1
FONDO		
Número de Refuerzos Long. Primario	3	Pre-asignada
Número de Refuerzos Trans. Primario	2	Pre-asignada
Número de Refuerzos Trans. Secundarios	15	5
Número de Refuerzos Long. Secundarios	8	2

[Fuente: Elaboración propia]

Los resultados de color verde son las variables con las que el Solver trabaja, y los resultados en rojo son el número de refuerzos totales que tendré por cada zona, con esto podemos definir el espaciamiento entre ellos.

Tabla. CLXV Resultados, razones de aspecto-Sección Media

a/b Cubierta	3.165
a/b Costado	1.200
a/b Fondo	2.532
a/b Mamparo	1.137

[Fuente: Elaboración propia]



RIVAS S.A

PROYECTO	RIVAS S. A.
TOTAL HH	21159.70
PLAZO OBRA	3 Meses
FIN_OBRA	3.01 Meses
No PLANTEL	1.00

Informe de estimación costo de construcción

ROL DE PAGOS MENSUAL ESPECIALIDAD	Doble turno		Plantel	MRL	SUELDO/MES ESPECIALIDAD	TIPO	No TOTAL	SUELDO/MES/ESPECIALIDAD PROYECTO
	NUMERO	SUELDO						
Maestros de obra	2	\$ 1,500.00		30%	\$ 1,950.00	V	2	\$ 3,900.00
Maestros	5	\$ 1,000.00		30%	\$ 1,300.00	V	5	\$ 6,500.00
Tecnicos	16	\$ 800.00		30%	\$ 1,040.00	V	16	\$ 16,640.00
Ayudantes	21	\$ 650.00		30%	\$ 845.00	V	21	\$ 17,745.00
Total al mes- personal prod.	44				\$ 44,785.00		44	\$ 44,785.00
Total de HH/mes /Plantel	7040							
Total de HH/mes /Proyecto	7040							

ROL DE PAGOS MENSUAL ESPECIALIDAD	Administrativo		Plantel	MRL	SUELDO/MES ESPECIALIDAD	TIPO	No TOTAL	SUELDO/MES/ESPECIALIDAD PROYECTO
	NUMERO	SUELDO						
Staff								
Presidente	1	3000		30%	\$ 3,900.00	F	1	\$ 3,900.00
V. P. proyecto	1	2800		30%	\$ 3,640.00	F	1	\$ 3,640.00
Gerente proyectos	1	2500		30%	\$ 3,250.00	F	1	\$ 3,250.00
Ing de obra	3	1800		30%	\$ 2,340.00	V	3	\$ 7,020.00
Personal de apoyo								
Bodeguero	2	500		30%	\$ 650.00	V	2	\$ 1,300.00
Seguridad	4	700		30%	\$ 910.00	V	4	\$ 3,640.00
Secretarias	2	750		30%	\$ 875.00	F	2	\$ 1,950.00
Total al mes- personal prod.					\$ 24,700.00			\$ 24,700.00

COMPARTIMENTO 1, PEAK DE POPA

ACTIVIDAD	Peso alma Ton	Peso ala Ton	HH/ton alma	HH/ton ala	Factor de Increment	HH/ton Alma_Fi	HH/ton Ala_Fi	HH/Ala	HH_Alma	HH_Ala	Res. Parcial	Res. Parcial+ Imprevistos	
													Res. Parcial
SECCION DE CUBIERTA													
Primario Longitudinal	0.09	0.06	181.20	181.20	1.3	235.56	235.56	20.66	20.66	14.76	396.49	436.14	
Primario Transversal	0.12	0.09	181.20	181.20	1.15	208.38	208.38	24.89	24.89	17.78			
Secundario Longitudinal	0.07		180.20		1.2	216.24		14.45					
Secundario Transversal	0.42		181.90		1.3	236.47		99.88					
Planchaje	0.91		179.82		1.25	224.78		204.08					
SECCION DE COSTADO													
Palmejar	0.00	0.00	0.00	0.00	1.1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.51	45.66	
Primario Transversal	0.01	0.02	180.20	192.34	1.15	207.23	221.19	2.84	2.84	3.60			
Longitudinal Secundario	0.02	0.02	180.20	180.20	1.2	216.24	216.24	5.20	5.20	4.33			
Secundario Transversal	0.02		179.74		1.1	197.72		3.05					
Planchaje	0.11		179.72		1.1	197.69		22.50					
SECCION DE FONDO													
Primario Longitudinal	0.09	0.08	179.91	187.42	1.3	233.88	243.64	20.51	20.51	18.31	1099.93	1209.92	
Varenga	0.61	0.60	182.73	239.03	1.15	210.15	274.88	129.11	129.11	164.19			
Secundario Longitudinal	0.73	0.07	380.85	179.91	1.2	457.02	215.89	334.39	334.39	15.15			
Secundario Transversal	0.33	0.23	179.91	179.91	1.3	233.88	233.88	77.95	77.95	54.48			
Planchaje	1.59		179.91		1	179.91		285.84					
MAMIPARO													
Ref Transversales	0.12	0.09	181.20	181.20	1.15	208.38	208.38	24.89	24.89	17.78	104.98	115.48	
Ref Verticales	0.01		179.74		1.15	206.70		2.12					
Planchaje	0.28		179.74		1.2	215.69		60.18					
ESPEJO													
Ref Transversales	0.16	0.09	181.20	181.20	1	181.20	181.20	29.38	29.38	15.46	252.51	277.76	
Ref Verticales	0.03		179.91		1.1	197.90		5.93					
Planchaje	1.00		183.70		1.1	202.07		201.74					
Peso Total (ton)	6.73	1.33	TOTAL HH=									1895.42	2084.96

COMPARTIMENTO 2, SALAS DE MÁQUINAS

ACTIVIDAD	Peso alma Ton	Peso ala Ton	HH/ton alma	HH/ton ala	HH/ton Alma_Fi	HH/ton Ala_Fi	HH/ton	Factor de Increment	HH/ton	HH/ton	HH/ton	HH_Ala	HH_Alma	Res. Parcia	Res. Parcial+ Imprevistos
CASCO															
SECCION DE CUBIERTA															
Primario Longitudinal	0.18	0.07	179.91	179.91	233.88	233.88	233.88	1.3	233.88	233.88	233.88	42.56	15.96	694.72	764.19
Primario Transversal	0.12	0.10	179.91	187.42	206.89	215.53	206.89	1.15	206.89	215.53	215.53	24.72	22.07		
Secundario Longitudinal	0.15		179.91		215.89	215.89		1.2	215.89			32.74			
Secundario Transversal	0.56		181.90		236.47	236.47		1.3	236.47			133.17			
Planchaje	1.88		179.82		224.78	224.78		1.25	224.78			423.50			
SECCION DE COSTADO															
Palmejar	0.34	0.16	182.73	186.05	201.01	204.65	201.01	1.1	201.01	204.65	204.65	67.94	31.92	338.50	372.35
Primario Transversal	0.02	0.02	179.91	188.92	206.89	217.26	206.89	1.15	206.89	217.26	217.26	4.68	5.38		
Longitudinal Secundario	0.24	0.17	181.20	181.20	217.44	217.44	217.44	1.2	217.44	217.44	217.44	52.76	37.69		
Secundario Transversal	0.16		181.20		199.32	199.32		1.1	199.32			32.23			
Planchaje	0.54		179.74		197.72	197.72		1.1	197.72			105.89			
SECCION DE FONDO															
Primario Longitudinal	0.66	0.55	182.73	239.03	237.56	310.73	237.56	1.3	237.56	310.73	310.73	157.49	169.65	1934.08	2127.48
Varenga	0.41	0.26	182.73	205.82	210.15	236.69	210.15	1.15	210.15	236.69	236.69	86.07	60.59		
Secundario Longitudinal	0.49	0.42	179.91	187.42	215.89	224.90	215.89	1.2	215.89	224.90	224.90	104.77	93.56		
Secundario Transversal	1.62	0.85	181.20	181.20	235.56	235.56	235.56	1.3	235.56	235.56	235.56	381.90	201.00		
Planchaje	3.77		180.20		180.20	180.20		1	180.20			679.03			
MAMPARO															
Ref Transversales	0.28	0.20	182.73	182.73	210.15	210.15	210.15	1.15	210.15	210.15	210.15	59.39	43.04	266.56	293.22
Ref Verticales	0.06		180.63		207.73	207.73		1.15	207.73			12.09			
Planchaje	0.70		180.20		216.24	216.24		1.2	216.24			152.04			
Peso Total (ton)	12.19	2.80	TOTAL HH=										3233.86	3557.25	

COMPARTIMENTO 3 , T. COMBUSTIBLES SECCION MEDIA

ACTIVIDAD	Peso alma Ton	Peso ala Ton	HH/ton alma	HH/ton ala	HH/ton ala	Factor de Increment	HH/ton Alma_Fi	HH/ton Ala_Fi	HH_Alma	HH_Ala	Res. Parcia Imprevistos	
SECCION DE CUBIERTA												
CASCO											999.99	1099.98
Primario Longitudinal	0.21	0.08	179.91	179.91	1.3	233.88	233.88	233.88	49.66	18.62		
Primario Transversal	0.24	0.20	179.91	187.42	1.15	206.89	215.53	215.53	49.43	44.14		
Secundario Longitudinal		0.26		183.70	1.2		220.44			57.95		
Secundario Transversal		1.20		183.70	1.3		238.81			286.11		
Planchaje		2.20		179.82	1.25		224.78			494.08		
SECCION DE COSTADO												
Palmejar	0.39	0.18	182.73	186.05	1.1	201.01	204.65	204.65	79.26	37.25		403.71
Primario Transversal	0.05	0.04	179.91	187.42	1.15	206.89	215.53	215.53	9.37	8.36		
Longitudinal Secundario		0.30		182.73	1.2		219.28			66.51		
Secundario Transversal		0.21		181.90	1.1		200.09			42.71		
Planchaje		0.62		179.74	1.1		197.72			123.54		
SECCION DE FONDO												
Primario Longitudinal	0.55	0.23	182.73	186.05	1.3	237.56	241.86	241.86	129.70	55.02		
Varenga	0.82	0.51	182.73	205.82	1.15	210.15	236.69	236.69	172.14	121.18		
Secundario Longitudinal	0.77	0.40	181.20	181.20	1.2	217.44	217.44	217.44	167.09	87.94		
Secundario Transversal	1.79	1.28	181.20	181.20	1.3	235.56	235.56	235.56	422.10	301.50		
Planchaje		3.85		179.91	1		179.91			692.04		
MAMIPARO												
Ref Transversales	0.14	0.10	182.73	182.73	1.15	210.15	210.15	210.15	29.69	21.52		229.48
Ref Verticales		0.03		180.20	1.15		207.23			5.36		
Planchaje		0.70		180.20	1.2		216.24			152.04		
Peso Total (ton)	14.33	3.03	TOTAL HH=						3028.79	695.53	3724.32	4096.76

COMPARTIMENTO 4, T. AGUA FRESCA

ACTIVIDAD	Peso alma Ton	Peso ala Ton	HH/ton alma	HH/ton ala	Factor de Increment	HH/ton Alma_Fi	HH/ton Ala_Fi	HH_Alma	HH_Ala	Res. Parcia Imprevistos	
CASCO											
SECCION DE CUBIERTA											
Primario Longitudinal	0.18	0.07	179.91	179.91	1.15	206.89	206.89	38.06	14.27	603.23	
Primario Transversal	0.12	0.10	179.91	187.42	1.15	206.89	215.53	24.72	22.07		
Secundario Longitudinal	0.15		179.91		1.15	206.89		31.72			
Secundario Transversal	0.38		181.90		1.15	209.19		78.54			
Planchaje	1.90		179.82		1.15	206.79		393.85			
SECCION DE COSTADO											
Palmejar	0.34	0.16	182.73	186.05	1.10	201.01	204.65	68.68	32.27	311.14	
Primario Transversal	0.02	0.02	179.91	187.42	1.10	197.90	206.16	4.48	4.00		
Longitudinal Secundario	0.34		183.70		1.10	202.07		69.04			
Secundario Transversal	0.04		179.74		1.10	197.72		7.67			
Planchaje	0.63		179.91		1.10	197.90		125.00			
SECCION DE FONDO											
Primario Longitudinal	0.21	0.25	180.20	192.34	1.10	198.22	211.57	41.68	52.83	1413.97	
Varenga	0.41	0.26	182.73	205.82	1.10	201.01	226.40	82.33	57.95		
Secundario Longitudinal	0.67	0.35	181.20	181.20	1.10	199.32	199.32	132.71	69.85		
Secundario Transversal	0.61	0.44	180.20	180.20	1.10	198.22	198.22	121.24	86.60		
Planchaje	3.81		180.20		1.12	201.83		768.78			
MAMPARO											
Ref Transversales	0.14	0.10	182.73	182.73	1.00	182.73	182.73	25.82	18.71	174.72	
Ref Verticales	0.02		179.74		1.00	179.74		3.49			
Planchaje	0.70		180.20		1.00	180.20		126.70			
Peso Total (ton)	10.68	1.74	TOTAL HH=					2144.51	358.55	2503.06	2753.37

COMPARTIMENTO 5 , ANTES PEAK PROA

ACTIVIDAD	Peso alma Ton	Peso ala Ton	HH/ton alma	HH/ton ala	HH/ton ala	Factor de Increment	HH/ton Alma_Fi	HH/ton Ala_Fi	HH_Alma	HH_Ala	Res. Parcia	Res. Parcia+ Imprevistos			
CASCO															
SECCION DE CUBIERTA															
Primario Longitudinal	0.05	0.04	180.20	180.20	1.15	207.23	207.23	207.23	10.71	8.93	368.36	405.20			
Primario Transversal	0.08	0.05	180.20	180.20	1.15	207.23	207.23	15.84	11.32						
Secundario Longitudinal	0.07		181.90		1.10	200.09		13.17							
Secundario Transversal	0.20		179.74		1.10	197.72		39.48							
Planchaje	1.30		179.82		1.15	206.79		268.92							
Palmejar	0.08	0.07	179.91	187.42	1.10	197.90	206.16	16.57	14.80						
Primario Transversal	0.02	0.02	179.91	187.42	1.10	197.90	206.16	4.05	3.61						
Longitudinal Secundario	0.04		179.74		1.10	197.72		7.10							
Secundario Transversal	0.04		180.20		1.10	198.22		6.95							
Planchaje	0.39		179.91		1.11	199.70		77.76							
SECCION DE FONDO															
Primario Longitudinal	0.35	0.16	182.73	186.05	1.05	191.87	195.35	67.14	31.55		892.40	981.64			
Varenga	0.41	0.26	182.73	205.82	1.05	191.87	216.11	78.59	55.32						
Secundario Longitudinal	0.07	0.06	179.72	179.72	1.05	188.70	188.70	13.55	11.29						
Secundario Transversal	0.34	0.25	180.20	180.20	1.05	189.21	189.21	63.55	46.50						
Planchaje	2.60		180.20		1.12	201.83		524.92							
Ref Transversales	0.12	0.09	181.20	181.20	1.10	199.32	199.32	23.81	17.01						
Ref Verticales	0.02		179.74		1.10	197.72		3.46							
Planchaje	0.63		180.20		1.10	198.22		125.84							
Peso Total (ton)	6.80	1.00	TOTAL HH=									1561.72	1717.89		
MAMPARO															
Ref Transversales	0.12	0.09	181.20	181.20	1.10	199.32	199.32	23.81	17.01		170.13	187.14			
Ref Verticales	0.02		179.74		1.10	197.72		3.46							
Planchaje	0.63		180.20		1.10	198.22		125.84							
Peso Total (ton)	6.80	1.00	TOTAL HH=									1361.40	200.32	1561.72	1717.89

COMPARTIMENTO 6 , PEAK DE PROA

ACTIVIDAD	Peso alma		HH/ton ala	HH/ton ala	Factor de Increment	HH/ton		HH/ton Ala_Fi	HH_Alma	HH_Ala	Res. Parcial+ Imprevistos	
	Ton	ala				Alma_Fi	Ala_Fi					Res. Parcial
SECCION DE CUBIERTA												
Primario Longitudinal	0.04	0.03	180.20	180.20	1.15	207.23	207.23	207.23	8.92	6.37	257.47	
Primario Transversal	0.08	0.05	180.20	180.20	1.15	207.23	207.23	207.23	15.84	11.32		
Secundario Longitudinal		0.02	179.74		1.10	197.72			3.80			
Secundario Transversal		0.19	181.90		1.10	200.09			37.56			
Planchaje		0.70	179.82		1.20	215.79			150.25			
SECCION DE COSTADO												
Palmejar	0.04	0.03	182.73	182.73	1.15	210.15	210.15	210.15	8.72	6.46	77.62	
Primario Transversal	0.01	0.01	182.73	182.73	1.15	210.15	210.15	210.15	1.99	1.47		
Longitudinal Secundario		0.04	181.20		1.10	199.32			8.30			
Secundario Transversal		0.02	179.74		1.10	197.72			3.46			
Planchaje		0.18	179.74		1.25	224.68			40.15			
SECCION DE FONDO												
Primario Longitudinal	0.07	0.08	179.91	179.91	1.15	206.89	206.89	206.89	13.92	17.00	659.17	
Varenga	0.51	0.26	182.73	182.73	1.15	210.15	210.15	210.15	107.59	53.79		
Secundario Longitudinal	0.15	0.08	181.20	181.20	1.15	208.38	208.38	208.38	32.04	17.35		
Secundario Transversal	0.25	0.20	180.20	180.20	1.15	207.23	207.23	207.23	52.06	42.44		
Planchaje		1.22	179.91		1.20	215.89			263.06			
Peso Total (ton)	3.51	0.75				TOTAL HH=		747.66		156.21	903.87	994.25

RIVAS S.A



PROYECTO	RIVAS S. A.	
TOTAL HH	21160	HH
PLAZO OBRA	3	Mes
FIN_OBRA	3.01	Mes
No PLANTEL	1.002	

ESTIMACION DE COSTO DE HH

ITEM	\$ ROL	SUBTOTAL
ROL MENSUAL PLANTEL PROD.	\$44,785.00	
ROL MENSUAL PLANTEL ADM.	\$24,700.00	
TOTAL POR PAGAR EN ROL		\$ 69,485.00
GASTOS ADICIONALES/MES		
SERVICIOS	\$ 3,000.00	
COMUNICACION	\$ 2,500.00	
PAPELERIA	\$ 2,500.00	
HABILITACION	\$ 8,000.00	
TOTAL GASTOS ADICIONALES/MES		\$ 16,000.00
TOTAL DE GASTOS GENERALES		\$ 85,485.00
UTILIDAD BRUTA	20%	\$ 17,097.00
TOTAL DE GASTOS MO PROYECTO		\$102,582.00
		HH
HH PROYECTO/MES		7040
COSTO NETO HH		\$ 14.57

RIVAS S.A

PRESUPUESTO GENERAL DE CONSTRUCCION

ITEM	CTD.	\$/TON	VALOR	SUBTOTAL
ESTRUCTURA				\$148,157.34
MATERIAL	102.04	\$ 1,200.00	\$122,444.08	
MISCELANEOS	10.2036734	\$ 1,200.00	\$ 12,244.41	
INSUMOS				\$ 15,305.51
OXIGENO	4.08146937	\$ 900.00	\$ 3,673.32	
SOLDADURA	5.10183671	\$ 1,000.00	\$ 5,101.84	
FUNGIBLES	8.16293873	\$ 800.00	\$ 6,530.35	
MANO DE OBRA	21159.70	\$ 14.57	\$308,324.44	\$308,324.44
INSUMOS				\$ 47,520.00
EQUIPOS GRANDES	2	\$ 3,600.00	\$ 7,200.00	
EQUIPOS MEDIANOS	24	\$ 1,500.00	\$ 36,000.00	
MAQ-HERRALIENTAS	12	\$ 360.00	\$ 4,320.00	
TOTAL PRESUPUESTO				\$519,307.29
				\$621,889.29
COSTO DE CONSTRUCCION POR Ton				\$ 5,089.42

Sin Plantel ni Utilidad

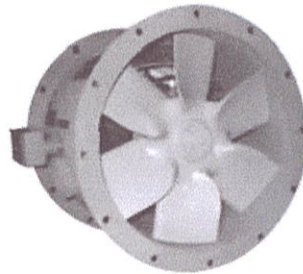
Con plantel y utilidad incluida

ANEXO P-Sistemas complementarios

Sistema de Ventilación

Conocido el flujo volumétrico total que se requiere impulsar, procedemos a seleccionar un ventilador que se ajuste a este flujo o mayor.

Tabla. CLXVI Datos de ventiladores – Series 44M



Series 44 M – Type DA

Rating Table — Series 44 M – Marine Duty Duct Axial® Fan, Direct Drive

Size	Model	Motor (Fan)		CFM @ Static Pressure									
				0"		½"		1"		1½"		2"	
		HP	RPM	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP	CFM	BHP
12	_44-M-126DA--STAIG2	¼	3450	2308	0.35	2035	0.46	1716	0.57	797	0.64	446	0.78
	_44-M-126DA--STAID3	¼	1725	1154	0.04	223	0.10						
16	_44-M-166DA--STAIK2	3	3500	5831	1.86	5603	2.08	5348	2.34	5056	2.65	4719	2.92
	_44-M-166DA--STAIF3	¾	1725	2874	0.22	2304	0.35	1069	0.49				
18	_44-M-186DA--STAIL2	5	3500	8155	2.59	7873	2.96	7565	3.33	7225	3.71	6837	4.09
	_44-M-186DA--STAIG3	¾	1725	4019	0.31	3345	0.50	1496	0.64	829	0.81		
	_44-M-186DA--STAIF4	¾	1140	2656	0.09	820	0.20						
24	_44-M-246DA--STAIK3	3	1760	9126	1.20	8346	1.72	7433	2.17	4690	2.57	3126	2.96
	_44-M-246DA--STAIH4	1	1150	5963	0.34	4592	0.65	1644	0.90				
28	_44-M-286DA--STAIL3	5	1750	14559	2.87	13653	3.64	12662	4.12	11438	4.70	8359	5.11
	_44-M-286DA--STAIJ4	2	1160	9650	0.84	8193	1.24	4587	1.56	2774	2.05		
22	_44-M-326DA--STAIN3	10	1765	21884	5.22	20730	6.49	19622	7.66	18510	8.74	17135	9.59
	_44-M-326DA--STAIK4	3	1160	14382	1.48	12671	2.27	10544	2.84	5776	3.42		

[Fuente: Compañía Hartzell Fan]

Debemos seleccionar la velocidad con la cual el aire va a moverse por los ductos; esto a su vez especificará el tamaño (sección transversal) de los ductos a instalarse. Se tomó una velocidad de 2500 pies/min según las

recomendaciones que se presentan en Marine Engineering respecto a las velocidades del aire en los ductos, [81]. Entonces:

$$A [m^2] = \frac{524.5 \frac{m^3}{min}}{762.2 \frac{m}{min}} = 0.64 m^2$$

Por lo tanto, el área de la rejilla necesaria se considerará de por lo menos de 0.64 m². Las dimensiones para las rejillas de ingreso de aire serán de 0.8x0.8 m². Para la salida del aire caliente de sala de máquinas se instalaron salidas por detrás de la subestructura diseñada para este sistema.

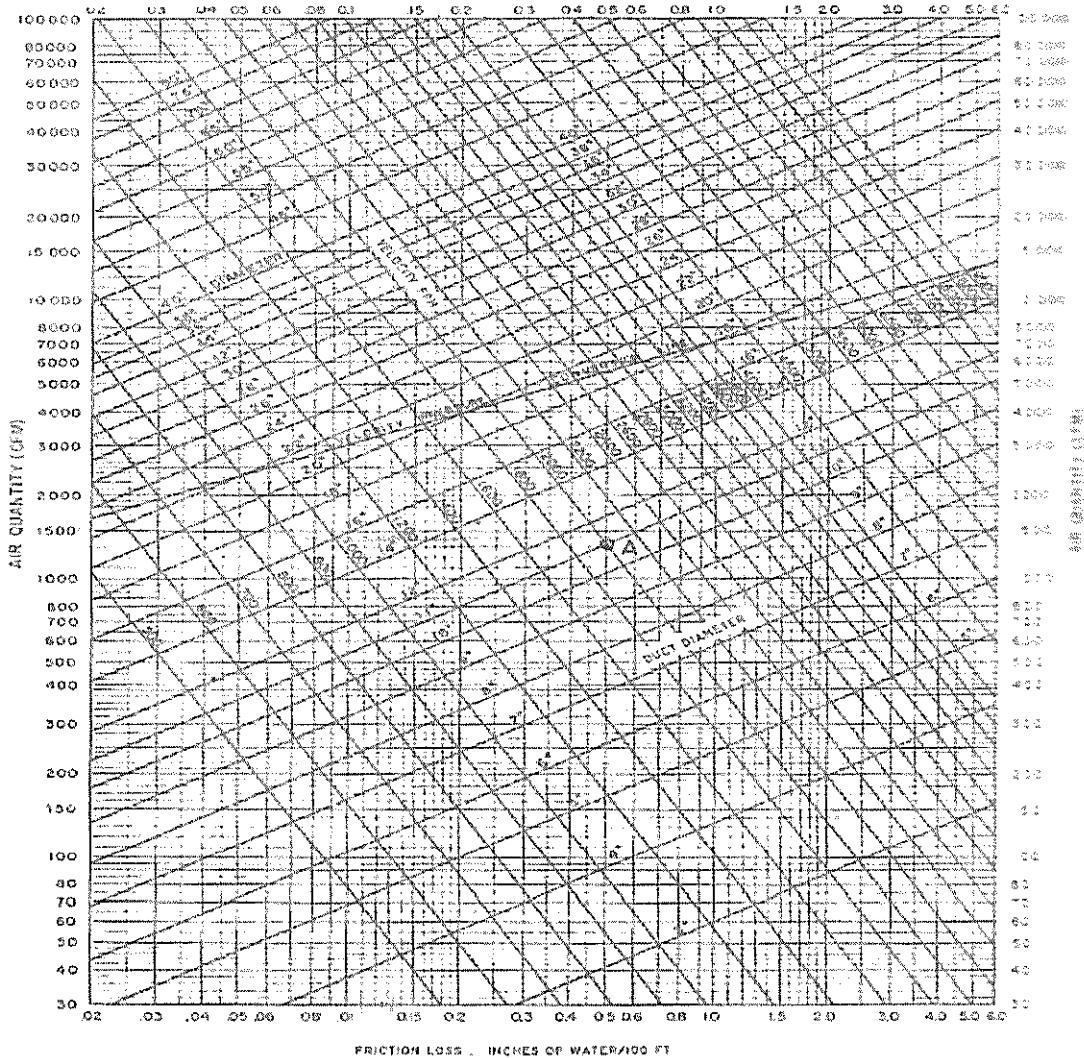
Calculo de caída de presión

Para este cálculo de la caída de presión en el ducto (0.8x0.8 cm² cuya equivalencia será tomada de 34"x34") se debe transformar la sección rectangular por una sección circular equivalente según Marine Engineering, [81].

$$D_{equi} = 1.265 \sqrt[5]{\frac{(a * b)^3}{(a + b)}}$$

Estos valores de 34"x34" corresponden a un diámetro de 36", con este, se determinará la caída de presión por cada 100 pies de longitud entrando con el flujo (18510 pies³/min) y el diámetro de 36" obtener un valor de 0.25 plg H₂O por cada 100 pies, tal como se nota en la gráfica.

Figura No. 106 Pérdida de cabezal por Fricción (in H₂O) en tubería recta por cada 100 ft



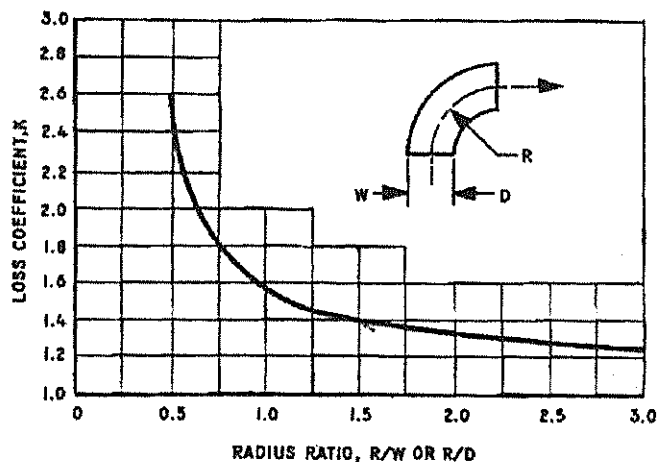
[Fuente: Marine Engineering]

El sistema de ventilación diseñado tiene una longitud de ducto de 0.5 metros lo que corresponde a 1.64 pies. Por lo tanto la caída de presión es de 0.003 plg de H₂O.

Para estimar la caída de presión en los codos, Marine Engineering, [81] recomienda la siguiente formulación donde k es el coeficiente del accesorio que puede obtenerse en tablas y gráficos de la misma referencia ya mencionada y h_v es el cabezal dinámico. Esta formulación se la hará para determinar la constante k y estimar la caída de presión por los codos que contiene nuestro sistema.

$$\Delta P \text{ [plg H}_2\text{O]} = kh_v = k \left(\frac{V \left[\frac{\text{pies}}{\text{min}} \right]}{4005} \right)^2$$

El codo utilizado en el sistema tiene un coeficiente de pérdida de 1.6. Por lo tanto, junto con la velocidad del ducto podemos determinar la caída de presión.



$$\Delta P \text{ [plg H}_2\text{O]} = kh_v = 1.6 * \left(\frac{2500 \left[\frac{\text{pies}}{\text{min}} \right]}{4005} \right)^2 = 0.62$$

Sistema de Gases de Escape

Selección del Silenciador

Como primer punto es necesario conocer la velocidad en el sistema de escape para de esta manera seleccionar el silenciador, aplicando la fórmula, [82]:

$$V = 4005 \sqrt{\frac{\Delta P}{c \left(\frac{530}{^{\circ}T + 460} \right)}}$$

El valor de la constante c que depende del modelo del silenciador para diferentes grados de atenuación. En este caso tomaremos el de grado industrial o comercial donde el valor de c igual a 4.2. Reemplazando en la ecuación tenemos:

$$V = 4005 \sqrt{\frac{27}{4.2 \left(\frac{530}{711 + 460} \right)}} = 15094 \text{ pies/min}$$

Por lo tanto, el área para el flujo requerido se lo es de:

$$A (\text{pies}^2) = \frac{2999 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}}}{15094 \frac{\text{pies}}{\text{min}}} = 0.198$$

Se tomará el valor de área de 0.349 pies² que corresponde a un diámetro de 8 pulgadas. Este sería la dimensión de la tubería de ingreso al silenciador.

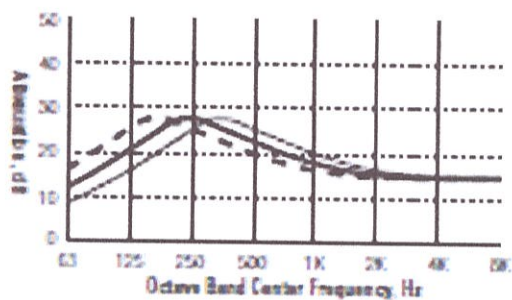
Figura No. 107 Características del silenciador

EN2, EN3,
EN4, EN5 Series



EN2					
Size	Part Number	D	L	H	H
4	19-104-AA	12	40	3	34
5	19-105-AA	14	46	3	40
6	19-106-AA	16	59	3	53
8	19-108-AA	20	61	3½	54
10	19-110-AA	24	74	3½	67
12	19-112-AA	28	75	3½	68
14	19-114-AA	36	77	3½	70
16	19-116-AA	36	113	3½	106
18	19-118-AA	42	127	3½	120
20	19-120-AA	48	130	4½	121
22	19-122-AA	48	142	4½	133
24	19-124-AA	54	156	4½	147
26	19-126-AA	60	169	4½	160
28	19-128-AA	60	181	4½	172
30	19-130-AA	60	194	4½	185

Typical Attenuation Curve



[Fuente: Compañía UniversalAet]

Con estas características del silenciador podemos dimensionarlo en nuestra embarcación para un diámetro de entrada de 8 pulgadas. La máxima atenuación del silenciador es de 30 dB. Una vez seleccionado el silenciador se procederá al cálculo de la pérdida de presión tanto por el propio silenciador como por la longitud del sistema de escape.

Calculo de las caídas de presión- Sistema de Escape

Para el cálculo de la caída de presión se aplicara la formulación de Caterpillar, [79]. Esta ecuación menciona que la caída de presión total es igual a la caída de presión por el conducto de escape más la caída de presión debido al silenciador.

$$P_{gt} [kPa] = \frac{L * S_g * Q_g^2 * 3.6 * 10^6}{D_g^5} + P_s$$

$$S \left[\frac{kg}{m^3} \right] = \frac{352.5}{T(^{\circ}C + 273)}$$

- Caída de presión por el silenciador

Como ya se obtuvieron los valores del silenciador, se procederá a calcular la pérdida de presión. Esta es expresada como:

$$P_s [plg H_2O] = c * \left(\frac{V_{actual}}{4005} \right)^2 \left(\frac{530}{T + 460} \right)$$

Donde la velocidad actual es de 8592 pies/min para un diámetro de 8 pulgadas y el flujo antes mencionado de 135 m³/min. De la ecuación de obtiene:

$$P_s [plg H_2O] = 4.2 * \left(\frac{8592}{4005}\right)^2 \left(\frac{530}{711 + 460}\right) = 8.75$$

Este valor de caída de presión de pulgadas de agua corresponde a 2.19 Kpa.

- Caída de presión por tubería de escape

Para esto necesitamos calcular la longitud de todos los tramos que conforman el sistema de escape. En el caso de los accesorios como los codos se tiene que calcular su longitud equivalente en una tubería de su mismo diámetro. Por ultimo para la expansión, se calculara la perdida de presión calculando el factor K.

Para la expansión, [81] recomienda el cálculo de la caída de presión por:

$$\Delta P [plg H_2O] = kh_v = k \left(\frac{V \left[\frac{pies}{min}\right]}{4005}\right)^2$$

Donde K es el factor que depende de la razón entre diámetros, y V la velocidad tomada en la tubería de menor diámetro. El valor de K para una expansión se lo obtiene de, [83]:

Figura No. 108 Coeficiente de pérdida por reducción



$$3) \quad \theta < 45^\circ \quad K = 2.6 \sin \frac{\theta}{2} \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2} \right)^2$$

$$4) \quad \theta > 45^\circ < 180^\circ \quad K = \left(1 - \frac{d_1^2}{d_2^2} \right)^2$$

[Fuente: Cameron Hydraulic Data]

Por lo tanto, para una expansión de 5 a 8 pulgadas el valor de K será igual a 0.25.

La velocidad en la tubería de 5 pulgadas se la obtiene:

$$V \text{ [pies/min]} = \frac{Q}{A} = \frac{2999 \frac{\text{pies}^3}{\text{min}}}{\frac{1}{4} * \pi * \left(\frac{8 \text{ pulg}}{12} \right)^2} = 8593$$

La caída de presión por la expansión será:

$$\Delta P = kh_v = 0.25 * \left(\frac{8593 \frac{\text{pies}}{\text{min}}}{4005} \right)^2 = 1.15 \text{ plg de H}_2\text{O} = 0.29 \text{ kPa.}$$

Una vez que tenemos la caída de presión debido al silenciador y a la expansión que son los que corresponden a uno por cada motor, procedemos a calcular la caída de presión por las tuberías en cada uno de los motores ya que no todos tienen la misma longitud de tuberías y cantidad de codos.

La longitud equivalente de los codos se la determinará para codos largos ya que tienen un radio de 1.5 veces el diámetro de la tubería, [81]. Por lo tanto, el valor de N para codos largos y codos standart son de 20 y 33 respectivamente.

$$L = \frac{ND[\text{mm}]}{1000}$$

- Calculo de la caída de presión total en tubería de escape de cada motor

El cálculo de caída de presión se determinará para el sistema de escape de cada motor. La pérdida total de cada sistema no debe sobrepasar la máxima contrapresión que especifica el motor que es de 6.7 KPa.

ANEXO Q- Análisis Económico

Tabla. CLXVII Desglose de costos de tuberías y accesorios

ítem	Descripción	Material			
		Unid	Cant.	\$ Unitario	\$ Total
1	SISTEMA DE ACHIQUE				\$7,117.16
1.1	Tubería, acero al carbono, d=2"	m	43	\$10.94	\$470.49
1.2	Tubería, acero al carbono, d=1-1/2"	m	13	\$7.17	\$93.17
1.3	Codos 90, acero al carbono, d=1-	unid	11	\$1.50	\$16.50
1.4	Tees, acero al carbono, d=1-1/2"	unid	4	\$2.50	\$10.00
1.5	Válvula de compuerta, acero al	unid	7	\$125.00	\$875.00
1.6	Válvula cheque, acero al carbono,	unid	4	\$135.00	\$540.00
1.7	Codos 90, acero al carbono, d=2"	unid	8	\$2.00	\$16.00
1.8	Válvula de compuerta, acero al	unid	8	\$137.00	\$1,096.00
1.9	Válvula cheque, acero al carbono,	unid	10	\$154.00	\$1,540.00
1.10	Bomba centrifugas, 3,5 hp	unid	2	\$1,230.0	\$2,460.00
1.11	Mano de Obra	-	-	-	\$3,500.00
2	SISTEMA DE COMBUSTIBLE				\$3,835.13
2.1	Tubería, acero al carbono, d=2"	m	15	\$10.94	\$164.13
2.2	Tees, acero al carbono, d=2"	unid	4	\$4.50	\$18.00
2.3	Codos 90, acero al carbono, d=2"	unid	10	\$2.00	\$20.00
2.4	Válvula de compuerta, acero al	unid	5	\$137.00	\$685.00
2.5	Válvula cierre rápido, acero al	unid	2	\$85.00	\$170.00
2.6	Válvula cheque, acero al carbono,	unid	2	\$154.00	\$308.00
2.7	Filtros racos, 45 gph	unid	2	\$176.00	\$352.00
2.8	Bomba centrifuga, 1.75 hp	unid	2	\$1,059.0	\$2,118.00
2.9	Mano de Obra	-	-	-	\$2,500.00
3	SISTEMA CONTRA INCENDIOS				\$6,607.88
3.1	Tubería, acero al carbono, d=2"	m	5	\$10.94	\$54.71
3.2	Tubería, acero al carbono, d=1-1/2"	m	13	\$7.17	\$93.17
3.3	Codos 90, acero al carbono, d=1-	unid	2	\$1.50	\$3.00
3.4	Tees, acero al carbono, d=1-1/2"	unid	1	\$2.50	\$2.50
3.5	Codos 90, acero al carbono, d=2"	unid	9	\$2.00	\$18.00
3.6	Tees, acero al carbono, d=2"	unid	5	\$4.50	\$22.50
3.7	Válvula de compuerta, acero al	unid	10	\$137.00	\$1,370.00
3.8	Válvula cheque, acero al carbono,	unid	10	\$154.00	\$1,540.00
3.9	Bomba centrifuga, 5 hp	unid	2	\$1,752.0	\$3,504.00
3.10	Mano de Obra	-	-	-	\$2,800.00

Continua

ítem	Descripción	Material			
		Unid	Cant	\$ Unitario	\$ Total
4	SISTEMA DE AGUA DULCE				\$8,720.67
4.1	Tubería, pvc, d=1-1/2"	m	19	\$2.17	\$41.17
4.2	Tubería, pvc, d=1/2"	m	41	\$1.00	\$41.00
4.3	Válvula de compuerta, acero al	unid	8	\$25.00	\$200.00
4.4	Válvula cheque, acero al carbono,	unid	2	\$45.00	\$90.00
4.5	Codos 90, acero al carbono, d=1-	unid	4	\$1.50	\$6.00
4.6	Tees, acero al carbono, d=1-1/2"	unid	1	\$2.50	\$2.50
4.7	Válvula de compuerta, acero al	unid	3	\$125.00	\$375.00
4.8	Válvula cierre rápido, acero al	unid	6	\$110.00	\$660.00
4.9	Válvula cheque, acero al carbono,	unid	1	\$135.00	\$135.00
4.10	Baños, duchas, lavamanos	unid	7	\$650.00	\$4,550.00
4.11	Tanque de presión, 40 psi	unid	2	\$560.00	\$1,120.00
4.12	Bomba centrifuga, 1/2 hp	unid	2	\$750.00	\$1,500.00
4.13	Mano de Obra	-	-	-	\$3,500.00
Costo-Material		\$26,280.83			
Mano de obra		\$12,300.00			
Total		\$38,580.83			

[Fuente: Elaboración propia]

Estimación- Costos Operacionales

Costos Generales

Debido a la falta de información de costos por seguros, riesgo, indemnización, gastos de puertos, etc., se presentan las fórmulas, donde la mayoría depende del número cubico, y están dadas en \$/anuales:

$$CN = \frac{LppxBxD}{100}$$

Costo del mantenimiento y reparación del casco

$$M \& R_{\text{casco}} = \$10,000 \left(\frac{CN}{1000} \right)^{2/3}$$

Costo de mantenimiento y reparación de la maquinaria

$$M \& R_{\text{maq}} = \$4,500 \left(\frac{\text{shp}}{1000} \right)^{2/3}$$

Costo por puertos

$$C_{\text{puertos}} = \$20 + \$8.20 \times \frac{CN}{1000}$$

Costo por seguro de casco y maquinaria

$$C_{S_{CM}} = \$10,000 + 0.007 \times \text{Inversión}$$

Costo por seguro de riesgo

$$C_{\text{riesgo}} = 0.1 \times \text{Inversión}$$

Costo por seguro de protección e indemnización

$$C_{p-i} = \$925 \times \# \text{ tripu}$$

Costos Misceláneos

$$C_{\text{mis}} = \$65,000 + \$2 \times CN$$

Costos por consumo de combustible

Tabla. CLXVIII Detalle del Costo del Consumo de combustible

Recorrido Completo	
T viaje(días)	18
T viaje(horas)	180
En aguas Restrictas	
T viaje(horas)	90
Uso de Motores	4
Gph/cu	29
Galones Consu.	10440
En aguas profundas	
T viaje(horas)	90
Uso de Motores	2
Gph/cu	29
Galones consu.	5220
Viajes_6	3
Diésel Ida(gal)	46980
Diésel Regreso (gal)	46980
\$/gal_Ecuador	\$1.65
\$/gal_Brasil	\$2.95
Costo Total_6	\$216,108.00

En Zonas Peruanas	
T viaje(días)	9
T viaje(horas)	90
Uso de Motores	2
Gph/cu	29
Galones consu.	5220
Viajes_6	5
Diésel Ida(gal)	31320
Diésel Regreso	31320
\$/gal_Perú	\$2.81
Costo Total_6 Meses	\$176,018.40

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CLXIX Costo anual del consumo de combustible

Ítem	Costo
Recorrido Completo	\$216,108.00
Zonas Peruana	\$176,018.40
Costo Anual	\$392,126.40
Costo Anual+10%	\$431,339.04

[Fuente: Elaboración propia]

Cálculo de Van y Tir

Tabla. CLXX Calculo del Van y Tir. 80% de captación de mercado

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Operacionales	\$2,622,699.39	\$1,040,236.85	\$1,092,248.70	\$1,146,861.13	\$1,204,204.19	\$1,264,414.40
Pagos al Banco	\$0.00	\$967,481.75	\$759,199.11	\$595,756.24	\$467,499.88	\$366,854.98
Egresos	\$0.00	\$2,007,718.61	\$1,851,447.81	\$1,742,617.37	\$1,671,704.07	\$1,631,269.38
Ingresos Brutos	\$0.00	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47
Utilidad Bruta	\$0.00	\$2,610,151.87	\$2,766,422.66	\$2,875,253.10	\$2,946,166.40	\$2,986,601.10
Utilidad Neta-30% trabajadores	-\$2,622,699.39	\$1,827,106.31	\$1,936,495.87	\$2,012,677.17	\$2,062,316.48	\$2,090,620.77

Ítem	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costos Operacionales	\$1,264,414.40	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Pagos al Banco	\$366,854.98	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Egresos	\$1,631,269.38	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Ingresos Brutos	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47	\$4,617,870.47
Utilidad Bruta	\$2,986,601.10	\$3,290,235.35	\$3,223,853.60	\$3,154,152.76	\$3,080,966.87	\$3,004,121.69
Utilidad Neta-30% trabajadores	\$2,090,620.77	\$2,303,164.75	\$2,256,697.52	\$2,207,906.93	\$2,156,676.81	\$2,102,885.18

Valor Correcto	Inversión	\$2,622,699.39
	Tasa de Retorno < TIR	49%
	Van	\$1,322,377.07
	TIR	73.56%

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CLXXI Calculo del Van y Tir. 60% de captación de mercado

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Operacionales	\$2,622,699.39	\$1,040,236.85	\$1,092,248.70	\$1,146,861.13	\$1,204,204.19	\$1,264,414.40
Pagos al Banco	\$0.00	\$967,481.75	\$759,199.11	\$595,756.24	\$467,499.88	\$366,854.98
Egresos	\$0.00	\$2,007,718.61	\$1,851,447.81	\$1,742,617.37	\$1,671,704.07	\$1,631,269.38
Ingresos Brutos	\$0.00	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52
Utilidad Bruta	\$0.00	\$1,176,210.91	\$1,332,481.71	\$1,441,312.15	\$1,512,225.45	\$1,552,660.15
Utilidad Neta-30% trabajadores	-\$2,622,699.39	\$823,347.64	\$932,737.20	\$1,008,918.51	\$1,058,557.81	\$1,086,862.10

Ítem	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costos Operacionales	\$1,264,414.40	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Pagos al Banco	\$366,854.98	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Egresos	\$1,631,269.38	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Ingresos Brutos	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52	\$3,183,929.52
Utilidad Bruta	\$1,552,660.15	\$1,856,294.40	\$1,789,912.65	\$1,720,211.80	\$1,647,025.92	\$1,570,180.74
Utilidad Neta-30% trabajadores	\$1,086,862.10	\$1,299,406.08	\$1,252,938.85	\$1,204,148.26	\$1,152,918.14	\$1,099,126.52

Inversión	\$2,622,699.39
Tasa de Retorno< TIR	26%
Van	\$923,675.79
TIR	36.12%

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CLXXII Calculo del Van y Tir. 50% de captación de mercado

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Operacionales	\$2,622,699.39	\$1,040,236.85	\$1,092,248.70	\$1,146,861.13	\$1,204,204.19	\$1,264,414.40
Pagos al Banco	\$0.00	\$967,481.75	\$759,199.11	\$595,756.24	\$467,499.88	\$366,854.98
Egresos	\$0.00	\$2,007,718.61	\$1,851,447.81	\$1,742,617.37	\$1,671,704.07	\$1,631,269.38
Ingresos Brutos	\$0.00	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60
Utilidad Bruta	\$0.00	\$645,555.99	\$801,826.79	\$910,657.23	\$981,570.53	\$1,022,005.23
Utilidad Neta-30%trabajadores	-\$2,622,699.39	\$451,889.20	\$561,278.76	\$637,460.06	\$687,099.37	\$715,403.66

Ítem	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costos Operacionales	\$1,264,414.40	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Pagos al Banco	\$366,854.98	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Egresos	\$1,631,269.38	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Ingresos Brutos	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60	\$2,653,274.60
Utilidad Bruta	\$1,022,005.23	\$1,325,639.48	\$1,259,257.73	\$1,189,556.88	\$1,116,371.00	\$1,039,525.82
Utilidad Neta-30%trabajadores	\$715,403.66	\$927,947.64	\$881,480.41	\$832,689.82	\$781,459.70	\$727,668.07

Valor Correcto	Inversión	\$2,622,699.39
	Tasa de Retorno< TIR	17%
	Van	\$559,328.02
	TIR	21.49%

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla. CLXXIII Calculo del Van y Tir. 42% de captación de mercado

Ítem	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Costos Operacionales	\$2,622,699.39	\$1,040,236.85	\$1,092,248.70	\$1,146,861.13	\$1,204,204.19	\$1,264,414.40
Pagos al Banco	\$0.00	\$967,481.75	\$759,199.11	\$595,756.24	\$467,499.88	\$366,854.98
Egresos	\$0.00	\$2,007,718.61	\$1,851,447.81	\$1,742,617.37	\$1,671,704.07	\$1,631,269.38
Ingresos Brutos	\$0.00	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66
Utilidad Bruta	\$0.00	\$221,032.06	\$377,302.86	\$486,133.29	\$557,046.59	\$597,481.29
Utilidad Neta -30% trabajadores	-\$2,622,699.39	\$154,722.44	\$264,112.00	\$340,293.31	\$389,932.61	\$418,236.90

Ítem	Año 5	Año 6	Año 7	Año 8	Año 9	Año 10
Costos Operacionales	\$1,264,414.40	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Pagos al Banco	\$366,854.98	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00	\$0.00
Egresos	\$1,631,269.38	\$1,327,635.12	\$1,394,016.87	\$1,463,717.72	\$1,536,903.60	\$1,613,748.78
Ingresos Brutos	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66	\$2,228,750.66
Utilidad Bruta	\$597,481.29	\$901,115.55	\$834,733.79	\$765,032.95	\$691,847.06	\$615,001.88
Utilidad Neta -30% trabajadores	\$418,236.90	\$630,780.88	\$584,313.65	\$535,523.06	\$484,292.94	\$430,501.32

Valor Correcto	Inversión	\$2,622,699.39
	Tasa de Retorno < TIR	6.20%
	Van	\$323,797.56
	TIR	8.42%

[Fuente: Elaboración propia]

Amortización

Tabla. CLXXIV Detalle de la amortización

TABLA DE AMORTIZACIÓN	
BENEFICIARIO	ARMADOR S.A
COORPORACIÓN	CFN
PRESTAMO	\$2,622,699.39
TASA	9.5% Efec. Mensual
PLAZO DE PAGO	5 Años
GRACIA	0 Años
AMORTIZACIÓN CADA	30 Días
# DE PERIODOS	60 Meses
% CRECIENTE O DECRECIENTE	-2%

Período	Saldo Inicial	Interés	Pago Principal	Abono al capital	Saldo Final
0	\$2,622,699.39				\$2,622,699.39
1	\$2,622,699.39	\$20,763.04	\$89,879.88	\$69,116.84	\$2,553,582.55
2	\$2,553,582.55	\$20,215.86	\$88,082.28	\$67,866.42	\$2,485,716.12
3	\$2,485,716.12	\$19,678.59	\$86,320.64	\$66,642.05	\$2,419,074.07
4	\$2,419,074.07	\$19,151.00	\$84,594.22	\$65,443.22	\$2,353,630.85
5	\$2,353,630.85	\$18,632.91	\$82,902.34	\$64,269.43	\$2,289,361.42
6	\$2,289,361.42	\$18,124.11	\$81,244.29	\$63,120.18	\$2,226,241.24
7	\$2,226,241.24	\$17,624.41	\$79,619.41	\$61,995.00	\$2,164,246.25
8	\$2,164,246.25	\$17,133.62	\$78,027.02	\$60,893.40	\$2,103,352.84
9	\$2,103,352.84	\$16,651.54	\$76,466.48	\$59,814.94	\$2,043,537.91
10	\$2,043,537.91	\$16,178.01	\$74,937.15	\$58,759.14	\$1,984,778.77
11	\$1,984,778.77	\$15,712.83	\$73,438.41	\$57,725.57	\$1,927,053.19
12	\$1,927,053.19	\$15,255.84	\$71,969.64	\$56,713.80	\$1,870,339.39
13	\$1,870,339.39	\$14,806.85	\$70,530.25	\$55,723.39	\$1,814,616.00
14	\$1,814,616.00	\$14,365.71	\$69,119.64	\$54,753.93	\$1,759,862.07
15	\$1,759,862.07	\$13,932.24	\$67,737.25	\$53,805.01	\$1,706,057.07
16	\$1,706,057.07	\$13,506.29	\$66,382.50	\$52,876.22	\$1,653,180.85
17	\$1,653,180.85	\$13,087.68	\$65,054.85	\$51,967.17	\$1,601,213.68
18	\$1,601,213.68	\$12,676.27	\$63,753.76	\$51,077.48	\$1,550,136.20
19	\$1,550,136.20	\$12,271.91	\$62,478.68	\$50,206.77	\$1,499,929.43
20	\$1,499,929.43	\$11,874.44	\$61,229.11	\$49,354.67	\$1,450,574.76
21	\$1,450,574.76	\$11,483.72	\$60,004.52	\$48,520.81	\$1,402,053.96
22	\$1,402,053.96	\$11,099.59	\$58,804.43	\$47,704.84	\$1,354,349.12
23	\$1,354,349.12	\$10,721.93	\$57,628.35	\$46,906.41	\$1,307,442.70

Continua

24	\$1,307,442.70	\$10,350.59	\$56,475.78	\$46,125.19	\$1,261,317.51
25	\$1,261,317.51	\$9,985.43	\$55,346.26	\$45,360.83	\$1,215,956.68
26	\$1,215,956.68	\$9,626.32	\$54,239.34	\$44,613.01	\$1,171,343.67
27	\$1,171,343.67	\$9,273.14	\$53,154.55	\$43,881.41	\$1,127,462.25
28	\$1,127,462.25	\$8,925.74	\$52,091.46	\$43,165.72	\$1,084,296.54
29	\$1,084,296.54	\$8,584.01	\$51,049.63	\$42,465.62	\$1,041,830.92
30	\$1,041,830.92	\$8,247.83	\$50,028.64	\$41,780.81	\$1,000,050.11
31	\$1,000,050.11	\$7,917.06	\$49,028.07	\$41,111.00	\$958,939.11
32	\$958,939.11	\$7,591.60	\$48,047.50	\$40,455.90	\$918,483.20
33	\$918,483.20	\$7,271.33	\$47,086.55	\$39,815.23	\$878,667.98
34	\$878,667.98	\$6,956.12	\$46,144.82	\$39,188.70	\$839,479.27
35	\$839,479.27	\$6,645.88	\$45,221.93	\$38,576.05	\$800,903.23
36	\$800,903.23	\$6,340.48	\$44,317.49	\$37,977.00	\$762,926.22
37	\$762,926.22	\$6,039.83	\$43,431.14	\$37,391.31	\$725,534.92
38	\$725,534.92	\$5,743.82	\$42,562.52	\$36,818.70	\$688,716.22
39	\$688,716.22	\$5,452.34	\$41,711.26	\$36,258.93	\$652,457.29
40	\$652,457.29	\$5,165.29	\$40,877.04	\$35,711.75	\$616,745.54
41	\$616,745.54	\$4,882.57	\$40,059.50	\$35,176.93	\$581,568.61
42	\$581,568.61	\$4,604.08	\$39,258.31	\$34,654.22	\$546,914.38
43	\$546,914.38	\$4,329.74	\$38,473.14	\$34,143.40	\$512,770.98
44	\$512,770.98	\$4,059.44	\$37,703.68	\$33,644.24	\$479,126.74
45	\$479,126.74	\$3,793.09	\$36,949.61	\$33,156.52	\$445,970.22
46	\$445,970.22	\$3,530.60	\$36,210.61	\$32,680.02	\$413,290.20
47	\$413,290.20	\$3,271.88	\$35,486.40	\$32,214.52	\$381,075.68
48	\$381,075.68	\$3,016.85	\$34,776.67	\$31,759.82	\$349,315.86
49	\$349,315.86	\$2,765.42	\$34,081.14	\$31,315.72	\$318,000.13
50	\$318,000.13	\$2,517.50	\$33,399.52	\$30,882.02	\$287,118.12
51	\$287,118.12	\$2,273.02	\$32,731.53	\$30,458.51	\$256,659.61
52	\$256,659.61	\$2,031.89	\$32,076.90	\$30,045.01	\$226,614.60
53	\$226,614.60	\$1,794.03	\$31,435.36	\$29,641.33	\$196,973.27
54	\$196,973.27	\$1,559.37	\$30,806.65	\$29,247.28	\$167,725.99
55	\$167,725.99	\$1,327.83	\$30,190.52	\$28,862.69	\$138,863.31
56	\$138,863.31	\$1,099.33	\$29,586.71	\$28,487.37	\$110,375.93
57	\$110,375.93	\$873.81	\$28,994.97	\$28,121.16	\$82,254.77
58	\$82,254.77	\$651.18	\$28,415.07	\$27,763.89	\$54,490.88
59	\$54,490.88	\$431.39	\$27,846.77	\$27,415.39	\$27,075.49
60	\$27,075.49	\$214.35	\$27,289.84	\$27,075.49	\$0.00

PAGO POR INTERES	\$534,092.57
TOTAL PAGO	\$3,156,791.96

[Fuente: Elaboración propia]

Planificación del Proyecto

El diagrama de Gantt en detalle se presenta en la Tabla. CLXXV

Tabla. CLXXV Planificación de actividades de construcción

Descripción	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16	Semana 17	Semana 18	Semana 19	Semana 20	Semana 21	Semana 22	Semana 23	Semana 24	Semana 25	Semana 26	Semana 27	Semana 28
1 | Especificaciones Técnicas y Planos																												
2 | Compra de Material																												
3 | Construcción de Casco y Superestructuras																												
3.1 | Construcción y ensamble de cuadernas																												
3.2 | Construcción y ensamble de superestructura																												
3.3 | Construcción y ensamble de planchas de fondo																												
3.4 | Construcción y ensamble de planchas de costado																												
3.5 | Construcción y ensamble de cubierta principal																												
4 | Equipamiento y ensamble de Sistemas auxiliares																												
4.1 | Equipamiento y ensamble de sistema de achique																												
4.2 | Equipamiento y ensamble de sistema de combustible																												
4.3 | Equipamiento y ensamble de sistema de contraincendios																												
4.4 | Equipamiento y ensamble de sistema de Agua dulce																												
5 | Propulsión Motores/transmisión																												
5.1 | Construcción y ensamble de sistema propulsor																												
5.2 | Instalación de motores y reductores																												
5.3 | Alineamiento de ejes																												
6 | Equipamiento y ensamble de sistemas eléctricos																												
6.1 | Generadores Eléctricos, y tableros																												
6.2 | Canalización y tendido de cables																												
6.3 | Conexión a equipos																												
7 | Equipamiento e instalación de sistemas de navegación																												
7.1 | Instalación de radares, antenas, luces y sonar																												
8 | Equipamiento e instalación de acomodaciones																												
8.1 | Instalación de asientos, muebles, comedor																												
8.2 | Instalación de baños																												
9 | Pintura Casco/Superestructuras/interiores																												
9.1 | Sand/Blasting casco/superestructuras																												
9.2 | Plan de pintura																												
10 | Lanzamiento																												
10 | Construcción de estructura para lanzamiento																												
11 | Protocolos de Prueba																												

[Fuente: Elaboración propia]

ANEXO R- Valoración de Riesgos

Tabla. CLXXVI Escala para la evaluación de riesgo

CONSECUENCIA (C)	
10	Muerte y/o daños mayores a 6000 dólares
6	Lesiones incapacitantes permanentes y/o daños entre 2000 y 6000
4	Lesiones con incapacidades no permanentes y/o daños entre 600 y 2000 dólares
1	Lesiones con heridas leves, contusiones, golpes y/o pequeños daños económicos

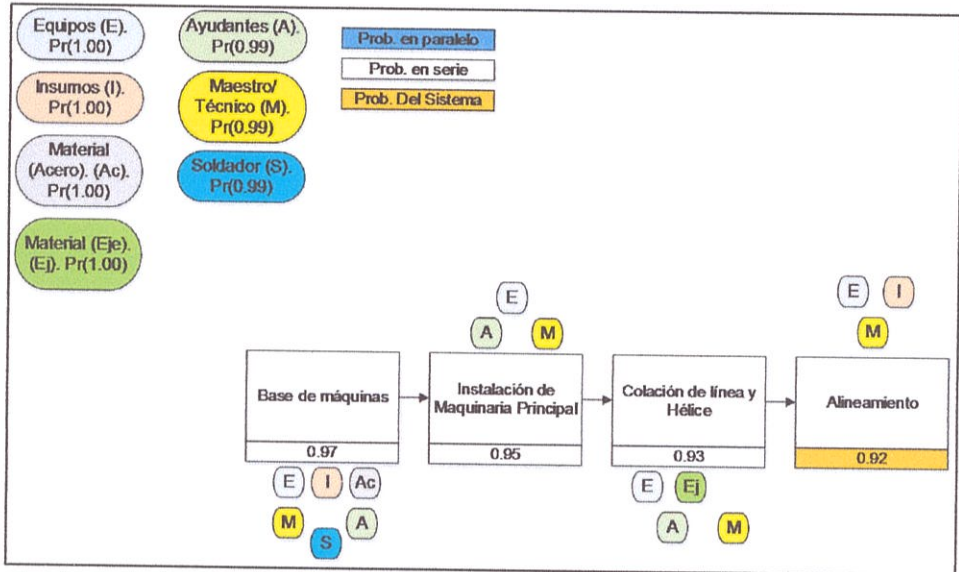
PROBABILIDAD OCURRENCIA (P)	
10	Es el resultado más probable y esperado si la situación de riesgo tiene lugar
7	Es completamente posible, nada extraño. Tiene una probabilidad de actualización del 50%
4	Sería una coincidencia rara. Tiene una probabilidad de actualización del 20%
1	Nunca ha sucedido en muchos años de exposición al riesgo pero es concebible. Probabilidad del 5%

EXPOSICION (E)	
10	La situación de riesgo ocurre continuamente o muchas veces al día
6	Frecuentemente una vez al día
2	Ocasionalmente o una vez por semana
1	Remotamente posible

[Fuente: Elaboración propia]

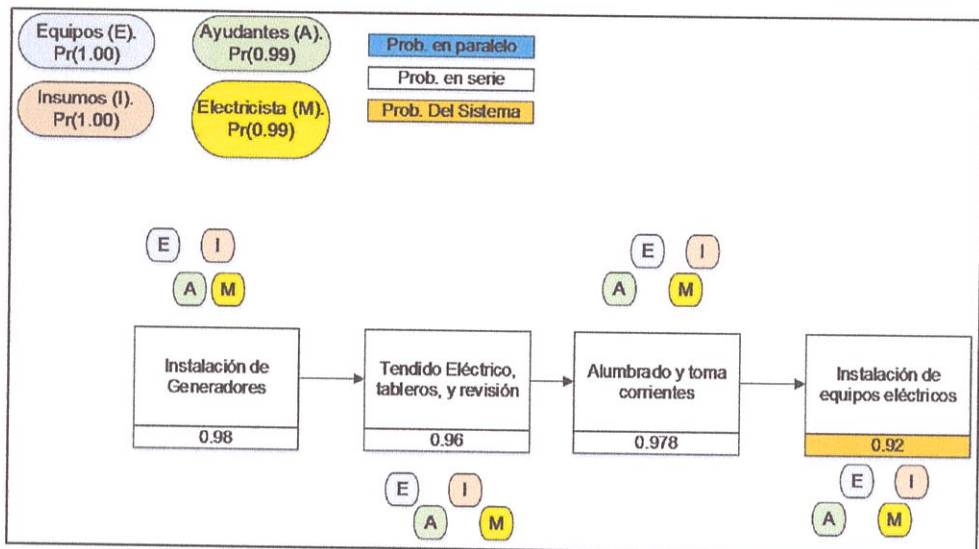
ANEXO S- Confiabilidad de los Sistemas

Figura No. 109 Grupo 200-Sistema de propulsión



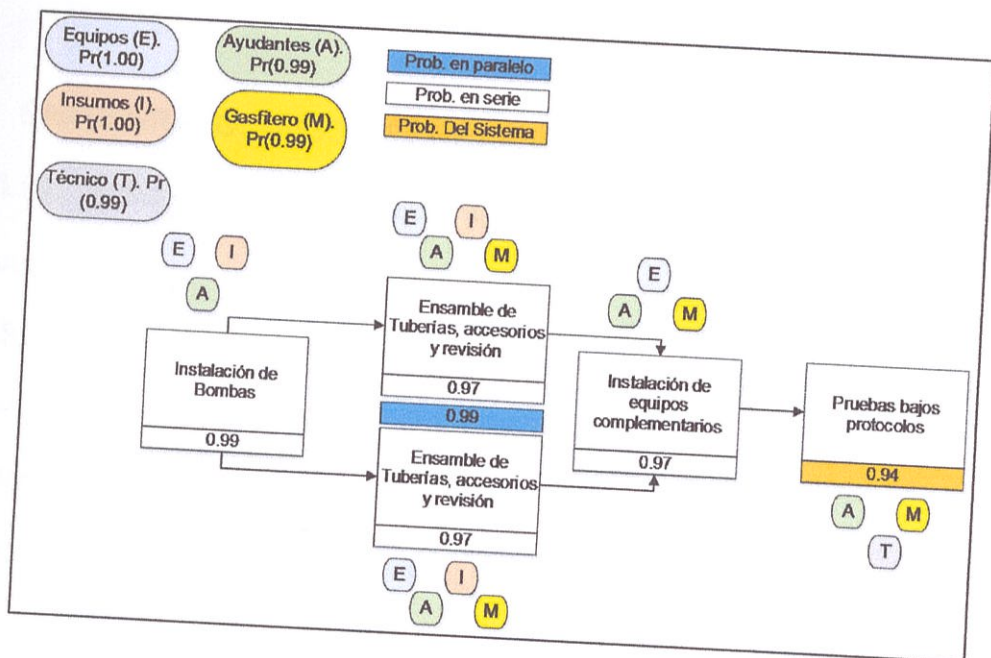
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 110 Grupo 300- Grupo Electrónico



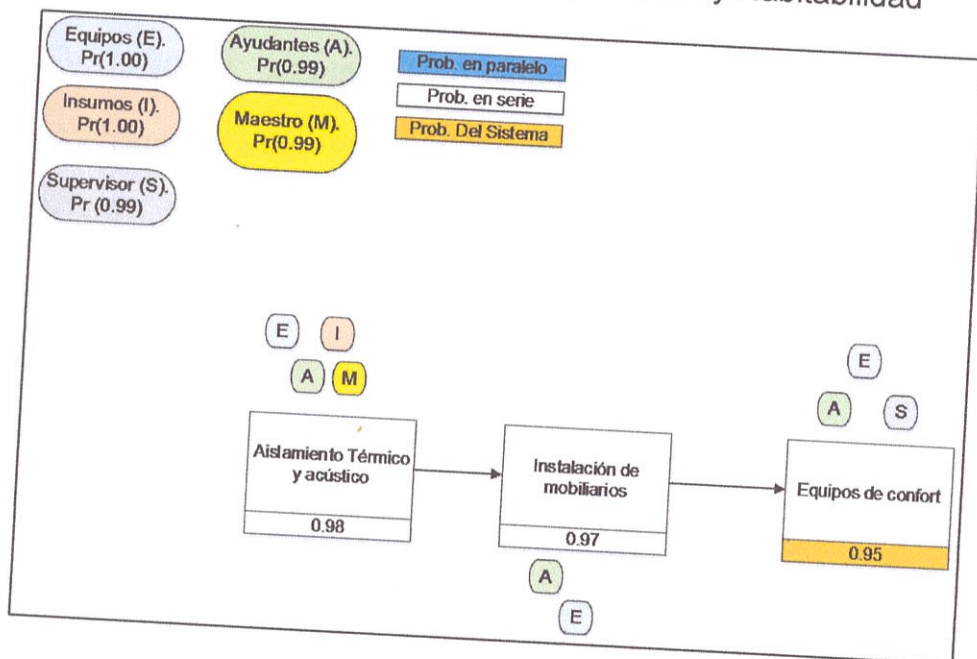
[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 111 Grupo 500- Sistemas Auxiliares



[Fuente: Elaboración propia]

Figura No. 112 Grupo 600- Equipamiento y Habitabilidad



[Fuente: Elaboración propia]

BIBLIOGRAFÍA

- [1] **SAAVEDRA G. JESSENIA, BAILÓN B. SUSSY, BUSTAMANTE G. JULIO**, Análisis del Transporte del Corredor Logístico Manta-Manaos, Ecuador
- [2] **SULLIVAN, S.**, Levantamiento de los afluentes del río Amazonas para la navegación de remolcadores y embarcaciones de menor calado
- [3] **IMO**, Safety of Life at Sea (SOLAS), 1974
- [4] **IMO**, Maritime Pollution (MARPOL). IMO, 1993
- [5] «Página oficial de la Compañía Fluvialba S.A., » [en línea]. Available: <http://www.fluviomar.com/esp/transporte-fluvial.asp>
- [6] «Página oficial de la Compañía Damen, » [en línea]. Available: <http://products.damen.com/en/ranges/pusher>
- [7] **ALVARIÑO, R., AZPIROZ, J., MEIZOSO, M.**, EL Proyecto Básico del Buque Mercante, Madrid, 2007
- [8] **VENTURA, M.**, Estimation Methods for Basic Ship Design, 2010
- [9] **LLOYD'S REGISTER**, Rule finder, Section5. Machinery Spaces Arrangements.
- [10] **TESIS HEKKENBERG R.**, Inland Ships for Efficient Transport Chains
- [11] **LA TORRE, R., LUTHRA, G., TANG, K.**, Improvement of Inland Waterway Vessel and Barge Tow Performance, 1982.

- [12] **FEORGAKAKI, A., SORENSON, S., REPORTO, N.**, Collected Data Resulting Methodology for Inland Shipping, Technical University of Denmark, 2004.
- [13] **MARÍN, J.**, Apuntes de clase de Maquinaria Marítima II, ESPOL, 2013.
- [14] **CIVIL WORKS INVESTIGACIÓN OF CINCINNATI**, Ohio, Resistence of Barges Tow, Agosto 1960
- [15] **CATERPILLAR**, C18 Acert Marine Propulsion 600 Bhp
- [16] **MARINE PROPULSION SYSTEMS**, Catálogo de Reductores ZF 1700
- [17] **ABS**, Steel vessels under 90 meters in length, Part. 4, Vessel systems and machinery, 2014
- [18] **IMO**, "Safety of life at Sea" (SOLAS). IMO, 1997.
- [19] **LLOYD'S REGISTER**, Special Service Craft Rules Software, July 2013
- [20] **ABS**, Steel Vessels, Specific Vessel Types, Ch. 5, Part 5c, 2013
- [21] **DNV**, Hull Structural Design, Ships with Length Less than 100 metres, Ch. 2, Part3, 2014.
- [22] **DOMÍNGUEZ, M.**, Calculo de Estructuras de Buques, Cap. 5, 1969
- [23] **ABS**, Steel Vessels under 90 meters, Ch. 2, Part 3, 2014
- [24] **DNV**, Hull Equipment and Safety, Pt.3 Sec. C, Julio 2013
- [25] **MARÍN, J.**, Notas Maquinaria Marítima II, ESPOL, 2012
- [26] «Página oficial de la Compañía Direct Industry, » [en línea]. Available: <http://www.bombasblackmer.com.mx/pdf/dp-do-serieC.pdf>
- [27] **CAMERON**, Hydraulic Data, Ingersoll-Rand, 16th Edition.

[28] **SOLAS**, Cap. II-2

[29] «Página oficial de la Compañía Direct Industry, » [en línea]. Available:
http://pdf.directindustry.es/pdf/bombas-ideal/bombas-horizontales-norma-din-24255-series-rn-rni-gni/40807-188321-_8.html

[30] **SOLAS**, Cap. II-1

[31] **ABS**, Steel Vessel Under 90 meter part 4, Chapter 4, Sec. 3, 2014

[32] **HARRINGTON, R.**, Marine Engineering, SNAME, 1971. __para velocidad de flujo

[33] «Página oficial de ESPOL » [en línea]. Available:
<http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4643/1/7164.pdf>

[34] «Página oficial de la Compañía Flint and Walling » [en línea]. Available:
<http://www.flintandwalling.com/ImageDisplay.aspx?ProductID=116&ImageName=72curve1>

[35] **ABS**, Steel Vessels under 90 m, Part 4, Chapter 7, 2014

[36] «Página oficial de la Compañía Philips » [en línea]. Available:
http://download.p4c.philips.com/l4b/9/927922183023_eu/927922183023_eu_pss_espes.pdf

[37] **RIPE**, Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes

[38] «Página oficial de la Compañía Caterpillar S.A. » [en línea]. Available:
<http://www.cat-electricpower.com>

[39] **BAQUERIZO, D.**, Electricidad Aplicada al Buque

- [40] **MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS**, subsecretaría de puertos y transporte marítimo y Fluvial
- [41] **ABS**, Crew Habitability on Workboats, Apendix 3, Acomodation Area, February 2012
- [42] **SOLAS**, Construction - Fire protection, fire detection and fire extinction, Chapter II, January 2009
- [43] **ABS**, Crew Habitability on Workboats, Section Noise, February 2012
- [44] Acoustic Manual - Marine & Offshore insulation, 2012
- [45] «Página oficial de la Compañía McMaster-Carr S.A. » [en línea]. Available: <http://www.mcmaster.com>
- [46] **MAÑANAS, M.**, La protección Jurídica de los hombre del mar frente a los riesgos derivador de la exposición de ruido, Cap II, Junio 1999
- [47] **US COAST GUARD**, Intact Stability Criteria, SubChapter S, Part 174, SubpartE.
- [48] **AUSTRALIAN TRANSPORT COUNCIL**, National Standard for Commercial Vessels, Design and Construction, Part C, Section 6, Stability, Subsection 6A, Intact Stability Requirements, 2006.
- [49] **HEKKENBERG, G.**, Inland Ships for Efficient Transport Chains, 2013.
- [50] **RODAS, F.**, Análisis Comparativo entre cascos de acero y aluminio en la construcción y operación de un Crew Boat.
- [51] **LATORRE, R.**, Improvement of Inland Waterway vessel and barge tow performance.

[52] S0300-A8-HBK-010, Stability Handbook, Stability and Construction Standars.

[53] **IMO**, Convenio Internacional sobre Arqueo de Buques, 1969.

[54] **SNAME**, Principles of Naval Architecture, Volumen II, Resistance, Propulsion and Vibration.

[55] **CHRISTOPOULOS, B., LATORRE, R.**, River Towboat Hull and Propulsion, Marine Technology, 1983.

[56] **LATORRE, R., ASHCROFT, F.**, Recent Developments in Barge Design, Towing, and Pushing, Marine Technology, 1981.

[57] **LATORRE, R., LUTHRA, G., TANG, K.**, Improvement Inland Waterway Vessel and Barge Tow Performance, 1982.

[58] **ABS**, Guide for Vessel Maneuverability, March 2006

[59] **CATERPILLAR**, Marine Analyst Service Hand Book.

[60] **U.S. ARMY ENGINEER DIVISION**, Resistance of Barge Tows, Model and Prototype Investigations, Civil Work Investigation, 1960.

[61] **COPINAVAL**, Efectos sobre la resistencia al avance de barcazas típicas existentes en la Amazonia Peruana utilizando métodos numéricos, 2013

[62] «Página oficial de la Compañía Caterpillar S.A. » [en línea]. Available: <http://www.marine.cat.com>

[63] **ABS**, Steel Vessels Under 90 meters, Part 4, Section 7, July 2013.

[64] **DURAMAX MARINE**, Johnson Cutless Sleeve and Flange Bearing Catalog.

- [65] **PAZ, M.**, Dinámica Estructural, Teoría y Cálculos, Universidad de Louisville, Editorial Reverté, España, 1992
- [66] **MARIN, J.**, Apuntes de clase de Vibraciones del Buque, ESPOL, FIMCBOR, 2013.
- [67] **IMO**, "Explanatory Notes to the Standards for Ship Maneuverability," MSC/Circ 1053, 16 December 2002.
- [68] **ABS**, Guide for Vessel Maneuverability, March 2006
- [69] **LLOYD'S REGISTER**, Rule finder, Ship Control Systems – Rudders, Enero 2013
- [70] **SINGER, F.**, Resistencia de Materiales, Introducción a la mecánica de sólidos, 4ta Edición.
- [71] **SAE**, Marine Propeller Shaft End Dimensions.
- [72] **BUREAU VERITAS**, Rule for the Classification of Inland Navigation Vessel, Part B, April 2009
- [73] **LLOYD'S REGISTER**, Hull Construction in Steel-Failure Modes Control-Vibration Control, Section 5 ,2013
- [74] **DON BUTLER**, Guide to Ship Repair Estimates, 2000
- [75] **SINGIRESU S. RAO**, Engineering Optimization Theory and Practice, 4th Edition, 2009
- [76] **GERMANISCHER LLOYD**, Rule for Classification and Construction, Section 6, Mayo 2009

- [77] **GERMANISCHER LLOYD**, Rule for Classification and Construction, Section 5, Mayo 2009
- [78] **JARA, W.**, Notas complementarias de Maquinaria Marítima I, ESPOL, 2007
- [79] **CATERPILLAR**, Marine Engine, Application & Installation Guide, LEKM2005.
- [80] «Página oficial de la Compañía Hartzell Fan, Inc., Marine Duty Fans and Blowers » [en línea]. Available: <http://www.hartzellfan.com>
- [81] **HARRINGTON, R.**, Marine Engineering, SNAME, 1971.
- [82] «Página oficial de la Compañía UniversalAet » [en línea]. Available: <http://www.universalaet.com>
- [83] **CAMERON**, Hydraulic Data, Ingersoll-Rand, 16th Edition
- [84] « Página oficial de la Compañía Global » [en línea]. Available: [http:// http://www.globalindustrial.com/](http://http://www.globalindustrial.com/)
- [85] Varadero Pesca Polaris, Empresa
- [86] **BENFORD, H.**, The Practical Application of Economics to Merchant Ship Desing, Netherlands, 1976
- [87] « Página oficial de El Banco Mundial » [en línea]. Available: <http://www.bancomundial.org>
- [88] « Página oficial de Corporación Financiera Nacional » [en línea]. Available: <http://www.cfn.fin.ec>

[89] **ROMERO, S.**, Confiabilidad de Sistemas Industriales, Maracaibo,
Diciembre, 2010