



Universidad Austral de Chile

Facultad Ciencias de la Ingeniería

Escuela de Ingeniería Naval

ANTEPROYECTO DE UNA EMBARCACIÓN DE TURISMO

Tesis para optar al grado de:
Ingeniero Naval.
Mención: Arquitectura Naval.
Mención: Transporte Marítimo.

Profesor Patrocinante:
Sr. Richard Luco Salman.
Ingeniero Naval.
Licenciado en Ingeniería Naval.
Doctor en Ingeniero Naval.

OSCAR EDUARDO ANDRÉS GARAY BARRIENTOS
VALDIVIA - CHILE
2010

Esta Tesis ha sido sometida para su aprobación a la Comisión de Tesis, como requisito para obtener el grado de Licenciado en Ciencias de la Ingeniería.

La Tesis aprobada, junto con la nota de examen correspondiente, le permite al alumno obtener el título de **Ingeniero Naval**, mención **Transporte Marítimo y Arquitectura Naval**.

EXAMEN DE TITULO:

Nota de Presentación	(Ponderada) (1)	:	4,118
Nota de Examen	(Ponderada) (2)	:	1,160
Nota Final de Titulación	(1 + 2)	:	5,28

COMISION EXAMINADORA:

ROGELIO MORENO M.
DECANO


FIRMA



R. LUCCO
EXAMINADOR


FIRMA

R. NAVARRO
EXAMINADOR

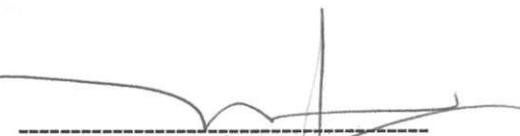

FIRMA

E. CARRASCO
EXAMINADOR

FIRMA

M. UEGA
SECRETARIO ACADEMICO




FIRMA

Valdivia, 14 - JUNIO - 2010

- Nota de Presentación = NC/NA * 0,6 + Nota de Tesis * 0,2
- Nota Final = Nota de Presentación + Nota Examen * 0,2
- NC = Sumatoria Notas de Currículo, sin Tesis
- NA = Número de asignaturas cursadas y aprobadas, incluida Práctica Profesional.

RESUMEN

El objetivo de la presente tesis es proyectar una embarcación multicasco menor, con fines de turismo para la zona de Valdivia, cuya eslora no supere los 24 m. y que opere en toda época del año.

La metodología utilizada corresponde a la del espiral del proyecto, en donde se aplicarán las diferentes disciplinas que se estudian a lo largo de la carrera de Ingeniería Naval, tales como: estabilidad, propulsión y estructura entre otros.

Además se ejecutarán algunos de los planos mínimos exigidos por la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante, como también una serie de cálculos para determinar el comportamiento de la embarcación en el mar.

ABSTRACT

The objective of this present thesis is the preliminary design of a steel multihull vessel destined to passengers transportation that would lend services in the Valdivia Zone, which length not exceed 24 meters and that operate all the year.

The design methodology used followed, corresponds with the project's spiral, where will apply the different discipline that were studied in the career of Naval Architecture such how: stability, propulsion and structure among others.

Furthermore will be develope some of the demanded planes by the General Direction of the Marine Territory and Merchant Marina, in addiction to, it will be carry out studies, to determine the forms, structure, equipment and stability for this kind of vessels.

INTRODUCCIÓN

Valdivia es una ciudad que ha comenzado a crecer vertiginosamente, más aún cuando ahora se constituye en una nueva región, hecho que conlleva al surgimiento de nuevas edificaciones y construcciones en general, lo que sin duda abrirá el mercado en muchas direcciones y así a un aumento vertiginoso de turistas, a los que sin duda alguna les atraerá el hecho de pasear por los ríos de esta ciudad.

El hecho de apreciar que embarcaciones de turismo ya se encuentren operando en los ríos inmediatos a la ciudad, lleva a tener que diseñar una embarcación adecuada que pueda cumplir una serie de requerimientos legales, además de poder brindar la mayor comodidad posible a los usuarios de este transporte.

Se ha formulado una encuesta con una serie de preguntas dirigidas a posibles usuarios de nuestra embarcación, y de ahí se han sugerido algunas propuestas que van dando forma al proyecto que se propone.

Este tipo de embarcación de pasajeros deberá cumplir con las normas respectivas de la Dirección General de Transporte Marítimo y Marina Mercante (DGTM Y MM), por ende, tendrá una reglamentación distinta y un tanto más estricta en cuanto a su seguridad, razón por lo cual, esta será la base para comenzar el proyecto.

El objetivo principal de esta tesis es realizar un anteproyecto donde se puedan mostrar las disciplinas que intervienen en la carrera de Ingeniería Naval, en su mención de Arquitectura Naval, y guiarla a una embarcación de turismo para la zona de Valdivia y sus alrededores.

ÍNDICE

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1.- Recopilación de antecedentes	1
1.2.- Perfil de misión	3
1.3.- Reglamentación	5

CAPITULO II

DISEÑO DEL ANTEPROYECTO

2.1.- Elección de formas del casco	9
2.2.- Selección tentativa de dimensiones	10
2.3.- Asignación de espacios	14
2.4.- Características hidrostáticas	15

CAPITULO III

ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL Y ANALISIS DE ESTABILIDAD

3.1.- Elección de reglamento	23
3.2.- Cálculo de escantillonado	23
3.3.- Estimación de pesos y centro de gravedad	25
3.4.- Análisis preliminar de estabilidad transversal y longitudinal	30
3.5.- Análisis de estabilidad	33

CAPITULO IV

CALCULO DE POTENCIA PROPULSORA Y EQUIPOS

4.1.-Cálculo de potencia propulsora	39
4.2.- Cálculo de la hélice	40
4.3.- Cálculo del timón	49
4.4.- Cálculo del sistema de achique y contra incendios	51
4.5.- Circuito de combustible	55
4.6.- Circuito de aguas dulces y servidas	55
4.7.- Sistema eléctrico	56

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TECNICAS Y COSTO DE LA EMBARCACION

5.1.- Especificaciones Técnicas.....	57
5.2.- Estimación costo de la embarcación	60
5.3.- Estimación costo de materiales	61
5.4.- Estimación costo de arenado	61
5.5.- Estimación costo de pintura	62
5.6.- Estimación costo de equipamientos	62
5.6.1.- Estimación de costo de equipos en general	62
5.6.2.- Estimación de costo de equipos y acomodaciones	63
5.6.3.- Estimación de costo de equipos de navegación	64
5.6.4.- Estimación de costo de instrumentos electrónicos	65
5.7.- Estimación de costo de construcción	66
5.8.- Cuadro de resumen de costos.....	67

CAPITULO VI

EVALUACION ECONOMICA DEL PROYECTO

6.1.- Aspectos financieros	68
6.1.1.- Fuentes de financiamiento	68
6.1.2.- Características del crédito	69
6.2.- Cuantificación de la demanda	69
6.2.1.- Cuantificación del flujo de turistas	69
6.3.- Estimación de ingresos.....	71
6.4.- Estimación de costos	72
6.4.1.- Inversión inicial	72
6.4.2.- Costos directos	73
6.4.3.- Gastos	74
6.5.- Resultados de la evaluación económica.....	76
6.6.- Comentario de los resultados	81

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXO 1

ANEXO 2

CAPITULO I

ASPECTOS GENERALES

1.1 - RECOPIACIÓN DE ANTECEDENTES:

Durante el proceso de recopilación de antecedentes se hizo una serie de averiguaciones en lugares relacionados con el turismo fluvial, dentro de la ciudad de Valdivia, como así mismo a las respectivas empresas y embarcaciones que se encuentran en la región dedicadas a este rubro, para así poder tener una idea mejor y más acabada en cuanto delimitar el proyecto en sí.

Debido a esto se formuló una pequeña encuesta en la cual se trataron de abordar las principales prioridades y defectos que se encontraron en las actuales embarcaciones de la zona y así poder llegar a satisfacer el nivel requerido de las personas que pudiesen llegar a ser usuario de una embarcación de turismo en la zona .

El lugar destinado para formular la encuesta fue el sector de la costanera en la ciudad de Valdivia, donde se completó el total de las 15 encuestas.

Esta encuesta consistió en 5 preguntas, que fue formulada a 15 personas cuyas respuestas arrojó el siguiente resultado, el cual se mostrara a través de porcentajes gráficos.

Las respuestas ante las preguntas formuladas entregaron los siguientes resultados:

¿Que tipo de embarcación prefiere entre un monocasco y un multicasco?

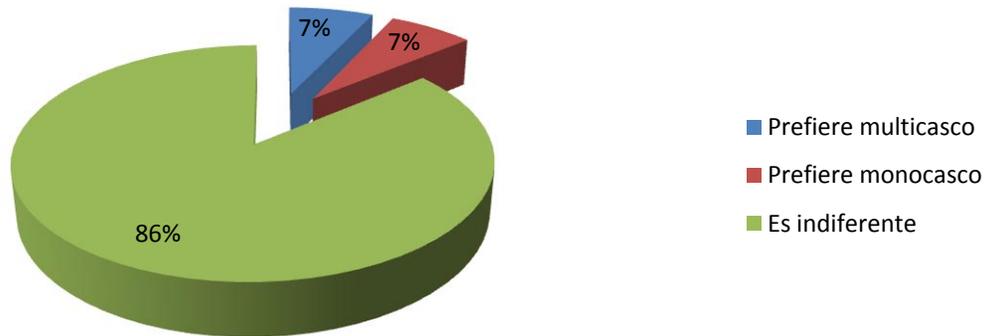


GRAFICO N° 1

¿Que opina del servicio de restaurant?

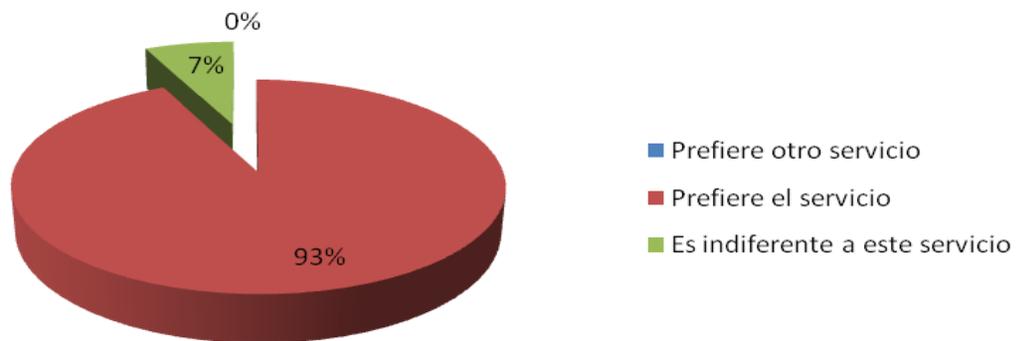


GRAFICO N°2

¿Que cantidad de tiempo esta dispuesto a emplear en el viaje?

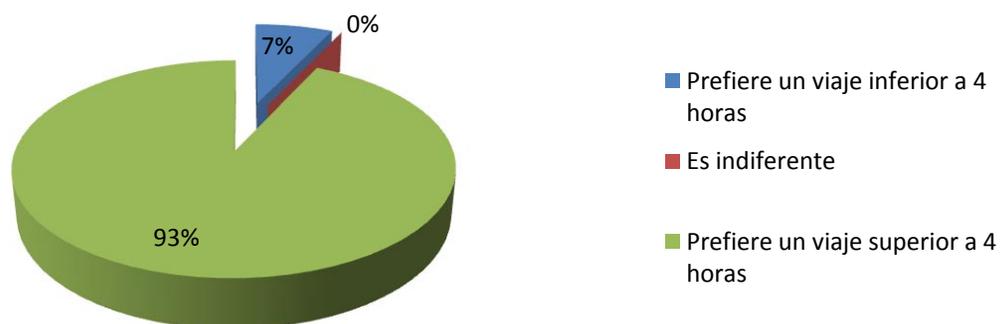


GRAFICO N°3

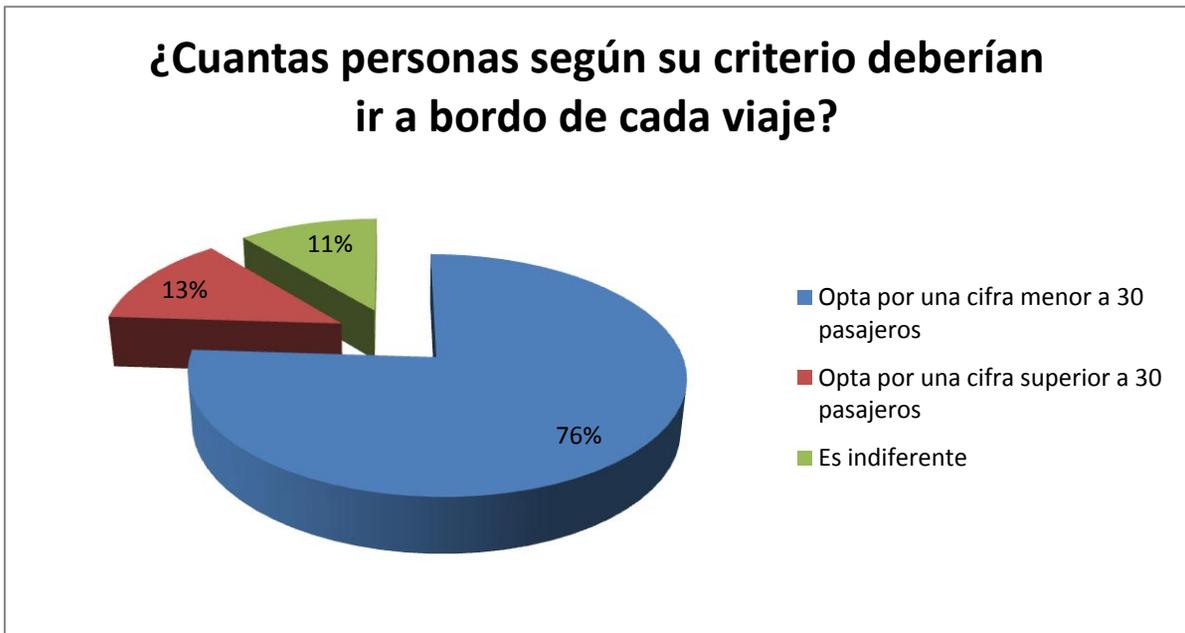


GRAFICO N° 4

1.2 PERFIL DE MISIÓN

1.2.1 - FUNCIÓN DE LA NAVE:

Esta embarcación será diseñada para el transporte de pasajeros a través de los ríos de Valdivia, pasando por los diferentes atractivos naturales de la zona, saliendo de Valdivia pasando por la bahía de Corral, Isla Mancera e Isla Guacamayo entre otros, y cuyo recorrido dista de aproximadamente 25 millas náuticas. También se pueden optar por rutas alternativas que estén dentro del circuito turístico.

1.2.2 - RADIO DE ACCIÓN:

La nave tendrá un radio de acción de aproximadamente 25 millas náuticas saliendo desde el muelle Schuster de Valdivia y navegando por los ríos y bahías de la zona.

Además se diseñaran rutas diferentes con el fin de brindar una mayor cantidad servicios para el cliente, en la figura N° 1 se muestra la red fluvial entorno a la ciudad de Valdivia hasta su estuario.



Figura Nº 1

Red fluvial entorno a la ciudad de Valdivia

fuelle: www.marquesdemancera.cl

1.2.3.-ZONA DE OPERACIÓN:

La embarcación tendrá variadas rutas de navegación a través de los ríos: Guacamayo, Cau-Cau, Calle-Calle, Valdivia, Cruces y Tornagaleones entre otros, a destinos como Isla Mancera, Corral y el Santuario de la naturaleza ubicado a las riberas del Río Cruces.

1.2.4 - CAPACIDAD DE PASAJEROS:

Esta embarcación será diseñada para el transporte de 50 pasajeros, cómodamente sentados.

1.2.5 - VELOCIDAD DE SERVICIO:

Esta embarcación navegara aproximadamente a una velocidad de servicio de 12 nudos.

1.2.6 - TRIPULACIÓN

La tripulación para este tipo de embarcación estará compuesta por un Patrón, un Motorista, un cocinero, un ayudante de cocina, un Barman y tres tripulantes de cubierta cuya principal misión es la atención de los pasajeros. La tripulación de la embarcación estará dotada por un total de 8 personas.

1.3 - REGLAMENTACIÓN

Para este anteproyecto se aplicarán los siguientes reglamentos mencionados:

- Decreto N° 146 “reglamento para la construcción, reparaciones y conservación de naves mercantes y comerciales.”
- Reglamentos de la Casa Clasificadora Germanischer Lloyd del año 2002
- Debe de cumplirse con todas las disposiciones de SOLAS 74, MARPOL 1973/78 y sus enmiendas vigentes a la fecha.
- Reglamento para el control de contaminación acuática MARPOL 1973/78.
- Criterios del código de estabilidad IMO.

- Reglamento internacional para prevenir los abordajes.
- Reglamento para el equipamiento de los cargos de cubierta de la nave y artefactos navales nacionales.
- Circular O-71/010 que establece normas sobre construcción, equipamiento, inspecciones y otras exigencias de seguridad que deben cumplir las naves y artefactos navales menores.

Entre las exigencias requeridas en el DECRETO SUPREMO N° 146 “Reglamento para la construcción, reparaciones y conservación de las naves mercantes y especiales.”

En él capítulo II, artículo 4 inciso C, se encuentra el listado de planos que deben ser entregados para su aprobación, estos son.

Para embarcaciones ente 10 y 24 m de eslora se requieren los siguientes planos:

- Arreglo general.
- Sección longitudinal.
- Cuaderna maestra y secciones.
- Curvas hidrostáticas y de estabilidad.
- Timón y mecha.
- Línea de eje.
- Circuitos de achique y de combustible.
- Mamparos estancos.
- Cubierta y acomodaciones.
- Instalación eléctrica.
- Plano de líneas.

Sin embargo por tratarse de un anteproyecto solo se considerarán los siguientes planos:

- Arreglo general.
- Sección longitudinal.
- Cuaderna maestra y secciones típicas.

- Plano de Líneas.
- Plano de Achique

Además, para evitar la polución en el mar, se considerará el “REGLAMENTO PARA EL CONTROL DE LA CONTAMINACIÓN ACUÁTICA” (D.O. N° 34419/1992), además de MARPOL 73/78, en su edición refundida 1991.

Para dar cumplimiento a este reglamento, la nave en estudio dispondrá de lo siguiente:

- Un estanque de retención de aguas negras y grises, para los baños y sentina.
- Un estanque de retención de aguas contaminadas por hidrocarburos (aguas grises) para las aguas de sentina de sala de máquinas.
- Cada estanque tendrá dos salidas una al mar y otra hacia cubierta con una conexión Universal a tierra que se definirá más adelante.

Extracto del “Reglamento para el control de la contaminación Acuática” Capítulo 5° párrafo tercero.

- **Artículo 92.** Se prohíbe efectuar descargas de aguas sucias a toda nave o artefacto naval en el mar salvo que:
 - Efectúe descargas a una distancia superior a 4 millas marinas de la tierra más próxima, si las aguas sucias han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas.
 - Efectúe la descarga a una distancia mayor a 12 millas marinas de la tierra más próxima, si las aguas sucias no han sido previamente desmenuzadas y desinfectadas.
- **Artículo 93.** Las aguas sucias que hayan estado almacenadas en los tanques de retención no se descargarán instantáneamente, sino a un régimen moderado hallándose la nave o artefacto naval navegando en ruta a velocidad no menor a cuatro nudos.

- **Artículo 94.** Se prohíbe efectuar descargas de aguas sucias en aguas interiores. Tales descargas deberán efectuarse en las instalaciones de recepción adecuadas para el efecto.
- **Artículo 97.** No constituirá infracción al presente capítulo la descarga de aguas sucias, cuando sea necesario para proteger la seguridad de la nave y su tripulación o para salvar vidas humanas en el mar.

CAPITULO II

DISEÑO DEL ANTEPROYECTO

2.1 - ELECCIÓN DE FORMA DEL CASCO

La definición de las formas en una embarcación es un aspecto de suma importancia, por sus múltiples implicaciones en diferentes aspectos del proyecto. Tradicionalmente, el tema principal que se ha estudiado en el proyecto de formas es el cumplimiento de la velocidad de proyecto y su capacidad de carga, para darle cumplimiento a esto, se debe encontrar un equilibrio entre los requerimientos del armador, las condiciones de navegación y la reglamentación existente para estas embarcaciones.

Los factores antes mencionados serán descritos más adelante en forma más detallada.

2.1.1 - requerimientos del armador

Este es uno de los puntos de mayor importancia dentro del proyecto mismo, debido a que no solo hay que cumplir con la reglamentación existente, sino que también hay que satisfacer las necesidades del armador como el caso de la habitabilidad, autonomía, velocidad, número de pasajeros y diseño entre otras cosas.

2.1.2 - Condiciones de Navegación

Este punto se refiere a la zona en donde la embarcación navegara, acorde a esto se tomara en consideración índice de oleaje, profundidad, corrientes marinas y viento entre otras cosas, por ende estos factores externos tendrán una incidencia directa en el diseño de la carena.

2.1.3 – Requerimientos de Construcción

Este punto se relaciona directamente con las formas del casco, debido a que se debe proyectar y diseñar de manera que su construcción se de la manera más simple posible y de fácil desarrollo evitando así posibles complicaciones en su etapa de construcción.

2.1.4 – Condiciones de Gobierno y Maniobrabilidad

Este punto es importante debido a que siempre se busca un buen diseño de timón, para así poder lograr una mejor capacidad de gobierno y evolutiva de la embarcación, lo que se reflejará en que la embarcación responda eficientemente a las exigencias operacionales

2.2 - SELECCIÓN TENTATIVA DE DIMENSIONES

Para empezar las condiciones básicas para que la embarcación sea construida es que sea de acero, y deberá alcanzar una velocidad aproximada de 12 kn (requerimientos del armador), además tendrá como eslora máxima, 24 metros, lo anterior por razones de carácter económico.

El paso siguiente es definir las dimensiones básicas de la nave, para esto se buscaron cuatro embarcaciones tipo catamarán, que cumplieran con el principal requerimiento del armador lo cual era no superar los 24 m de eslora. De estas embarcaciones se rescató información como Eslora, Manga, Puntal, Coeficiente de Block y separación entre cascos.

A continuación se describen las principales características de cada embarcación.

Catamarán de Revista Tecnológica

Descripción	
Eslora total (m)	23,94
Manga Total (m)	9
Puntal (m)	3,36
Manga de un casco (m)	2,58
Separación entre cascos (m)	3,84
Coef. Block	0,638

Tabla N°1 Fuente: www.workboat.com

De la tabla N°1 obtenemos las siguientes relaciones:

$$\frac{L}{B} = 2,66$$

$$\frac{L}{D} = 7,125$$

Catamarán Cau-Cau

Descripción	
Eslora total (m)	20,08
Manga Total (m)	9,5
Puntal (m)	2,4
Manga de un casco (m)	1,95
Separación entre cascos (m)	6,2
Coef. Block	-

Tabla N° 2 Fuente: <http://www.astillero-tecnico.com.ar/caucau.htm>

De la tabla N°2 obtenemos las siguientes relaciones:

$$\frac{L}{B} = 2,66$$

$$\frac{L}{D} = 7,125$$

Catamarán Seabus

Descripción	
Eslora total (m)	11,5
Manga Total (m)	4,8
Puntal (m)	1,20
Manga de un casco (m)	1
Separación entre crujías de los cascos (m)	3,8
Coef. Block	0,669

Tabla N°3 www.mytracking.com/site/Seabus

De la tabla N°1 obtenemos las siguientes relaciones:

$$\frac{L}{B} = 2,39$$

$$\frac{L}{D} = 9,58$$

Catamarán Aresa 160

Descripción	
Eslora total (m)	16,5
Manga Total (m)	6,4
Puntal (m)	2,27
Manga de un casco (m)	1,95
Separación entre crujías de los cascos (m)	6
Coef. Block	-

Tabla N°4 www.aresaboats.com

De la tabla N°4 obtenemos las siguientes relaciones:

$$\frac{L}{B} = 2,57$$

$$\frac{L}{D} = 7,26$$

El promedio de las relaciones de las cuatro embarcaciones anteriormente descritas en las tablas N° 1, 2, 3 y 4 es la siguiente:

$$\frac{L}{B} = 2,43$$

$$\frac{L}{D} = 8,28$$

Con estos promedios de relaciones se busca tener parámetros mas fidedignos de diseño para la embarcación en proyecto.

A continuación tomamos la embarcación de la tabla N° 3 (Seabus) como referencia para el diseño de los cascos, debido a que se ajustan a la característica de doble pantoque que se busca para la embarcación en proyecto, siendo además un diseño de probados resultados en canal de pruebas.

A partir de la referencia descrita en el párrafo anterior se comenzó a modelar el casco en proyecto, teniendo como única restricción una eslora (L) que no supere los 24 m. por esto y tomando en consideración el espacio limitado con que cuenta el muelle Schuster para el atraque

de embarcaciones, principalmente en verano, se decidió por una eslora de 21 m. que con el proceso de diseño, tanto de Proa como de Popa, quedo finalmente en 20,7 m.

Ahora reemplazando la eslora de 20,7 m dentro del promedio de las relaciones anteriores se tiene:

$$B = \frac{20,7(m)}{2,434} = 8,504, \text{ por lo que la manga a utilizar será de } 8,5(m).$$

$$D = \frac{20,7(m)}{8,07} = 2,56, \text{ pero el puntal se ajustará a } 2,50(m) \text{ debido a que esta es una medida más que suficiente para la altura de la sala de máquinas.}$$

El calado se determinará posteriormente una vez que se haya determinado los pesos de la embarcación.

Entonces las dimensiones principales obtenidas serán las siguientes:

$$L = 20,7 \text{ m.}$$

$$B = 8,5 \text{ m.}$$

$$D = 2,5 \text{ m.}$$

Además como se menciono anteriormente, la embarcación será construida con doble pantoque, para así facilitar su construcción y contara con dos motores uno en cada casco.

Ya habiendo definido algunos puntos importantes se proseguirá a la construcción del plano de formas de la embarcación.

Para facilitar esta labor utilizaremos el programa computacional Maxsurf, pudiendo así darle una mayor continuidad y alisado al casco, además este programa brinda la información faltante para la definición de la embarcación, con lo que la embarcación propuesta queda definida de la siguiente forma:

Eslora Total	LOA	20,7
Eslora en Flotación	L_{wl}	20,374
Manga	B	8,5
Calado de máxima carga	T	1,57
Puntal	D	2,5
Desplazamiento	Δ	52,9

Tabla N° 5 Dimensiones Principales

A continuación se muestra la forma de los cascos junto con su underwing.

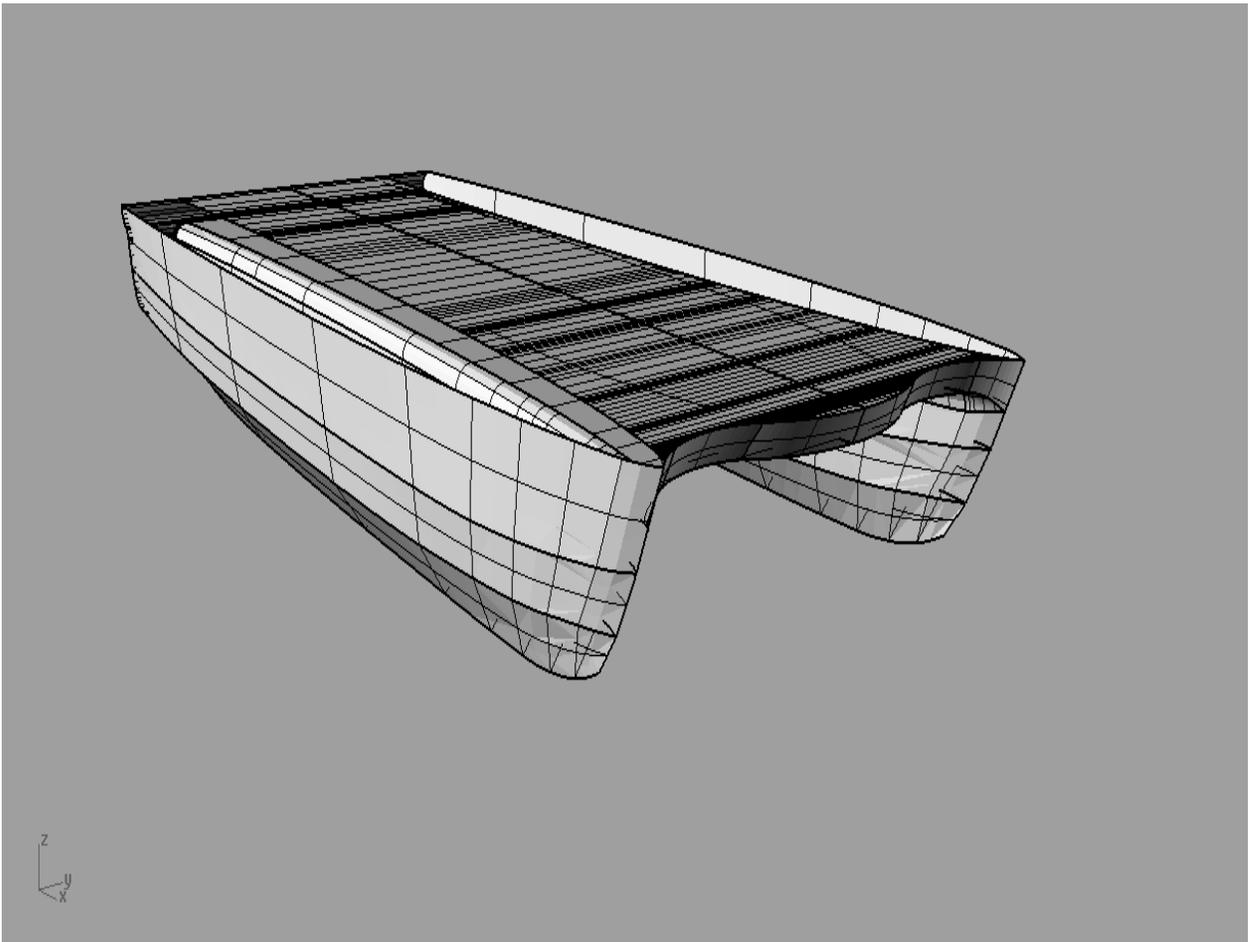


Figura N° 2 Forma de cascos y underwing

Fuente: Rhino V4.0

2.3 - ASIGNACIÓN DE ESPACIOS

Como ya se indicó la embarcación en estudio será destinada al transporte de pasajeros, por lo cual las acomodaciones serán pensadas en el confort de los 50 pasajeros que podrán viajar cómodamente sentados en un salón de la cubierta principal, además contará con 2 baños, cocina, bar y lugares exteriores de gran confort.

Sobre la cubierta se tendrá que dejar libre por todo el contorno un pasillo de mínimo 0.8 metros y con barandas al interior.

Además es importante poder generar una buena distribución a la sala de máquinas, para así poder realizar un mejor trabajo dentro de ella.

2.4 - CARACTERÍSTICAS HIDROSTÁTICAS

Una vez confeccionado el plano de líneas gracias a haber modelado el casco por medio de la herramienta computacional MAXSURF, se procederá a ocupar un modulo de MAXSURF llamado HIDROMAX, para poder obtener las curvas hidrostáticas y las curvas cruzadas de la embarcación y así poder evaluar de forma preliminar la estabilidad de la embarcación.

Sin embargo estos cálculos tienen el carácter de preliminar, ya que solo una vez construida la embarcación se puede obtener el centro de gravedad real mediante la prueba de inclinación.

En las páginas siguientes se presentan las tablas obtenidas mediante el software HIDROMAX.

Antes de entregar los datos obtenidos se explicaran los términos utilizados por los programas antes mencionados.

Draft (m):	Se refiere a los calados analizados.
Displacement tonne:	El peso desplazado en toneladas (Ton)
Draft at FP m:	Calado en la proa (m)
Draft at AP m:	Calado en la popa (m)
Draft at LCF m:	Calado en el LCF (m)
Trim m:	Trimado (m)
WL Length m:	Eslora en flotación (m)
WL Beam m:	Manga en flotación (m)
Wetted Area m ² :	Superficie mojada (m ²)
Waterplane Area m ² :	Área del plano de flotación (m ²)
Prismatic Coeff. :	Coficiente Prismático
Block Coeff. :	Coficiente de Block
Midship Area Coeff. :	Coficiente de Área de la Sección Maestra
Waterplane Area Coeff :	Coficiente de Área del Plano de Flotación
LCB to Amidsh. m:	LCB, respecto de la sección maestra (m)
LCF to Amidsh. m:	LCF, respecto de la sección maestra (m)
KB m:	Posición vertical del centro de boyantes, respecto de la quilla (m)
KG m:	Posición vertical del centro de gravedad, respecto de la quilla (m)
KMt m:	Altura metacéntrica transversal (m)
KML m:	Altura metacéntrica longitudinal (m)
TPc tonne/cm:	Toneladas por centímetro de inmersión (Ton /cm)
MTc tonne.m:	Momento de cambio de asiento (Ton. x m)

Tabla N° 6 Traducción de terminología

Curvas Hidrostáticas.

Los siguientes datos representan el comportamiento de la embarcación los cuales fueron calculados con el programa Hydromax, para diferentes calados entre 0,2 y 2.0 m y un desplazamiento máximo de 76.7 ton.

En ellas podemos encontrar datos de mucha importancia como el desplazamiento, eslora, manga, en flotación para distintos calados, como además, LCF, LCB, toneladas por centímetros de inmersión, etc.

A continuación se presentará la tabla y croquis de las curvas hidrostáticas.

HIDROSTÁTICAS-TESIS

Fixed Trim = 0 m

Specific Gravity = 1.025

	Calado en la Sección Maestra	Draft. Amidsh. 0,2m	Draft. Amidsh. 0,3m	Draft. Amidsh. 0,4m	Draft. Amidsh. 0,5m	Draft. Amidsh. 0,6m
1	Desplazamiento en Ton.	0,7136	1,773	3,368	5,528	8,289
2	Calado en la proa (m)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
3	Calado en la popa (m)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
4	Calado en el LCF (m)	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
5	Eslora en flotación (m)	14,429	15,559	16,276	16,8	17,386
6	Manga en flotación (m)	7,165	7,354	7,544	7,733	7,923
7	Wetted Area m ²	12,31	20,203	28,582	37,36	46,576
8	Area del plano de flotación (m ²)	7,836	12,877	18,247	23,9	29,995
9	Coeficiente Prismático	0,66	0,672	0,684	0,694	0,696
10	Coeficiente de Block.	0,327	0,333	0,338	0,343	0,345
11	Coeficiente de Area de la Sección Maestra	0,498	0,496	0,497	0,495	0,496
12	Coeficiente de Area del Plano de Flotación	0,736	0,743	0,752	0,761	0,768
13	LCB, respecto de la sección maestra (m)	1,917	1,573	1,329	1,139	0,974
14	LCF, respecto de la sección maestra (m)	1,544	1,198	0,953	0,755	0,538
15	KB m	0,139	0,208	0,276	0,345	0,414
16	KG m	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
17	BMt m	129,776	85,911	64,176	51,31	43,031
18	BML m	133,621	103,536	85,642	73,96	66,902
19	Gmt m	128,515	84,719	63,053	50,25	42,045
20	GML m	132,36	102,343	84,518	72,9	65,916
21	KMt m	129,915	86,119	64,453	51,65	43,445
22	KML m	133,76	103,743	85,918	74,3	67,316
23	Toneladas por centímetro de inmersión (Ton /cm)	0,08	0,132	0,187	0,245	0,308
24	Momento de cambio de asiento (Ton. x m)	0,047	0,09	0,14	0,199	0,27

Tabla N° 7 Hidrostáticas

	Draft . Amidsh. 0,5m	Draft. Amidsh. 0,6m	Draft. Amidsh. 0,7m	Draft. Amidsh. 0,8m	Draft. Amidsh. 0,9m	Draft. Amidsh. 1,0m	Draft. Amidsh. 1,1m	Draft. Amidsh. 1,2m	Draft. Amidsh. 1,3m
1	5,528	8,289	11,7	15,7	19,98	24,46	29,1	33,9	38,89
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	1,1	1,2	1,3
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	16,8	17,386	18,21	19,8	19,929	20	20,1	20,1	20,199
8	7,733	7,923	8,068	8,1	8,137	8,171	8,21	8,24	8,273
9	37,36	46,576	56,35	67,2	75,51	83,78	92,1	100	108,82
10	23,9	29,995	36,11	41,3	42,944	44,51	46,1	47,7	49,249
11	0,694	0,696	0,688	0,66	0,683	0,701	0,72	0,73	0,735
12	0,343	0,345	0,352	0,37	0,406	0,435	0,46	0,48	0,489
13	0,495	0,496	0,513	0,56	0,595	0,621	0,64	0,66	0,667
14	0,761	0,768	0,781	0,8	0,805	0,811	0,82	0,82	0,826
15	1,139	0,974	0,799	0,55	0,309	0,151	0,04	-0	-0,093
16	0,755	0,538	0,161	-0,6	-0,561	-0,54	-0,5	-0,5	-0,48
17	0,345	0,414	0,483	0,55	0,616	0,677	0,74	0,8	0,853
18	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
19	51,31	43,031	36,79	31,4	25,63	21,71	18,9	16,8	15,139
20	73,96	66,902	63,98	68,3	56,768	48,75	43	38,7	35,313
21	50,25	42,045	35,88	30,6	24,846	20,99	18,2	16,2	14,592
22	72,9	65,916	63,07	67,5	55,984	48,03	42,4	38,1	34,767
23	51,65	43,445	37,28	32	26,246	22,39	19,6	17,6	15,992
24	74,3	67,316	64,47	68,9	57,384	49,43	43,8	39,5	36,167
25	0,245	0,308	0,37	0,42	0,44	0,456	0,47	0,49	0,505
26	0,199	0,27	0,364	0,52	0,552	0,58	0,61	0,64	0,667
27	4,848	6,082	7,323	8,36	8,664	8,961	9,27	9,58	9,904
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continuación tabla Nº 7

	Draft. Amidsh . 1,4m	Draft. Amidsh. 1,5m	Draft. Amidsh. 1,6m	Draft. Amidsh. 1,7m	Draft. Amidsh. 1,8m	Draft. Amidsh. 1,9m	Draft. Amidsh. 2,0m
1	44	49,22	54,5	59,94	65,4	71,04	76,7
2	0	0	0	0	0	0	0
3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
4	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
5	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
6	0	0	0	0	0	0	0
7	20,266	20,33	20,4	20,45	20,5	20,56	20,6
8	8,294	8,315	8,34	8,356	8,38	8,397	8,42
9	117,18	125,5	134	142,3	151	159,3	168
10	50,395	51,36	52,3	53,22	54,2	55,09	56
11	0,743	0,749	0,76	0,76	0,76	0,767	0,77
12	0,505	0,518	0,53	0,539	0,55	0,554	0,56
13	0,682	0,694	0,71	0,713	0,72	0,725	0,73
14	0,83	0,832	0,83	0,835	0,84	0,837	0,84
15	-0,138	-0,17	-0,2	-0,23	-0,3	-0,27	-0,3
16	-0,482	-0,48	-0,5	-0,49	-0,5	-0,5	-0,5
17	0,911	0,968	1,03	1,081	1,14	1,194	1,25
18	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4
19	13,697	12,48	11,5	10,63	9,91	9,292	8,75
20	32,374	29,8	27,6	25,76	24,2	22,84	21,7
21	13,208	12,05	11,1	10,31	9,65	9,086	8,6
22	31,885	29,37	27,2	25,44	23,9	22,63	21,5
23	14,608	13,45	12,5	11,71	11	10,49	10
24	33,285	30,77	28,6	26,84	25,3	24,03	22,9
25	0,517	0,527	0,54	0,546	0,56	0,565	0,57
26	0,692	0,713	0,73	0,752	0,77	0,793	0,81
27	10,142	10,35	10,6	10,79	11	11,27	11,5
28	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0

Continuación tabla Nº 7

CURVAS HIDROSTÁTICAS

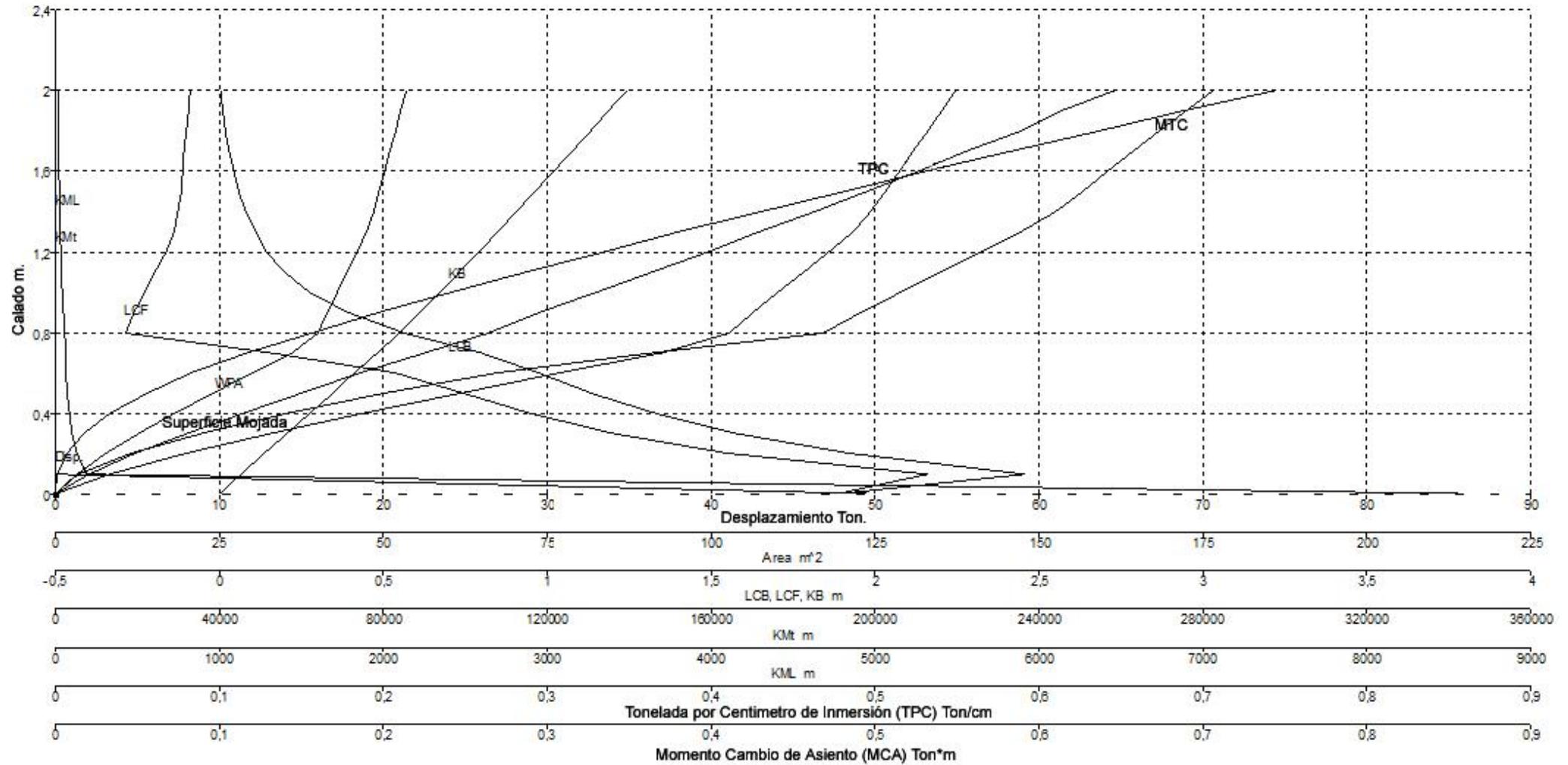


Figura N° 3 Curvas hidrostáticas

Fuente: Hidromax

2.4.1 – Curvas cruzadas

Estas curvas indican el brazo adrizante de la embarcación, para distintos desplazamientos, en distintos ángulos de escora.

Debido a que no se conoce con exactitud la posición del centro de gravedad, se hace una suposición del centro de gravedad en el punto más bajo de las formas del casco, es decir, en la quilla de la embarcación, punto que se denominara con la letra K, por lo tanto el supuesto brazo adrizante será KN, y así se generará el plano de curvas cruzadas, para cualquier condición de carga. Luego una vez conocido el centro de gravedad de la nave, mediante un cálculo analítico de geometría se puede deducir la siguiente expresión.

$$GZ = KN - KG \text{ sen } \theta$$

Donde GZ es el brazo adrizante corregido.

A continuación se presentará el gráfico y curvas cruzadas para KG=0

Cálculo de KN – Curvas Cruzadas

Sin Trimado

Peso específico del agua = 1,025 (Ton/m³)

Desplazamiento en Ton.	KN 0,0 Grados	KN 10,0 Grados	KN 20,0 Grados	KN 30,0 Grados	KN 40,0 Grados	KN 50,0 Grados	KN 60,0 Grados
1	0	3,407	3,322	3,155	2,945	2,702	2,445
6,444	0	3,483	3,464	3,342	3,128	2,842	2,518
11,89	0	3,499	3,502	3,406	3,215	2,946	2,632
17,33	0	3,505	3,535	3,453	3,281	3,031	2,734
22,78	0	3,379	3,568	3,501	3,34	3,105	2,815
28,22	0	3,159	3,602	3,55	3,402	3,175	2,871
33,67	0	2,92	3,635	3,598	3,464	3,234	2,909
39,11	0	2,692	3,669	3,647	3,518	3,279	2,941
44,56	0	2,485	3,702	3,687	3,555	3,313	2,972
50	0	2,301	3,72	3,706	3,578	3,341	3,002

Tabla N° 8 cálculo de KN

CURVAS CRUZADAS DE ESTABILIDAD

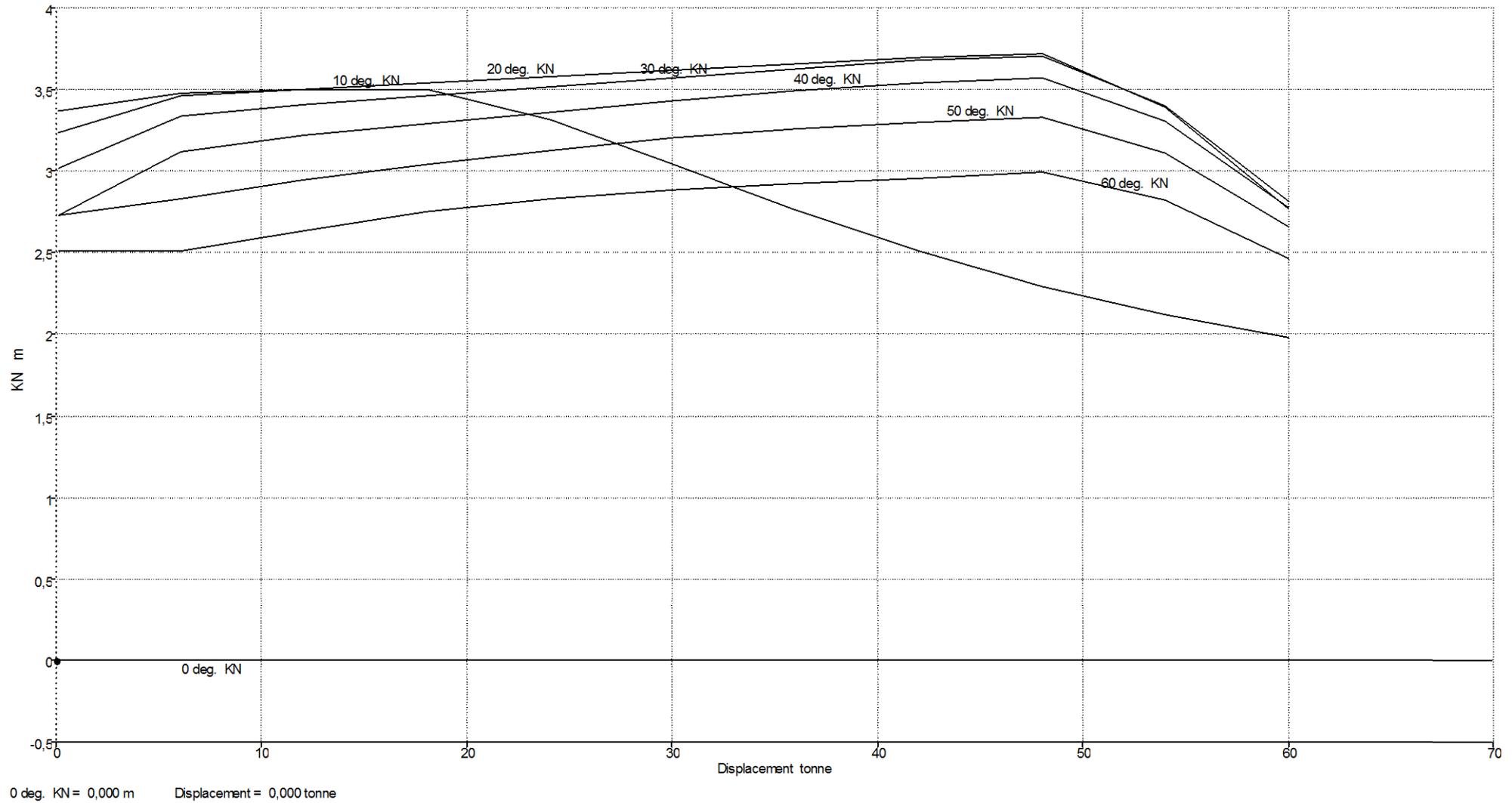


Figura Nº 4 Curvas cruzadas de estabilidad

Fuente: Hidromax

CAPITULO III

ANTEPROYECTO ESTRUCTURAL Y ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

3.1.- ELECCIÓN DE REGLAMENTO

Los requerimientos del presente cálculo estructural son aplicables para embarcaciones multicasco en acero, como es el caso de este catamarán para el transporte de pasajeros cuyos elementos estructurales son de acero naval.

Todos los cálculos de este escantillonado se basan en el reglamento de Germanischer Lloyd del año 2002.

3.2.- CALCULO DE ESCANTILLONADO DE LA EMBARCACIÓN

Las dimensiones principales de la nave proyectada son las siguientes:

LOA	=	20,7 m
Lwl	=	20,18 m
B	=	8,5 m
D	=	2,5 m

El material a emplear en todas las piezas de la embarcación será acero naval ASTM A 131 GRADO A, que es un acero de bajo porcentaje de carbono hipo-eutectoide utilizado en la industria naval.

En la siguiente tabla se muestran las especificaciones de este acero.

Grado	Esfuerzo de fluencia mínima	Esfuerzo especificado de ruptura en tensión	Porcentaje de alargamiento mínimo en:
	Kg/cm ²	Kg/cm ²	2" y 8"
A, B, D, Estructural	2390	4078/4992	24% y 21%

Tabla Nº 9 Especificaciones Acero Naval

A continuación se muestra una tabla de resumen con todos los elementos estructurales y planchas de la embarcación.

Denominación	Medidas en mm.
Quilla	PL 200 x 12
Planchaje de fondo	PI 8
Planchaje de costado	PI 6
Planchaje de cubierta principal	PI 5
Planchaje de cubierta superior	PI 5
Planchaje Superestructura	PI 4
Planchaje en estanques	PI 6
Varenga	PI 6
Vagra	8
Longitudinal de fondo	PI 100 x 6
Longitudinal de costado	PI 100 x 6
Longitudinal de cubierta	PI 100 x 6
Longitudinal de cubierta superior	PI 100 x 6
Refuerzo transversal fondo	218 x 5 + 75 x 6
Refuerzo transversal costado	218 x 5 + 75 x 6
Refuerzo transversal cubierta	218 x 5 + 75 x 6
Refuerzo longitudinal en estanques	PI 100 x 6
Longitudinal puente de unión	PI 100 x 6
Refuerzo cubierta superior	218 x 5 + 75 x 6
Mamparos estancos	PI 6
Mamparos estanques	PI 6
Planchaje estanques	6

Tabla N° 10 Resumen de Escantillonado

3.3 - ESTIMACIÓN DE PESOS Y CENTRO DE GRAVEDAD

Este cálculo se realiza para determinar de una forma más precisa el desplazamiento final que tendrá la nave, cabe mencionar que este cálculo solo será una estimación más detallada, pero preliminar debido a que la única forma de determinar el desplazamiento y centro de gravedad final de la embarcación, es por medio de la prueba de inclinación, que se realiza una vez terminada la construcción de la embarcación.

Para determinar el desplazamiento final de esta y de cualquier otra embarcación, es necesario saber lo siguiente:

El desplazamiento se divide en dos componentes:

- Desplazamiento liviano D_L (Lightweight)
- Peso muerto D_W (Deadweight)

A modo de aclarar el significado de estas componentes, a continuación se definirán ambas:

Desplazamiento Liviano

Este representa el peso de la embarcación con todos sus elementos y accesorios, pero sin tripulación, víveres, pasajeros, carga, combustibles ni lubricante. Y este a su vez se puede subdividir en forma general del siguiente modo:

- Peso de la estructura
- Peso de la sala de maquinas
- Peso de acomodaciones

Peso Muerto

Este representa el peso de todos los elementos que pueda llevar el buque en su máxima carga, es la diferencia entre el desplazamiento total y el desplazamiento liviano, por lo tanto, el desplazamiento será igual a:

$\Delta = D_L + D_W$, donde:

D_L = Desplazamiento Liviano

D_W = Desplazamiento Muerto

3.3.1 – Cálculo del Desplazamiento Liviano

Como se señaló anteriormente el desplazamiento liviano está compuesto en forma general por el peso de la estructura, el peso de la sala de máquinas y el peso de las acomodaciones entre otras cosas.

Para obtener el peso de la estructura se recurrió al cálculo del escantillonado en el capítulo 3.2, otros pesos se obtuvieron por medio de catálogos, sin embargo, hubo la necesidad de estimar algunos pesos debido a que no se contaba con la información necesaria.

Las referencias que se utilizaron para determinar el centro de gravedad son las siguientes:

LINEA BASE: Para las coordenadas verticales (V.C.G) positivo sobre la línea base.

ESPEJO: Para las coordenadas longitudinales, (L.C.G.) positivo a proa.

CRUJÍA: Para las coordenadas transversales, (T.C.G.), positivo a estribor.

a) Cálculo del peso de la estructura

El peso de toda la estructura de la embarcación es de acero y dentro de este cálculo se ha considerado la cubierta principal, segunda cubierta, techo segunda cubierta, cuaderna, baos mamparos, cascos y superestructura. El peso se estima en aproximadamente 41,35Ton.

b) Cálculo del peso de la sala de máquinas

El peso de la sala de máquinas se estimará considerando el peso de los motores, generadores además de un porcentaje de tuberías y otros sistemas, como se muestra en el siguiente cuadro.

DENOMINACIÓN	Peso Unitario (Ton)	Cantidad	peso total (ton)
MOTORES	0,5	2	1
GENERADORES	0,38	2	0,76
TUBERÍAS	0,3	2	0,6
OTROS SISTEMAS	0,55	2	1,1
TOTAL			3,46

Tabla Nº 11 Resumen de pesos en sala de máquinas

c) Cálculo del peso de las acomodaciones

El peso de las acomodaciones donde se considero cielos falsos, paneles y mobiliarios entre otras cosas, tanto de la primera como de la segunda cubierta, se estimo en aproximadamente 2,3 Toneladas.

Estimación del desplazamiento liviano

Desplazamiento Liviano = 41,665 ton + 3,46 ton + 2,3 ton

Desplazamiento liviano = 47,425 ton.

3.3.2 – Determinación de capacidades y volúmenes de estanques

a) Capacidad de agua potable:

Debido a que la embarcación no tendrá una gran autonomía por lo reducido del viaje, esta no dispondrá de una planta de osmosis inversa, que haría encarecer considerablemente el proyecto, por lo cual se dispondrá de dos estanque de agua potable cuya capacidad dependerá del número de pasajeros y tripulantes, autonomía o número de horas de navegación.

Como ya se mencionó anteriormente que la embarcación tendrá una autonomía de 25 millas náuticas con aproximadamente 5 horas de navegación por trayecto. Además se recomienda un consumo diario de 5 Litros de agua potable por persona, lo cual incluye aseo personal, cocina, baño etc.

La cantidad de personas abordo tanto tripulantes como pasajeros es de un total de 58 personas.

$$\text{Capacidad de agua potable} = 57 \text{ personas} \times 0,005 \frac{\text{Ton}}{\text{Pers.}}$$

Capacidad de agua potable = 0,29 Ton.

Considerando el agua potable para solo el viaje de ida y retorno.

b) Capacidad de provisiones

La embarcación ofrecerá un pequeño refrigerio en cada viaje, además contará con un menú de comidas a pedido de los pasajeros, por lo cual, la embarcación llevará víveres a bordo, pero solo de forma limitada.

Por lo tanto, se considerará un promedio de consumo de 0,001 ton de víveres por persona a bordo.

$$\text{Capacidad de Provisiones} = 58 \text{ personas} \times 0,001 \frac{\text{Ton}}{\text{Pers.}}$$

$$\text{Capacidad de Provisiones} = 0,058 \text{ Ton}$$

c) Pasajeros y Tripulación

Se ha determinado un peso de 0,075 ton por persona, esto es fue extraído del reglamento de criterio de estabilidad sin averías, y aplicable a buques de pasaje y a buques de carga. En nuestro caso es por viaje.

$$\text{Peso pasajeros y tripulación} = 58 \text{ personas} \times 0,075 \frac{\text{Ton}}{\text{Pers.}}$$

$$\text{Peso Pasajeros y tripulación} = 4,35 \text{ Ton.}$$

d) Capacidad de Combustible

El consumo de combustible depende principalmente del consumo de los motores, además de la autonomía y radio de acción de la embarcación. Para efectos de este cálculo se considerará una autonomía de 150 millas náuticas, a pesar de que su radio de acción es de 25 millas náuticas.

$$\text{Peso combustible} = \text{Consumo específico} \times \text{BHP} \times \frac{M.N.}{\text{Velocidad}}$$

$$\text{Peso combustible} = 0,180 \frac{\text{kg}}{\text{HPxHr}} \times (2 \times 245) \text{ HP} \times \frac{150 \text{ millas}}{12 \text{ Kn}}$$

Peso combustible = 1,1025 Ton

En el siguiente capítulo se determinara el motor principal junto a sus características principales.

e) Determinación de Aguas Negras, Grises y de Sentina

- Aguas negras:

Según disposiciones de MARPOL 73/78, acogidas y respetadas por la legislación vigente, se tiene la siguiente expresión para determinar el volumen del estanque de retención de aguas negras.

$$\text{Vaguas negras} = C \times D \times T$$

Donde:

C = consumo de agua por persona a bordo, se considerará 5 lts. diarios por persona.

D = período máximo de días de navegación sin recalar a puerto.

T = número máximo de tripulantes y pasajeros que puede transportar el buque.

$$\text{Vaguas negras} = 5 \text{ lt.} \times 1 \text{ días} \times 58 \text{ personas}$$

$$\text{Vaguas negras} = 0,29 \text{ Ton.}$$

- Aguas Grises

Se dispondrá de un estanque de 0,3 Ton. En el casco de Babor de la embarcación.

- Aguas de Sentina

MARPOL 73/78 recomienda alternativas que pueden ayudar a los ingenieros a solucionar el problema de aguas contaminadas con hidrocarburos a bordo de manera de evitar las descargas al mar.

La solución pasa por la instalación de un equipo separador de aguas e hidrocarburos de 100 ppm o de un equipo filtrador de 15 ppm, ambas alternativas consideran un estanque de acumulación de residuos.

En el caso en estudio sólo se dispondrá de un estanque de acumulación de aguas de sentina, ya que instalar un separador de aguas, solo encarecería en proyecto. Estas aguas serán descargadas en puerto para ser tratadas y eliminadas.

La capacidad del estanque de aguas de sentina será de 0,425 Ton. dispuestos en ambos cascos.

f) Lubricantes

La cantidad de lubricante puede estimarse en aproximadamente 1 a 1,5% del peso del combustible.

Por lo tanto se dispondrá dos estanques de 0,0412 Ton, uno a cada banda.

Peso Lubricantes = 0,0824 Ton

3.4 - ANÁLISIS PRELIMINAR DE ESTABILIDAD TRANSVERSAL Y LONGITUDINAL

La Autoridad Marítima recomienda ciertos criterios de estabilidad para buques de pasaje, en este caso, se tomara como base el reglamento “Criterios de estabilidad sin avería aplicable a buques de pasaje y a los buques de carga”, sin embargo, en naves de formas inusuales, si bien los criterios de estabilidad han resultado ser un buen criterio en el tiempo, su aplicación a naves de tipo inusual no es recomendable, dado que los parámetros de forma de éstas vuelven impracticable su aplicación de manera parcial o completa, impidiendo evaluar lo que realmente se requiere para ellas y así otorgar niveles de estabilidad suficientes y reales, estas condiciones se deben principalmente a factores tales como:

- Perfil de Misión.
- Zona geográfica de navegación.
- Factores económicos.
- Tamaños (limites de arqueo).
- Factores relativos a la facilidad constructiva.

La espiral de proyecto concluye en naves que tratan de reunir los máximos parámetros mencionados a satisfacer, así poder encontrar naves con relaciones manga/puntal muy grandes, y naves multicasco como en el caso de la embarcación en estudio.

A continuación describiremos los criterios generales recomendados por la autoridad marítima.

3.4.1 - Criterios generales recomendados

Según TM-063 los criterios recomendados para los buques de pasaje son los siguientes:

- 1.- El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) no será inferior a 0,055 m.rad hasta un ángulo de escora $\theta = 30^\circ$ ni inferior a 0,09 m.rad hasta un ángulo de escora $\theta = 40^\circ$ o hasta el ángulo de inundación si éste es inferior a 40° . Además, el área bajo la curva de brazos adrizantes (curva de brazos GZ) entre los ángulos de escora de 30° y 40° o de 30° y el ángulo de inundación, si este ángulo es inferior a 40° , no será inferior a 0,03 m.rad.
- 2.- El brazo adrizante GZ será como mínimo de 0,20 m a un ángulo de escora igual o superior a 30° .
- 3.- El brazo adrizante máximo corresponderá a un ángulo de escora preferiblemente superior a 30° pero no inferior a 25° , sin embargo, este criterio puede ser reemplazado por un criterio alternativo, el cual es extraído de los dispuestos para naves de suministro mar adentro. Por consiguiente, este criterio alternativo dice lo siguiente: El brazo adrizante máximo (GZ) se dará a un ángulo de escora no inferior a 15° .
- 4.- La altura metacéntrica inicial GM_0 no será inferior a 0,15 m.

A continuación se darán a conocer las cuatro condiciones de carga que son analizadas en el cálculo de estabilidad.

- Condición de Carga 1 con la embarcación en plena carga, con el 100% de provisiones y 100% de combustible.
- Condición de Carga 2 con la embarcación en condición de llegada a plena carga, pero con el 10% de provisiones y el 10% de combustible.
- Condición de Carga 3 con la embarcación sin carga pero con el 100% de provisiones y el 100% de combustibles.
- Condición de Carga 4 con la embarcación sin carga y con el 10% de provisiones y el 10% de combustible

Sin embargo, como nuestra embarcación solo transportara pasajeros y no carga complementaria, se analizaran solo las dos primeras condiciones que corresponden a las siguientes:

- Condición de Carga 1 con la embarcación en plena carga, con el 100% de provisiones y 100% de combustible.
- Condición de Carga 2 con la embarcación en condición de llegada a plena carga, pero con el 10% de provisiones y el 10% de combustible.

Para el cálculo antes mencionado se estimaran los centros de gravedad a través del plano de arreglo general, de donde podemos deducir lo siguiente:

- El centro de gravedad para las personas de pie se estimara en 1 metro por encima del nivel de la cubierta en que ellos se encuentren.
- El centro de gravedad para aquellas personas que se encuentren sentadas será de 0,7 metros por encima de la cubierta en que ellos se encuentren.

Para realizar este análisis se utilizara el software computacional HIDROMAX el cual es de gran utilidad para esta etapa del anteproyecto, debido a que entrega los datos de estabilidad y las curvas de los brazos adrizantes para cada una de las condiciones de carga una vez introducido el ítem de resumen de pesos.

A continuación se entregará el resumen de pesos para cada una de las condiciones antes mencionada junto con su centro de gravedad, y además su representación gráfica de brazos adrizantes según la condición estudiada.

3.5 - ANÁLISIS DE ESTABILIDAD

Este resumen de pesos equivale a la condición número 1 de la embarcación en el cual esta se encuentra en plena carga con el 100% de provisiones y el 100% de combustible.

La condición calculada es para una embarcación sin trimado.

Item	Cantidad	Peso Ton.	Brazo Long. m.	Brazo Vertical m.	Brazo Transv. m.	FS Mom Ton.m
Desplazamiento Liviano	1	47,11	9,4	2,4	0	0
Pasajeros y tripulantes	57	0,075	11,4	3,22	0	0
Provisiones	1	0,055	5,035	2,054	0	0
Combustible Eb	100%	0,551	11,299	0,57	3,375	0
Combustible Bb	100%	0,551	11,299	0,57	-3,375	0
Lubricante Eb	100%	0,0412	2,05	2,075	3,075	0
Lubricante Bb	100%	0,0412	2,05	2,075	-3,075	0
Agua dulce Eb	100%	0,4459	13,997	0,656	3,373	0
Agua dulce Bb	100%	0,4459	13,997	0,656	-3,373	0
Tk aguas sentinas Eb	0%	0	15,5	0,675	3,35	0
Tk aguas sentinas Bb	0%	0	15,5	0,675	-3,35	0
Aguas negras Eb	0%	0	12,599	0,613	3,371	0
Aguas grises Bb	0%	0	12,599	0,613	-3,371	0
Peso Total=		53,51	LCG=9,637	VCG=2,415	TCG=0,000	
				FS corr.=0		
				VCG fluido=2,415		

Tabla Nº 12 Definición de Pesos

A continuación se muestra una tabla con el resumen de datos para la embarcación en la condición número 1 con el 100% de provisiones y el 100% de combustible.

Calado en la sección maestra. M	1,562
Desplazamiento Ton.	53,51
Calado en proa m	1,448
Draft at AP m	1,675
Calado en el LCF m	1,568
Eslora en Flotación m	20,299
Manga en Flotación m	8,328
Superficie Mojada m ²	130,892
Área del plano de flotación (m2)	52,013
Coeficiente Prismático	0,758
Coeficiente de Block	0,531
Coeficiente de Área de la Sección Maestra	0,701
Área del plano de flotación (m2)	0,837
LCB, respecto de la sección maestra (m)	-0,512
LCF, respecto de la sección maestra (m)	-0,569
KB m	1,008
KG fluido m	2,415
BMt m	11,791
BML m	28,218
GMt corregido m	10,384
GML corregido m	26,81
KMt m	12,799
KML m	29,226
Toneladas por centímetro de inmersión (Ton /cm)	0,533
Momento de cambio de asiento (Ton. x m)	0,698

Tabla Nº 13 Resumen condición 1

Resumen de resultados para esta condición

Criterio	Unidad	Valor	Actual	Estatus
Area 0 entre 30	m.Radianes	0,055	0,927	Cumple
Area 0 entre 40	m.Radianes	0,09	1,231	Cumple
Area 30 to 40	m.Radianes	0,03	0,304	Cumple
Angulo de GZ max.	Grados	15	21	Cumple
GZ a 30 o mayor	Metros	0,2	1,987	Cumple
GM	Metros	0,15	9,857	Cumple

Tabla Nº 14 Resumen de resultados condición 1

Gráfico de Curvas Adrizantes

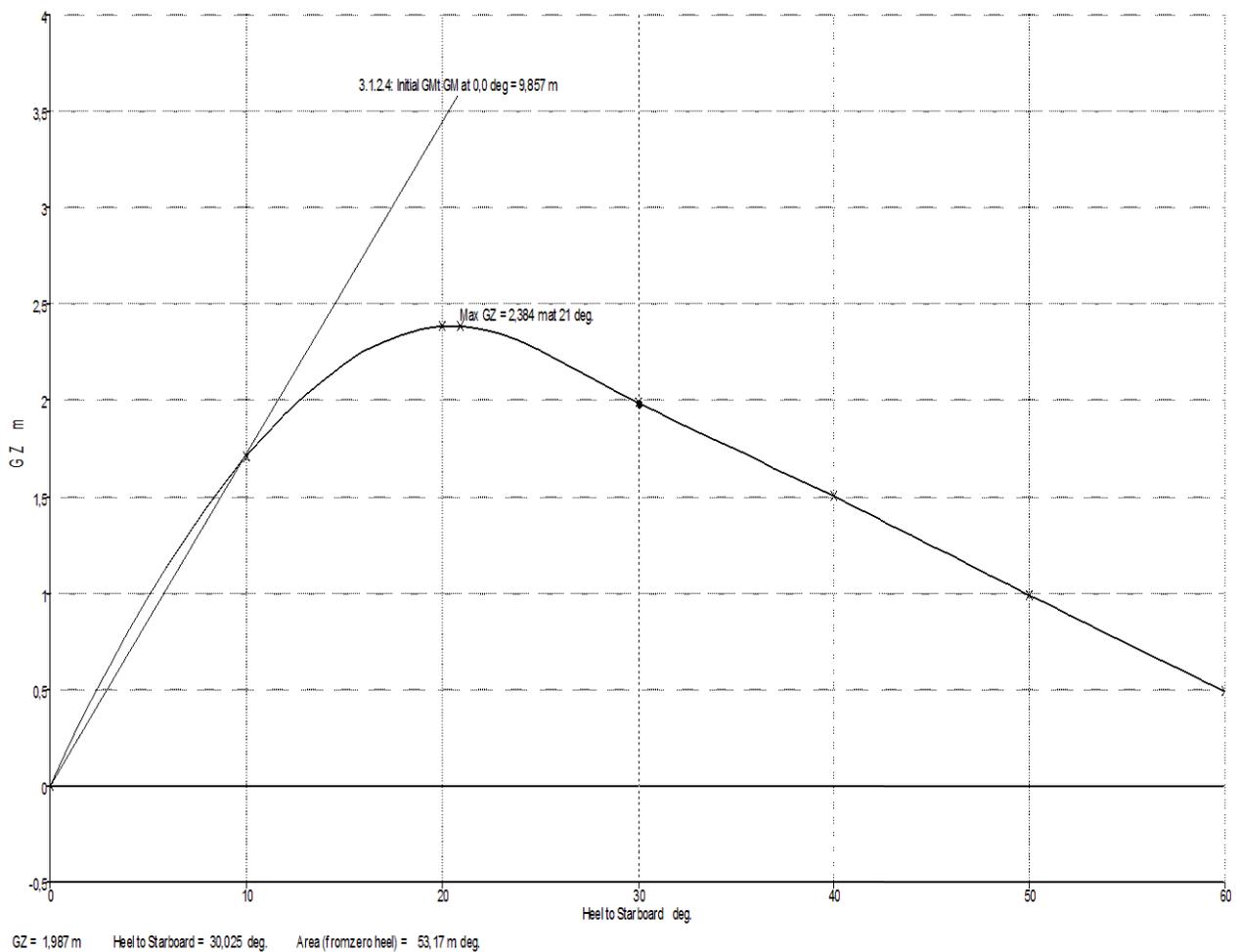


Gráfico Nº 4 Curva de Brazos Adrizante condición 1

En el Gráfico Nº 4 se puede apreciar una comparación entre los valores de GMt y GZ obtenidos por el programa HIDROMAX y los rangos de estabilidad que exige IMO a nivel internacional para buques de pasaje.

Este resumen de pesos equivale a la condición número 2 de la embarcación en el cual esta se encuentra en plena carga pero solo con el 10% de provisiones y el 10% de combustible.

La condición calculada es para una embarcación sin trimado.

Item	Cantidad	Peso Ton.	Brazo Long. m	Brazo Vert. m	Brazo Transv. m	FS Mom. Ton.m
Desplazamiento Liviano	1	47,11	9,4	2,4	0	0
Pasajeros y tripulantes	57	0,075	11,4	3,22	0	0
Provisiones	0,1	0,055	5,035	2,054	0	0
Combustible Eb	10%	0,5510	11,299	0,57	3,375	0
Combustible Bb	10%	0,5510	11,299	0,57	-3,375	0
Lubricante Eb	100%	0,0412	2,05	2,075	3,075	0
Lubricante Bb	100%	0,0412	2,05	2,075	-3,075	0
Agua dulce Eb	10%	0,4459	13,997	0,656	3,373	0
Agua dulce Bb	10%	0,4459	13,997	0,656	-3,373	0
Tk aguas sentinas Eb	50%	0	15,5	0,675	3,35	0
Tk aguas sentinas Bb	50%	0	15,5	0,675	-3,35	0
Aguas negras Eb	50%	0	12,599	0,613	3,371	0
Aguas grises Bb	50%	0	12,599	0,613	-3,371	0
	Peso Total=	52,78	LCG=9,608	VCG=2,438	TCG=0,000	
				FS corr.=0,011		
				VCG fluido=2,449		

Tabla Nº 15 Resumen de Pesos Condición 2

A continuación se muestra una tabla con el resumen de datos para la embarcación en la condición número 2 con el 10% de provisiones y el 10% de combustible.

Calado en la sección maestra. M	1,547
Desplazamiento Ton.	52,78
Calado en proa m	1,422
Draft at AP m	1,672
Calado en el LCF m	1,554
Eslora en Flotación m	20,282
Manga en Flotación m	8,325
Superficie Mojada m ²	129,702
Área del plano de flotación (m2)	51,879
Coeficiente Prismático	0,758
Coeficiente de Block	0,53
Coeficiente de Área de la Sección Maestra	0,699
Área del plano de flotación (m2)	0,837
LCB, respecto de la sección maestra (m)	-0,543
LCF, respecto de la sección maestra (m)	-0,579
KB m	1,001
KG fluido m	2,449
BMt m	11,926
BML m	28,491
GMt corregido m	10,478
GML corregido m	27,042
KMt m	12,927
KML m	29,491
Toneladas por centímetro de inmersión (Ton /cm)	0,532
Momento de cambio de asiento (Ton. x m)	0,695

Tabla N° 16 Resumen condición 2

Resumen de resultados para esta condición

Criterio	Unidades	Valor	Actual	Estatus
Area 0 a 30	m.Radianes	0,055	1,048	Cumple
Area 0 a 40	m.Radianes	0,09	1,406	Cumple
Area 30 a 40	m.Radianes	0,03	0,358	Cumple
Angulo de GZ max.	Grados	15	20,9	Cumple
GZ a 30 o mayor	Metros	0,2	2,332	Cumple
GM	Metros	0,15	10,477	Cumple

Tabla N° 17 Resumen de Resultados condición 2

Gráfico de Curvas Adrizantes

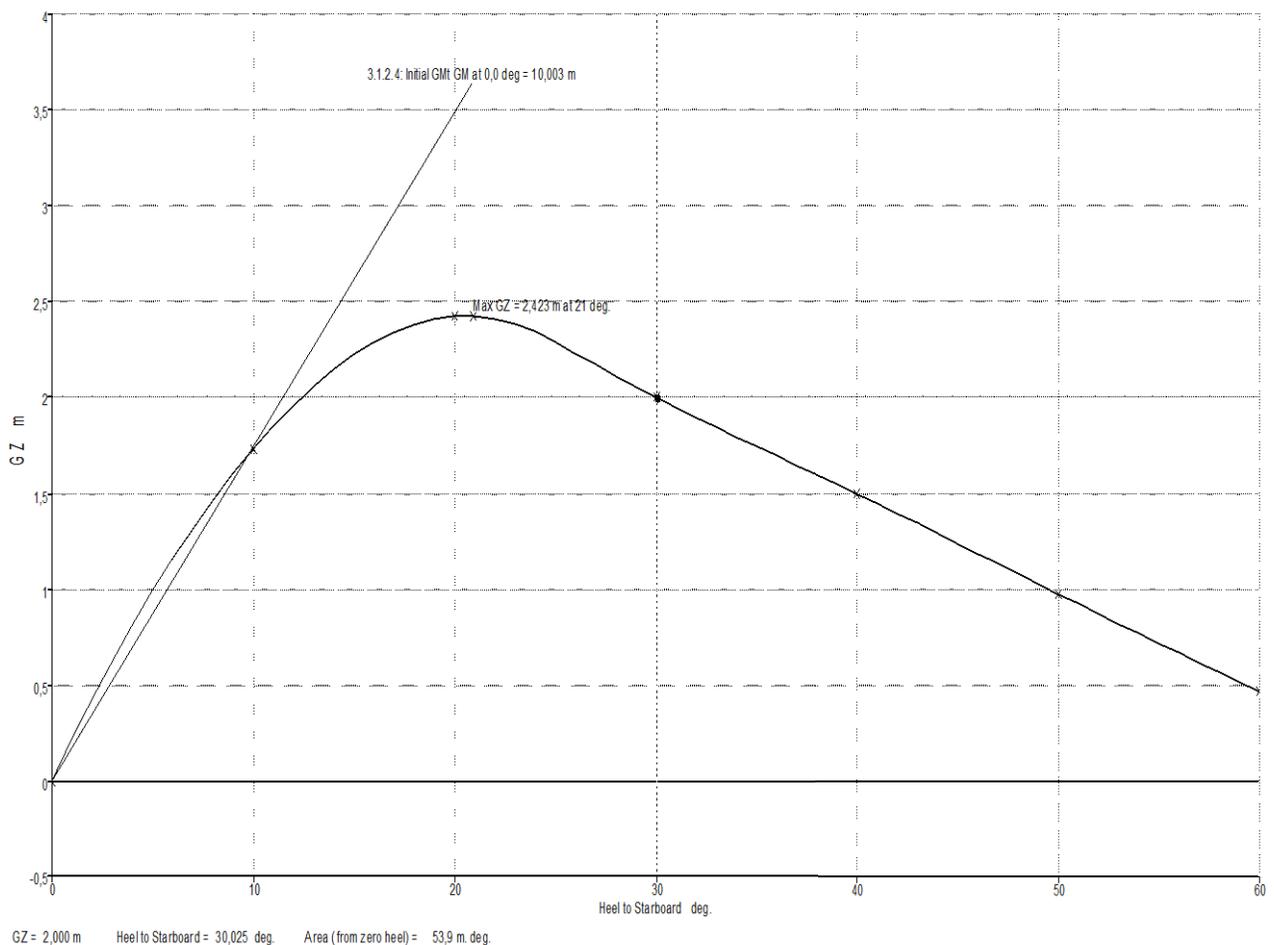


Gráfico N° 5 Curva de Brazos Adrizantes condición 2

En el Gráfico N° 5 se puede apreciar una comparación entre los valores de GMt y GZ obtenidos por el programa HIDROMAX y los rangos de estabilidad que exige IMO a nivel internacional para buques de pasaje.

CAPÍTULO IV

CÁLCULO DE POTENCIA PROPULSORA Y EQUIPOS

4.1.- CÁLCULO DE POTENCIA PROPULSORA

4.1.1 Cálculo Teórico de los EHP.

El cálculo de la potencia propulsora se realizara por medio de un cálculo teórico, debido a que por tratarse de un anteproyecto, no se justificaría un estudio experimental en sí.

Para este cálculo se utilizó el software computacional Hullspeed, el cual es un software de probados resultados y que arrojará un valor que puede ser tomado como una más aceptable aproximación de lo que se obtendría de forma experimental. Para poder obtener el valor de los EHP se utilizará solo uno de los dos cascos del catamarán y después este resultado se multiplicara por dos.

El casco fue modelado en el programa Maxsurf, el cual se introduce en el programa Hullspeed, para este cálculo el programa se basara en el método SLENDER BODY (cascos finos), el cual es para embarcaciones con una alta relación L/B, que en este caso entregara una tabla de resultados de velocidad v/s EHP y un gráfico que representa la tabla en este caso. Cabe mencionar que la tabla no arroja un aumento de los EHP por superposición de olas, esto debido a que la embarcación tiene una gran separación entre cascos.

A continuación se entregara la tabla y gráfico ya mencionados.

TABLA DE DATOS

Velocidades (Kts)	Cascos Finos HP
0	--
1,2	0,04
2,4	0,3
3,6	1,08
4,8	2,99
6	7,17
7,2	11,8
8,4	20,3
9,6	26,63
10,8	36,36
12	65,39

Tabla N° 18 Velocidades vs EHP

Para la embarcación a la velocidad de servicio de 12 nudos, los EHP requeridos son 65 HP para un solo casco, como lo muestra en la tabla, considerando un rendimiento propulsivo del 50%, se requieren 2 x 130 HP instalados a bordo.

CURVA DE POTENCIA HP v/s Kn

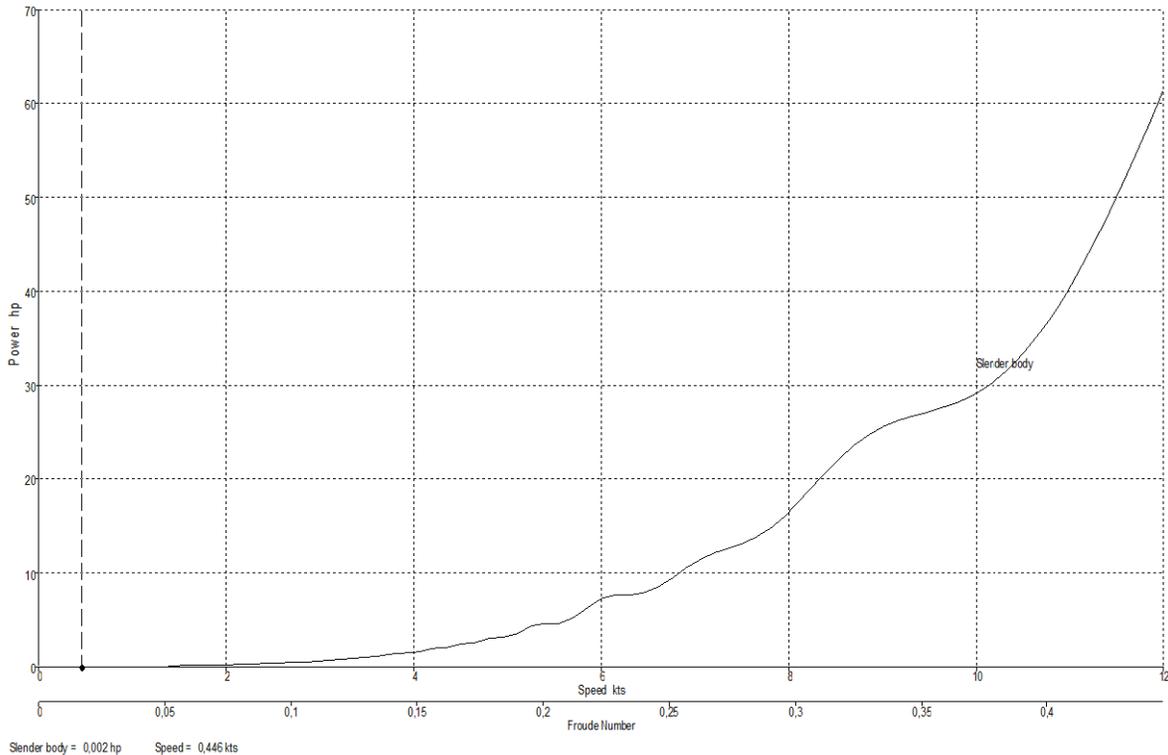


Gráfico N° 6 Curva de Potencia HP vs Kn

4.2.- CÁLCULO DE LA HÉLICE

En esta etapa se determinará las características de la hélice de máximo rendimiento, implicando la relación de reducción del reductor (contramarcha) que hizo posible su determinación. En este cálculo se ocupará, al igual que en el capítulo anterior, un solo casco del catamarán.

Para esta determinación se utilizaron los diagramas $B_p-\delta$ que se encuentran en el Principles of Naval Architecture, publicado por S.N.A.M.E. el año 1968.

Características de la embarcación:

$$L = 20,7 \text{ m}$$

$$B = 1,8 \text{ m}$$

$$T = 1,57 \text{ m}$$

$$C_B = 0,53$$

$$\Delta = 53,3 \text{ ton}$$

$$V = 12 \text{ Kn.}$$

$$\text{EHP} = 67 \text{ C.V.}$$

$$D_{\text{max}} = 1 \text{ m}$$

$$\text{Motor} = 150 \text{ BHP}$$

$$\text{RPM} = 2800$$

$$\text{REDUCTOR} = 2,53:1$$

Primero, se inicia por el cálculo empíricamente del coeficiente de estela (w) y el coeficiente de succión (t).

$$w = 0,5C_B - 0,1$$

$$w = 0,17$$

$$t = 0,3C_B$$

$$t = 0,16$$

$$V_e = V_s (1-w)$$

$$V_e = 9,96 \text{ Kn} = 5,123 \frac{m}{s}$$

$$\eta_H = \frac{(1-t)}{(1-w)}$$

$$\eta_H = 1,01$$

Antes de comenzar el estudio de la hélice óptima se debe seleccionar el diagrama a ocupar según el número de palas (Z) que tenga la hélice que se desea instalar. En este caso el número de palas que se estudiará será de 4.

1. Cálculo de la hélice utilizando un reductor 2,53:1, se da asumido un rendimiento mecánico igual a 0,95, un rendimiento rotativo relativo de 1,0 y se asumirá un rendimiento de propulsor aislado de 0,55.

$$\frac{EHP}{BHP} = \eta_m * \eta_h * \eta_H * \eta_p$$

$$\frac{EHP}{BHP} = 0,527$$

2. Cálculo del coeficiente B_p

$$B_p = \frac{\sqrt{\frac{BHP * 0,95 * 75}{76,04 * 1,025} * N}}{[12(1 - 0,17)]^{2,5}} = 38$$

Por lo tanto con este valor se ingresa al diagrama $B_p - \delta$ y así poder completar la siguiente tabla:

3.

Ad/Ao	0,4	0,55	0,7	0,85
δ	240	235	225	220
H / D	0,64	0,68	0,76	0,785
η_o	0,57	0,555	0,537	0,536
D	0,645	0,6321	0,605	0,5917
$\delta - 2\%$	235,2	230,3	220,5	215,6

Tabla N° 19 diagrama $B_p - \delta$

Donde:

$$\delta = \frac{N * D}{V_e}$$

$$D = \frac{(\delta - 2\%)V_e}{N_{helice}}$$

4. Calculo de Cavitación

$$\sigma_{0,7R} = \frac{P_{atm} + \gamma * (H_{eje} + H_{ola} - 0,7R) - P_v}{\left[0,5 * \rho * \left(V_e^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2 \right) \right]}$$

$$P_{atm} = 10330 \frac{Kg}{m^2}$$

$$P_v = 300 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\gamma = 1025 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\rho = 104,6 \frac{kg * seg^2}{m^4}$$

$$H_{eje} = 1,406 \text{ m}$$

$$H_{ola} = 0,15 \text{ m}$$

$$R = 0,355 \text{ m}$$

$$D = 0,710 \text{ m}$$

$$\sigma_{0,7R} = 0,3725$$

Con este valor de $\sigma_{0,7R}$ se ingresa al gráfico de cavitación simple con 5% de back cavitation y se obtiene:

$$\tau_c = 0,165$$

$$\frac{\frac{T}{A_p}}{0,5 * \rho * (V_e^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2)} = 0,165 = \tau_c$$

$$\frac{T}{A_p} = 6123,8$$

Calculo de T

$$T = \frac{THP * 75}{V_e} = 878,4 Kg$$

$$\frac{A_p}{A_d} = 1,067 - 0,229 * H * D$$

$$\frac{A_p}{A_d} = 0,920$$

$$A_p = 0,143 m^2$$

$$A_d = 0,156 m^2$$

$$D.A.R. = \frac{A_d}{\frac{\pi * D^2}{4}} = 0,477$$

Ad/Ao	0,4	0,477	0,55
δ	240	237,4	235
H / D	0,64	0,66	0,68
η_o	0,57	0,562	0,555
D	0,645	0,638	0,6321
$\delta - 2\%$	235,2	232,6	230,3

Tabla N° 20 diagrama $B_p - \delta$

Como esta nueva área mínima no cavitante no coincide con la seleccionada anteriormente, se vuelve a ingresar en la tabla anterior y por interpolación lineal se calculan sus características de la nueva relación de área. De aquí se obtiene un nuevo rendimiento (η_o), con el cual se calcula una nueva potencia.

$$\eta_o = 0,562$$

$$\frac{EHP}{BHP} = 0,527$$

Cálculo del coeficiente B_p

$$BHP = 124C.V.$$

$$B_p = \frac{\sqrt{\frac{BHP * 0,95 * 75}{76,04 * 1,025}} * N}{[12(1 - 0,17)]^{2,5}} = 35,9$$

4. Cálculo de Cavitación

$$\sigma_{0,7R} = \frac{P_{atm} + \gamma * (H_{eje} + H_{ola} - 0,7R) - P_v}{\left[0,5 * \rho * \left(V_e^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2 \right) \right]}$$

$$P_{atm} = 10330 \frac{Kg}{m^2}$$

$$P_v = 300 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\gamma = 1025 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\rho = 104,6 \frac{kg * seg^2}{m^4}$$

$$H_{eje} = 1,406 \text{ m}$$

$$H_{ola} = 0,15 \text{ m}$$

$$R = 0,319 \text{ m}$$

$$D = 0,638 \text{ m}$$

$$\sigma_{0,7R} = 0,381$$

Con este valor de $\sigma_{0,7R}$ se ingresa al gráfico de cavitación simple con 5% de back cavitation y se obtiene:

$$\sigma_{0,7R} = 0,381$$

$$\frac{\frac{T}{A_p}}{0,5 * \rho * \left(V_e^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2 \right)} = 0,172 = \tau_c$$

$$\frac{T}{A_p} = 6252,8$$

Cálculo de T

$$T = \frac{THP * 75}{V_e} = 878,4 Kg$$

$$\frac{A_p}{A_d} = 1,067 - 0,229 * H * D$$

$$\frac{A_p}{A_d} = 0,9158$$

$$A_p = 0,141 m^2$$

$$A_d = 0,1533 m^2$$

$$D.A.R. = \frac{A_d}{\frac{\pi * D^2}{4}} = 0,48$$

Ad/Ao	0,4	0,48	0,55
δ	240	239,27	235
H / D	0,64	0,646	0,68
η_o	0,57	0,5678	0,555
D	0,645	0,6431	0,6321
$\delta - 2\%$	235,2	234,48	230,3

Tabla Nº 21 *diagrama B_p - δ*

Como esta nueva área mínima no cavitante no coincide con la seleccionada anteriormente, se vuelve a ingresar en la tabla anterior y por interpolación lineal se calculan sus características de la nueva relación de área. De aquí se obtiene un nuevo rendimiento (η_o), con el cual se calculará una nueva potencia.

$$\frac{EHP}{BHP} = 0,544$$

Cálculo del coeficiente B_p

$$BHP = 123CV.$$

$$B_p = \frac{\sqrt{\frac{BHP * 0,95 * 75}{76,04 * 1,025}} * N}{[12(1 - 0,17)]^{2,5}} = 37,4$$

4. Calculo de Cavitación

$$\sigma_{0,7R} = \frac{P_{atm} + \gamma * (H_{eje} + H_{ola} - 0,7R) - P_v}{\left[0,5 * \rho * \left(V_e^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2\right)\right]}$$

$$P_{atm} = 10330 \frac{Kg}{m^2}$$

$$P_v = 300 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\gamma = 1025 \frac{Kg}{m^3}$$

$$\rho = 104,6 \frac{kg * seg^2}{m^4}$$

$$H_{eje} = 1,406 \text{ m}$$

$$H_{ola} = 0,15 \text{ m}$$

$$R = 0,3215 \text{ m}$$

$$D = 0,6431 \text{ m}$$

$$\sigma_{0,7R} = 0,3747$$

Con este valor de $\sigma_{0,7R}$ se ingresa al grafico de cavitación simple con 5% de back cavitation y se obtiene:

$$\sigma_{0,7R} = 0,3747$$

$$\frac{\frac{T}{A_p}}{0,5 * \rho * (V_e^2 + (0,7 * \pi * n * D)^2)} = 0,168 = \tau_c$$

$$\frac{T}{A_p} = 6182,24$$

Calculo de T

$$T = \frac{THP * 75}{V_e} = 878,31Kg$$

$$\frac{A_p}{A_d} = 1,067 - 0,229 * H * D$$

$$\frac{A_p}{A_d} = 0,919$$

$$A_p = 0,142m^2$$

$$A_d = 0,1545m^2$$

$$D.A.R. = \frac{A_d}{\frac{\pi * D^2}{4}} = 0,47564$$

Como esta nueva área mínima no cavitante coincide con la seleccionada anteriormente se puede concluir que asumiendo un 5% de cavitación aproximado, arroja como resultado las características de la hélice óptima.

Por lo tanto las características de la hélice óptima serían las siguientes:

$$Z = 4$$

$$\frac{A_d}{A_o} = 0,474$$

$$\eta_o = 0,5678$$

$$D = 0,6431$$

$$MOTOR = 150C.V. a 2800R.P.M.$$

4.3.- CÁLCULO DEL TIMÓN

El cálculo del timón puede realizarse por medio de una relación porcentual, que existe entre esta última y el área de superficie lateral (A.S.L.) de la embarcación. Con respecto a esto, varios autores han dado porcentajes del área de superficie lateral (A.S.L.) para determinar el área. Según LAMP y COOK (1962), el área del timón corresponde entre el 2,3 y 3,3 % del A.S.L. para esta embarcación se asumirá un 2,8% de A.S.L. asegurando así una buena gobernabilidad y maniobrabilidad, pues como se dijo anteriormente se requiere una embarcación que tenga buenas condiciones de gobierno por lo tanto:

$$A_r = 2,8\% A.S.L.$$

Donde:

$$A.S.L. = 28,277m^2$$

$$A_r = 0,028m^2 * 28,277m^2$$

$$A_r = 0,8m^2$$

Calculo de la envergadura y cuerda:

Para el cálculo de estos valores, el caso en estudio se busca la relación que nos haga cumplir con el área supuesta del timón, lo cual arroja un valor de:

$$E = 0,65 m^2$$

$$C = 1,25 m^2$$

La relación aspecto radio Λ de la pala es:

$$\Lambda = \frac{E}{C} = 1,91$$

El ángulo de STALL a babor $[\alpha_s]_{BB}$, para hélices de giro derecho es igual a:

$$[\alpha_s]_{BB} = 34 - 4a$$

$[\alpha_s]_{BB} = 26,34$ El ángulo de STALL a estribor $[\alpha_s]_{EB}$, es igual a:

$$[\alpha_s]_{BB} = 45,6 - 5,2a$$

$$[\alpha_s]_{EB} = 35,65$$

La distancia del borde de ataque de la pala y el eje del timón d es igual a:

$$d = 0,2 * C$$

$$d = 0,12862 m$$

El diámetro del eje para los timones tipo espada (spade rudder) pueden ser calculado con la siguiente fórmula:

$$(d_{eje}) \geq K \sqrt[3]{R * A_T * V_b^2} \quad \text{Donde:}$$

$$R = a + \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$a, b = \text{metros}$$

$$A_T = m^2$$

$$K = 21,66 \quad \text{para velocidades entre 11 y 17 Kn}$$

$$a = 0,45 m$$

$$b = 0,112 m$$

$$A_T = 0,8 m^2$$

$$(d_{eje}) \geq 91 mm$$

Dado este valor se asumirá un diámetro de eje igual a 95 mm

Diseño estructural del timón

El tipo de timón a utilizarse como ya se menciono anteriormente es del tipo ESPADA, el cual se construirá de plancha plana de acero estructural A34-27ES.

4.4.- CALCULO DEL SISTEMA DE ACHIQUE Y CONTRAINCENDIOS

Estos dos sistemas trabajan unidos para evacuar las aguas de sentina acumuladas en el fondo de los cascos y también para evacuar el agua acumulada en cualquier compartimento de la embarcación.

La embarcación contará con un estanque de retención de aguas contaminadas con hidrocarburos (según disposición de MARPOL 73/38) y otro sistema para recolectar las aguas limpias que serán expulsadas de la embarcación.

Los circuitos de achique e incendio dispondrán de una sola bomba, por lo cual, esta deberá cumplir con ambos requerimientos. Sin embargo por reglamento el sistema deberá poseer dos bombas, una mecánica y otra manual exigida por reglamento.

Cálculo de la potencia de la bomba

$$N = \frac{Q * H_m * \gamma}{76 * \eta} \text{ HP}$$

$N = \text{Potencia de la bomba}$

$$Q = \text{caudal en } \frac{m^3}{s}$$

$H_m = \text{altura manométrica en metros}$

$$\gamma = \text{Peso específico del agua } 1025 \frac{Kg}{m^3}$$

$\eta = \text{Rendimiento de la Bomba app.0,55}$

Cálculo del diámetro principal de la matriz

Según el reglamento Germanischer Lloyd, el diámetro de la matriz principal se calcula de la siguiente manera:

$$D_m = 25 + 1,68 * \sqrt{L * (B + D)}$$

D_m = Diámetro interior de la matriz principal de achique

L = Eslora entre perpendiculares

B = Manga moldeada

D = Puntal a la cubierta estanca

$$D_m = 50,03 \text{ mm}$$

Cálculo del caudal mínimo de la bomba

El caudal mínimo de las bombas de achique se determina de la siguiente manera:

$$Q = \frac{5,75}{1000} * D_m$$

$$Q = 14,4 \frac{m^3}{hr}$$

Determinación de H_M

$$H_M = H_{est} + H_{perd}$$

H_{est} = Es la altura a la que debe llegar el agua.

H_{perd} = Es la altura de pérdidas en metros por el roce existente al correr el agua por válvulas, codos, tuberías, etc.

Para este cálculo de pérdidas se utilizarán tablas entregadas por entidades especializadas en la materia.

Para determinar la altura por pérdida se realizará el cálculo con el tendido a lo largo de la embarcación que para este caso será desde la caja de mar hasta el pique de proa, en donde se encontraron elementos tales como válvulas y codos los cuales generan una pérdida adicional que se expresa en metros y se le suma a la longitud máxima de la tubería que corresponde a H_{per} , para así poder obtener la longitud total.

$$H_{perd} = 9,1 \text{ m}$$

Entonces:

$$L_{Total} = H_{perd} + \text{long. total equivalente}$$

$$L_{Total} = 9,1 + 6,59$$

$$L_{Total} = 15,69 m$$

Ahora con el valor anterior más el valor del caudal en Lts/min se ingresa a la tabla siguiente donde se determinará la pérdida de la carga en metros por efecto de tuberías y accesorio.

Para ingresar a la tabla se debe conocer previamente el valor del caudal y diámetro de la cañería.

$$Q_{(caudal)} = 240 \frac{Lts}{min}$$

$$d = 2''$$

Q lt/min	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ½"
5	7.5	1.05					
10	28	3	0.9				
15	60	8.2	1.9	0.7			
20	100	14.2	3.3	1.15			
30	212	31	7	2.45	0.85		
40	360	53	12	4.2	1.6		
50	550	79	18.5	6.3	2.45	0.56	
60	770	113	26	8.8	3.4	0.78	
70	1000	146	34	10.8	4.4	1	
80		198	45	15	5.7	1.35	
90		235	56	18.5	7.1	1.65	
100		290	68	22.5	8.9	2	0.68
120		400	100	32	12.5	2.9	
140		540	130	43	16.5	3.8	
150		600	146	48	19	4.3	1.18
160		680	163	54	21.4	4.9	
180		850	206	68	27	6.2	
200		1020	252	83	33	7.5	2.5
250			380	132	50	11.4	

Tabla N° 22 pérdida de carga en tuberías

De la tabla anterior se obtiene por interpolación el valor de H_{100} para el caudal requerido.

$$H_p = \frac{L_T}{100} * H_{100} * K$$

Donde:

H_p = Pérdida de carga de la tubería

L_T = Longitud total del tendido en metros 15,69 m

H_{100} = Obtenido de la tabla = 10,62

K = Factor de correlación por calidad de la tubería = 1

Entonces pro la ecuación se tiene:

$$H_p = 1,66 \text{ m}$$

Con estos datos es posible calcular la altura manométrica.

$$H_m = H_{est} + H_{perd}$$

$$H_m = 3 + 1,66 = 4,66 \text{ m}$$

Finalmente, para determinar la potencia de la bomba se reemplazan los valores en la siguiente ecuación:

$$N = \frac{Q * H_m * \gamma}{76 * \eta} \text{ HP}$$

$$N = \frac{0,004 * 4,66 * 1025}{76 * 0,55} \text{ HP}$$

$$N = 0,45 \text{ HP}$$

Dado el resultado anterior, se escogerá una bomba con una potencia de 0,5 HP para así tener un seguro funcionamiento del sistema.

4.4.1.- circuito contraincendios

Como se mencionó anteriormente el circuito de achique estará combinado con el circuito contra incendio, siendo la bomba común, para ambos circuitos pero el tendido de las cañerías es distinto, sin embargo, usando las recomendaciones entregadas por Germanischer Lloyd se utilizan fórmulas que dan resultados que son bastante aproximados y en algunos casos idénticos.

Este sistema contará con dos grifos ubicados en la cubierta principal uno a cada banda, con sus respectivas mangueras y boquillas.

Además del circuito de agua contra incendio, se incluirán extintores tipo A, B y C portátiles, los cuales están distribuidos dentro de la embarcación.

De acuerdo a todos los valores obtenidos anteriormente se utilizara cañería de 2 pulgadas, grado A Schedule 40 de acuerdo a la norma ASTM, de la cual se tienen las siguientes características.

Diámetro nominal (Pulgadas)	Diámetro exterior (mm) d	Espesor nominal (mm) e	Peso teórico Kg/m	Presión prueba Kg/cm ²
2	60,3	3,91	5,44	161,7

Tabla Nº 23 Características de cañería

4.5.- CIRCUITO DE COMBUSTIBLE

El circuito de combustible comprende el flujo desde el estanque de petróleo ubicado en sala de máquinas hacia el generador que alimentara toda la red eléctrica de la nave.

A la salida de los estanques se dispondrá una válvula de cierre a distancia y finalizando próximo al generador con un filtro secundario y una conexión flexible exigida por seguridad.

La línea de alimentación y retorno de la embarcación se harán con cañería de ½”.

Los estanques se dispondrán uno a cada banda con una capacidad de 0,5510 Ton cada uno.

4.6.- CIRCUITO DE AGUA DULCE Y SERVIDAS

Este circuito contará con dos estanques de capacidad 0,45 Ton cada uno, ubicados uno en cada casco, además este circuito constara de un hidropack ubicado en la sala de máquinas con el objeto de que el baño y demás grifos de agua de bebida llegue con una presión suficiente.

Tanto las aguas sucias como las del lavamanos y lavaplatos serán descargadas en un estanque para aguas grises, ubicado en el casco de babor de la embarcación.

Las aguas servidas del sanitario a su vez serán recolectadas y enviadas a un estanque de aguas negras ubicado a estribor de la embarcación, en tanto, las aguas de sentina a su vez se recolectaron y enviaran a dos tanques ubicados uno en cada casco.

4.7.- SISTEMA ELÉCTRICO

El sistema eléctrico de esta embarcación estará compuesto por tres circuitos independientes, uno para iluminación, otro para fuerza y un tercero para luces de navegación, luces de emergencia e instrumentos de navegación.

Los circuitos serán alimentados por medio de baterías que a su vez son cargadas pro medio de alternadores conectados al motor principal.

El circuito de emergencia e instrumentos de navegación será alimentado de baterías de uso exclusivo, con capacidad para alimentar los equipos de comunicación, dos luces de emergencia por un tiempo de seis horas pudiéndose conectarse a ella los equipos de radio ayuda a la navegación.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS Y ESTIMACIÓN DE COSTO DE LA EMBARCACIÓN

5.1.-ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Los materiales utilizados en la construcción serán de calidad apta para el uso naval, certificados, y la construcción se realizará con obra de mano calificada.

La construcción del casco y superestructura se realizará de acero y cada casco será construido en v con doble pantoque.

La soldadura de la embarcación, será realizada con proceso MIG, y se realizará en un ambiente adecuado para estos tipos de construcciones, o sea en un espacio cerrado, protegiéndolo de corrientes de aire y humedad, etc...

La estructura será de tipo longitudinal, de acuerdo a la casa clasificadora Germanischer Lloyd para la construcción en acero

5.1.1 .CASCO Y SUPERESTRUCTURA

El casco y los mamparos principales serán construidos de acero de calidad naval según las especificaciones del Germanischer Lloyd.

Bajo la cubierta principal se encontrarán los estanques de combustible, aguas grises, aguas negras y aguas de bebidas.

En los cascos se deberá contar con una subdivisión estanca mediante mamparos.

5.1.2. CUBIERTA

Esta será construida de plancha de acero de calidad naval e íntegramente soldadas.

A su vez contará con corrida antideslizante, además se dispondrá barandas de 1 metro de altura alrededor de toda la cubierta principal.

Los pasillos de cubierta tendrán un mínimo de 0,8 metros de ancho.

5.1.3. Estabilidad

La nave tiene eslora mayor de 12 m, por lo tanto, se aplica criterio del Código de estabilidad sin avería para todos los tipos de buques regidos por los instrumentos de la OMI. Estudiando las condiciones necesarias para asegurar navegar seguro de la embarcación

5.1.4. Autonomía

La embarcación tendrá una autonomía de un día (aproximadamente 150 Millas Náuticas).

5.1.5. Calefacción, ventilación y aire acondicionado

Para los espacios operacionales y destinados a los pasajeros, excepto cocina, pañoles y peak de proa, se instalará un sistema climatizador marca Novenco, para lograr con una T° del aire exterior de 25 a 30°C. y 90% H.R., una T° de confort de 21 a 23°C. y 65% H.R., considerando recirculación de aire. Se instalarán ductos cilíndricos con difusores, en los cielos falsos. El sistema de enfriamiento de agua de mar de la planta de aire acondicionado, tendrá intercambiadores de calor con tubos de cuproníquel 90/10. Las cañerías serán de acero Sch. 40, galvanizadas en caliente, y deberán estar eléctricamente aisladas del casco tanto en sus uniones como soportes. El diseño del circuito deberá asegurar una velocidad de flujo de agua inferior a 3 metros por segundo, en cualquier punto de éste.

Se instalarán extractores de aire adicionales en la campana de la cocina y en los baños, en las salas de estar de pasajeros, evitando contaminación entre extractores y ventiladores.

Se instalarán 12 elementos calefactores eléctricos marca Trotter para cooperar al sistema climatizador con el propósito de obtener una temperatura interior entre 21° y 23° C con una temperatura exterior de -09° C.

5.1.6. Aislación térmica y acústica

Toda la aislación será incombustible, no producirá humos tóxicos, y será aprobada por Lloyd's. Todas las áreas de acomodaciones, ubicadas en la superestructura y bajo cubierta y que colinden con el exterior, serán aisladas térmicamente con lana de fibra de vidrio recubierto con panel acústico. Los cielos falsos tendrán paneles con material absorbente al ruido.

En los costados y cielos colindantes con el exterior, serán aislados térmicamente con lana de fibra de vidrio recubierta con plancha de acero galvanizado. Todo material aislante a utilizar en circuitos, maquinarias y uniones de cañerías deberá cumplir las especificaciones establecidas.

5.1.7. Equipos de comunicaciones y navegación

Los siguientes equipos serán instalados en la embarcación:

- Giro Compás, Compás magnético
- Radar
- Corredera
- Anemómetro
- Fax meteorológico
- Navegador GPS
- Radio VHF
- Radio VHF portátil
- Radio HF

5.1.8. Andar

Mínimo 10 nudos / en estado de mar Beuford 2, según la directiva ordinaria/permanente O-08/001, nuestra embarcación será proyectada para alcanzar una velocidad operacional de 12 nudos, que es requerimiento del armador.

5.1.9. Requerimientos especiales

La descarga de gases de los motores principales será hacia popa y por el costado de la embarcación.

5.1.10. Disposición general

La embarcación contará con la siguiente distribución:

- Acomodaciones para 50 pasajeros
- Cocina y Bar
- Baños de Varones y Damas
- Sala máquinas bajo cubierta a popa del puente de gobierno
- Sobre cubierta contará con pasillos de 0.8 m libre en toda la borda con barandas
- Pique de proa - caja de cadenas
- Puente de Gobierno

5.1.11. Protección catódica

La obra viva del buque llevará protección catódica compuesta por ánodos de sacrificio distribuidos en el casco y cajas de mar. El material de los ánodos para este tipo de embarcación es Zinc, estos irán soldados al casco. Entre el casco y ánodo ira una pieza de neopreno. La cantidad de ánodos será calculada para una duración aproximada de dos años.

5.2. ESTIMACIÓN COSTO DE LA EMBARCACIÓN

En este capítulo realizara una estimación del costo de la embarcación en proyecto, tratando de considerar todos aquellos elementos que componen la embarcación y sus costos respectivos, con la idea de tener un margen global en el costo final de nuestra embarcación.

Los costos aquí expuestos se darán para un valor de del dólar americano de quinientos veinte dos pesos chilenos (US 1 = \$522).

Cabe destacar que los costos expuestos representara solo el costo de fabricación de la embarcación y no representa un estudio económico de la embarcación, por tratarse solo de un anteproyecto.

Los ítems que se evaluarán serán los siguientes:

- 1).- costo de materiales, en el cual se incluyen todos los materiales para la construcción del casco y superestructura.
- 2).- costo de pintura y arenado
- 3).- costo del equipamiento de la embarcación, el cual incluye todos los equipos e instrumentos que dispondrá la embarcación.

4).- costo de construcción, en el cual se incluye la mano de obra de la construcción, considerando el número de hombres, días trabajados y las horas hombres (H-H) que serán necesarias para la construcción.

Los valores considerados en las tablas de estimación de costos incluyen el 19% de I.V.A. (impuesto al valor agregado)

5.3. ESTIMACIÓN COSTOS DE MATERIALES

Ítem	Cantidad	Unidad	Valor unitario US\$	Valor total US\$
Costo de Acero	41,260	Ton	2,20	90772
Soldadura 6010	0,619	Ton	5,11	3166
Prop. Y Gobierno	-	-	24000	24000
Soldadura 7018	1,440	Ton	5,7	8220,6
Botellas de Gas	10	45 Kg	60,11	601
Botellas de Oxigeno	80		40,65	3252,1
Costo cañerías			4000	1954
Sistema Electrico	-	-	12000	12000
Carpintería			23000	23000
Lanzamiento	-	-	8000	8000
Costo total				174965,7

Tabla Nº 24 Estimación costos de materiales

5.4. ESTIMACIÓN COSTO DE ARENADO

ítem	US\$/m ²	Área (m ²)	Total
Obra viva	5,47	105,86	579,05
Obra muerta	5,47	57,63	315,23
Cubiertas	5,47	166,25	909,38
Superestructura	5,47	137,72	753,32
Costo Total			2556,98

Tabla Nº 25 Estimación costos de arenado

5.5. ESTIMACIÓN COSTO DE PINTURA

Ítems	US\$/m ²	Área (m ²)	Total
Obra viva			
1º mano anticorrosiva	0,88	105,86	93,15
2º mano brea epoxica	0,88	105,86	93,15
3º mano sellante	0,88	105,86	93,15
4º mano antifouling	0,88	105,86	93,15
Obra muerta, superestructura, etc.			
1º mano anticorrosiva	0,88	195,35	171,9
2º mano Esmalte	0,88	195,35	171,9
3º mano Esmalte	0,88	195,35	171,9
Cubiertas			
1º mano anticorrosiva	0,88	166,25	146,3
2º mano Esmalte Alto Trafico	0,88	166,25	146,3
3º mano Esmalte Alto Trafico	0,88	166,25	146,3
Costo Total en Dólares			1327,2

Tabla N° 26 Estimación costos de pintura

5.5.1. ESTIMACIÓN COSTOS DE EQUIPAMIENTO GENERAL

Ítem	Cantidad	Unidad	US\$ Unitario	Total U\$
Motor	2	u.	25000	50000
Bombas	4	u.	848	3395
Batería	2	u.	189	379
Válvulas Varias	8	u.	38	304
Cabrestante	1	u.	2823	2823
Generadores	1	u.	11423	11423
Costo Total				68324

Tabla N° 27 Estimación costos de equipamiento general

5.5.2. ESTIMACIÓN COSTO DE EQUIPAMIENTO DE ACOMODACIONES

Ítem	Cantidad	US\$/Unidad	Total US\$
Cocina eléctrica con horno	1	1704	1704
Lavaplatos con mueble	1	191	191
Mueble base cocina	1	203	203
Sanitarios	4	86	344
Refrigerador	1	478	478
Microondas 30 litros	1	140	140
Campana extractora	1	101	101
Vajillas 30 piezas	10	30	300
Utensilios 24 piezas	12	12	144
LCD 42"	1	1047	1047
Sistema de climatización	1	52000	52000
Asiento capitán	1	1000	1000
Asiento pasajeros	50	185	9250
Mesas pasajeros	8	140	1120
Mesón bar	1	2000	2000
Minicomponente	1	350	350
Costo total			70385

Tabla Nº 28 Estimación costos de equipamiento de acomodaciones

5.5.3. ESTIMACIÓN DE COSTOS DE EQUIPOS DE NAVEGACIÓN

Ítem	Cantidad	US\$/Unitario	Total US\$
Compas magnético magistral	1	842	842
Escandallo con 50m c/plomada	1	36,49	36,49
Escuadras	1	6,38	6,38
Compas punta seca	1	26,45	26,45
Reglas paralelas	1	18,06	18,06
Cohetes con señales luminosas	6	35,63	213,78
Bengalas de mano	6	10,67	64,02
Anteojos prismáticos	1	82,3	82,3
Cuadro de choque y abordaje	1	16,59	16,59
Cartas de navegación	2	30,6	61,2
Folleto de navegación cerca de costa	1	15	15
Caja estanca de señales luminosas	1	8,7	8,7
Balsas salvavidas (25 pax.)	4	2000	8000
Aro salvavidas con luces	6	51,7	310,2
Chaleco salvavidas para niños	15	46	690
Chaleco salvavidas para adultos	60	50	3000
Costo Total			13391,1

Tabla Nº 29 Estimación costos de equipos de navegación

5.5.4. ESTIMACIÓN DE COSTO DE INSTRUMENTOS ELECTRÓNICOS

Ítem	Cantidad	US\$/Unitario	Total US\$
Compas magnético	1	1069	1069
Giro compas	1	8500	8500
Radar principal y ecosondas	1	5947	5747
Radio VHF	1	475	475
Radio HF	1	3400	3400
Corredera	1	160	160
GPS	1	1245	1245
Radar Auxiliar	1	2107	2107
Anemómetro	1	479	479
Fax Meteorológico	1	3450	4450
Costo Total			27632

Tabla Nº 30 Estimación costos de m

5.6. ESTIMACIÓN COSTOS DE CONSTRUCCIÓN

Ítem	Nº de Personas	Nº de horas	Costo unitario H-H	Costo total US\$
Ingeniero	1	960	7,5	7200
Capataz	1	960	4,00	3840
Caldereros	4	960	3,50	13440
soldadores	3	960	3,50	10080
Mecánico hidráulico	1	200	2,87	574
Carpintero	1	560	2,87	1607,2
Electricista	1	240	3,83	919,2
Arenador	1	120	1,91	229,2
Pintor	1	240	2,30	552
Ayudante de pintor	1	240	1,53	367,2
Gasfiter	1	72	2,30	165,6
Guardiero	1	960	2,00	1920
7% de error por fecha de termino				2626
Costo Total				43520,2

Tabla Nº 31 Estimación costos de construcción

5.7. CUADRO RESUMEN ESTIMACIÓN DE COSTOS

Ítem	Valor total US\$
Costo de materiales	174965,7
Costo de arenados	2557
Costos de pintura	1327
Costos de equipamiento general	68324
Costo de equipamiento de acomodaciones	70385
Costo de equipos de navegación	13391
Costo de instrumentos electrónicos	27632
Costo de construcción	43520
Costo total	402101,7

Tabla Nº 32 Cuadro resumen estimación de costos

CAPÍTULO VI

EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO

Este capítulo se abordará con el objetivo de poder, en esta etapa del proyecto, evaluar la factibilidad económica del mismo, así como su rentabilidad en el tiempo.

Esto implica analizar todos los costos (valores de mercado) de construcción y de operación del catamarán como embarcación de turismo.

En este capítulo se encontraran algunos conceptos que serán necesario ir entendiendo, para así tener un entendimiento mas objetivo de la materia.

Alguno de los conceptos más importantes en estudio son los siguientes:

- Inversión inicial.
- Costos Directos.
- Gastos Generales.
- Flujo Neto Operacional (FNO).
- Valor Actual Neto (VAN).
- Tasa Interna de Retorno (TIR).

6.1.- ASPECTO FINANCIERO

6.1.1 Fuentes de financiamiento

Este proyecto supondrá llevarse a cabo por medio de opciones financieras las cuales son:

- La totalidad de la inversión inicial se obtiene por medio de un préstamo bancario.
- El 100% de la inversión inicial la aporta el privado.

6.1.2 Características del crédito

Monto: 100 % (según el caso a estudiar)

Interés: 5,6 % (anual)

Plazo: 10 años

Amortización: anual.

Nota: información obtenida en el Banco de Chile.

La inversión se hará en una sola etapa que corresponde a la inicial.

6.2.- CUANTIFICACION DE LA DEMANDA

La cuantificación de la demanda se hará basada en dos informaciones principalmente, las cuales son las siguientes:

- En el año 2009, según dato de la oficina de SERNATUR en la ciudad de Valdivia, una cantidad de 19003 personas pagaron por el servicio fluvial, cifra que nos da a entender la gran demanda que tiene este servicio.

-La embarcación Catamarán Marques de Mancera promedia en temporada alta un 80% de su capacidad, reduciéndose a un 30% aproximadamente en temporada baja.

6.2.1 Cuantificación de flujo de turistas

Debido a que el proyecto tiene una capacidad máxima de 50 pasajeros por viaje además de la información brindada por la competencia, se obtendría la siguiente cantidad de pasajeros por viaje:

$$X = 0,8 * 50$$

X = 40 pasajeros por viaje en temporada Alta.

y

$$X = 0,3 * 50$$

X = 15 pasajeros por viaje en temporada baja.

Esta sería la cantidad estimada de pasajeros por viaje, como son dos viajes diarios, se obtendrán 80 pasajeros por día en temporada alta y 30 en temporada baja.

El flujo estimado de turistas en el primer año se calculará multiplicando la cantidad estimada promedio de pasajeros diarios por el número de días de operación de la embarcación en el año, los cuales serán 300 días aproximadamente.

Se tiene entonces que para temporada alta los días operacionales serán:

90 días aproximadamente

Y para temporada baja

210 días aproximadamente

Por lo tanto

$$Q_1 = M \times N$$

Donde:

Q_1 = Flujo estimado de pasajeros en temporada alta.

M = Promedio diario estimado de pasajeros sumando dos viajes

N = Número de días operacionales.

$$Q_1 = 80 \times 90$$

$$Q_1 = 7200 \text{ pasajeros}$$

$$Q_2 = M \times N$$

Q_2 = Flujo estimado de pasajeros en temporada baja.

M = Promedio diario estimado de pasajeros sumando dos viajes

N = Número de días operacionales.

$$Q_2 = 30 \times 210$$

$$Q_2 = 6300 \text{ pasajeros}$$

$$\text{TOTAL} = Q_1 + Q_2$$

$$\text{TOTAL} = 13500 \text{ pasajeros anuales.}$$

Por lo tanto, el flujo diario promedio de pasajeros durante los diez meses de operación del catamarán serán los siguientes:

$$\text{N}^\circ \text{ de pasajeros diarios promedio} = \frac{Q_1 + Q_2}{300} = 45 \text{ pasajeros diarios}$$

Con los datos anteriormente mencionados y suponiendo que producto de la publicidad efectuada al servicio y al conocimiento progresivo del tour debido a la transmisión de información de persona a persona que hayan realizado este servicio, este tendrá un aumento en el número de pasajeros de un 5% con respecto al año anterior. No obstante se considerara el mismo número de viajes anuales para efecto de consumo de combustible.

6.3.- ESTIMACIÓN DE INGRESOS

En la siguiente tabla se muestran los ingresos por años, desde el 2010 hasta el 2019 considerando la estimación del flujo de pasajeros que se hizo en la cuantificación de la demanda en este mismo capítulo.

El costo que cancela cada pasajero incluye el valor del pasaje más gasto promedio en bebidas y tragos, este gasto se estima en unos \$ 2.000 por persona. Por lo tanto el gasto promedio estimado de cada persona asciende a \$ 14.000. (Ver tabla N° 33)

Año	Pasajeros	Valor pasaje mas consumo	Ingreso anual
2010	13500	14000	189000000
2011	14175	14000	198450000
2012	14884	14000	208372500
2013	15628	14000	218791125
2014	16409	14000	229730681
2015	17230	14000	241217215
2016	18091	14000	253278076
2017	18996	14000	265941980
2018	19946	14000	279239079
2019	20943	14000	293201033

Tabla N° 33 Proyección de ingresos a diez años

6.4.- ESTIMACIÓN DE COSTOS

Aquí se muestra el desglose de los costos de la nave, en el cual se encuentran incluidos los costos de construcción junto con los gastos de puesta en marcha del catamarán, más los costos directos y gastos generales mensuales.

6.4.1 Inversión Inicial.

La inversión inicial está compuesta por los costos de construcción del catamarán, gastos de puesta en marcha y capital de trabajo.

A) Costos de construcción del Catamarán.

El costo total de construcción del catamarán se desglosa en la tabla N° 32 del capítulo V, el cual asciende a un valor de

209.897.087 pesos

B) Capital de trabajo.

El capital de trabajo se calculo en base al promedio de un mes de temporada alta y un mes de temporada baja. (los ítems que tienen un asterisco se desglosan en el anexo 1).

1. Combustible y lubricante.* (5 hrs. por 30 días)

\$ 7.355.749

2. Mantenición. (Chequeo de equipos, y limpieza)

\$ 100.000

3. Mano de obra y leyes sociales.*

\$ 2.850.000.

4. Comidas y bebidas.*

\$ 4.050.000

5. Gastos de administración y ventas.*

\$ 700.000

6. Gastos varios.*

\$ 360.000

7. Publicidad y marketing. (Se describe en los Gastos)

\$ 800.000

Total = \$ 15.225.749

Por lo tanto sumando el costo del catamarán más el capital de trabajo, la inversión inicial asciende a:

\$ 225.124.260

6.4.2 Costos Directos.

Dentro de los costos directos se debe hacer una diferencia con respecto al tiempo en algunos ítems, ya que algunos costos son validos para todo el año y otros solo para algunos meses debido al período de operación del catamarán.

A) Combustible y lubricante.

Para una operación de 5 hr. durante 300 días es decir 10 meses.

\$ 73.557.492

B) Mano de obra y leyes sociales.

Para una operación de 5 horas durante 300 días es decir 10 meses. Los sueldos de la tripulación y guardiero que en total son 9 personas ascienden a un total de:

\$ 28.500.000

C) Reparación y mantención.

La mantención se realiza durante todo el año, las inspecciones por exigencias de la Autoridad Marítima se hacen cada dos años.

En las dos primeras inspecciones sólo se hacen inspecciones submarinas y chequeo de válvulas, desde la tercera en adelante se vara la nave y se le aplican pinturas, arenado, chequeos a válvulas, calibramientos de planchajes, desmonte de hélices, de ejes y de timones. Por lo tanto los costos de las varadas dependerán de los años de operación de la nave (el desglose de cada uno muestra en el anexo 1):

Mantención.	\$ 1.200.000 (anual).
Primera y segunda varada más mantención:	\$ 2.700.000 (anual).
Tercera varada en adelante más mantención:	\$ 7.165.000 (anual).

D) Comida y bebidas.

El gasto mensual en comida y bebidas que ofrecerá el catamarán ascenderá a:

\$ 4.050.000

Por lo tanto para 10 meses hace un total de:

\$ 40.500.000

6.4.3 Gastos**A) Gastos de administración y ventas.**

Esto lo componen sueldo de secretaria, asesoría administrativa y contable, arriendo del local, útiles de escritorio, luz, agua, gastos menores, durante los 10 meses que corresponde al período de operación del Catamarán.

\$ 7.000.000.

B) Revista anual.

Se hace una vez al año a cargo de la Autoridad marina.

\$ 450.000 (\$ 150.000 por cada inspección, se estiman tres.)

C) Gastos varios.

Aquí se consideran boletos de pasaje e información sobre el catamarán y su ruta.

\$ 1.080.000

D) Seguros

El valor anual a pagar corresponde aproximadamente a un 3 % del costo del catamarán, según datos obtenidos en Compañía de seguros Cruz del Sur.

\$ 6.753.728

E) Depreciación

Utilizando una depreciación lineal, la cuota se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula.

$$\frac{\text{Valor de adquisición} - \text{Valor residual}}{\text{Años de vida útil}} = \frac{225.124.260}{30} = 7.504.142$$

Para evaluar un proyecto el valor residual se consideran cero.

\$ 7.504.142 (valor anual de depreciación)

F) Publicidad y Marketing.

Para promocionar el producto los gastos de publicidad contemplan lo siguiente: creación de página web, repartición de folletos en hoteles de la zona.

\$ 200.000 ----- Creación de página web.

\$ 500.000 ----- Por publicidad en radios y canales locales de T.V.

\$ 800.000 ----- Creación y repartición de folletos propagandísticos en hoteles y centro de la ciudad.

G) Amortización de la deuda y pago de intereses.

El costo de la inversión inicial se obtiene de la suma del costo del catamarán, gasto de puesta en marcha y capital de trabajo, este valor asciende a:

\$ 225.124.260

Para el primer caso el préstamo cubrirá el 100% de la inversión, lo que implica que la cuota a pagar durante los próximos 10 años a una tasa de descuento anual del 12% es de:

\$ 22.512.426

Cuadro de amortización para un préstamo de un 100 % de la inversión.

años	cuota	intereses	amortización	amortizado	pendiente
0					225.124.260,00
1	35.119.384,56	12.606.958,56	22512426,00	22.512.426,00	202.611.834,00
2	33.858.688,70	11.346.262,70	22512426,00	45.024.852,00	180.099.408,00
3	32.597.992,85	10.085.566,85	22512426,00	67.537.278,00	157.586.982,00
4	31.337.296,99	8.824.870,99	22512426,00	90.049.704,00	135.074.556,00
5	30.076.601,14	7.564.175,14	22512426,00	112.562.130,00	112.562.130,00
6	28.815.905,28	6.303.479,28	22512426,00	135.074.556,00	90.049.704,00
7	27.555.209,42	5.042.783,42	22512426,00	157.586.982,00	67.537.278,00
8	26.294.513,57	3.782.087,57	22512426,00	180.099.408,00	45.024.852,00
9	25.033.817,71	2.521.391,71	22512426,00	202.611.834,00	22.512.426,00
10	23.773.121,86	1.260.695,86	22512426,00	225.124.260,00	0,00

Tabla N° 34 Cuadro de amortización crédito 100% Fuente: Bco. Chile

6.5.- RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA.

La evaluación económica se realiza considerando toda la información tanto de Ingresos y Egresos vistos anteriormente, con esto se determina el Flujo Neto Operacional FNO, el Valor Actual Neto VAN y la Tasa Interna de Retorno TIR, tomando en cuenta una cierta cantidad de años, en este caso partiendo desde el año 2010 hasta el año 2019 fecha a la cual se tendrá una visualización muy clara del resultado económico de los dos casos.

El Flujo Neto Operacional es anual y se calcula restando a los ingresos todos los costos y gastos, incluyendo el servicio de la deuda si corresponde el caso.

El Valor Actual Neto se determina calculando el valor neto presente de una inversión a partir de una tasa de descuento que depende de la rentabilidad del proyecto y una serie de pagos futuros (valores negativos) e ingresos (valores positivos).

Para evaluar el proyecto se ocupara como tasa de descuento, la tasa de costo promedio ponderada debido a que se contara con dos tipos de financiamientos, uno proviene del capital propio y el otro de crédito bancario. Esta tasa se define de la siguiente forma:

$$TPP = K_d * (1-t) * (1-X) + K_e * X$$

TPP = Tasa de promedio ponderada

K_d = Costo de la deuda

t = Tasa de impuestos

X = Porcentaje de la inversión inicial que se financiara con capital propio según corresponda el caso

K_e = Costo del capital

El detalle de la obtención de los valores con asterisco se encuentra en el Anexo 2:

$$K_d = 0,056^*$$

$$t = 0,17^*$$

$$X = 1 \text{ (100 \% de capital propio)}$$

$$= 0 \text{ (0 \% de capital propio)}$$

$$K_e = 0,10^*$$

De esta forma para cada caso la Tasa de promedio ponderada para cada caso serían los siguientes:

a) Primer caso con un 100 % aporte de capital a fondo perdido (sin amortización).

$$TPP = 0,10$$

c) Tercer caso con 0 % de capital propio.

$$TPP = 0,1016$$

Con estas tasas se calcula el VAN para cada caso, esta se calcula de la siguiente forma:

$$V.A.N. = \sum_{i=1..n} \frac{F.N.O._i}{(1+T.P.P.)^i}$$

Si $VAN > 0$; el proyecto es rentable

Si $VAN = 0$; el proyecto es indiferente

Si $VAN < 0$; el proyecto no es rentable

La Tasa Interna de Retorno es aquella tasa que se aplica al VAN para que esta sea igual a cero, para poder ser comparada con otras alternativas análogas es decir otros proyectos con inversiones, se calcula de la siguiente forma:

$$V.A.N. = 0 = \sum_{i=1..n} \frac{F.N.O._i}{(1+T.I.R.)^i} - I$$

La TIR se debe comparar con la TPP:

Si $TIR > TPP$ el proyecto es rentable.

Si $TIR = TPP$ el proyecto es indiferente.

Si $TIR < TPP$ el proyecto no es rentable.

TABLA FLUJO NETO OPERACIONAL (con préstamo de un 100% de la inversión inicial)

INGRESOS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Pasajeros	189000000	198450000	208372500	218791125	229730681	241217215,3	253278076,1	265941980	279239079	293201032,8
Costos directos										
Comb. Y lub.	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492
Mano de obra	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000
Mantenimiento	2000000	3692694	2000000	3692694	2000000	7734232	2000000	7734232	2000000	7734232
Comidas y tragos	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000
Margen de utilidad	44442508	52199814	63815008	72540939	85173189,3	90925491,31	108720584,1	115650256	134681587	142909308,8
Otros gastos										
Gastos de adm. Y vtas.	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000
Inspección anual	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000
Gastos varios	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000
Seguros	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728
Depreciación	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142
Publicidad y marketing	1500000	800000	800000	800000	800000	800000	800000	800000	800000	800000
Servicio de la deuda	22512426	22512426	22512426	22512426	22512426	22512426	22512426	22512426	22512426	22512426
Utilidad neta	-2357788	6099518	17714712	26440643	39072893,3	44825195,31	62620288,08	69549959,9	88581290,9	96809012,82
Impuestos	-400824	1036918,06	3011501,04	4494909,31	6642391,85	7620283,203	10645448,97	11823493,2	15058819,4	16457532,18
Utilidad bruta	-1956964	5062599,94	14703211	21945733,7	32430501,4	37204912,11	51974839,1	57726466,7	73522471,4	80351480,64
Depreciación	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142
Valor residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150082840
Capital de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23213470
F.N.O.	-9461106	-2441542,06	7199068,96	14441591,7	24926359,4	29700770,11	44470697,1	50222324,7	66018329,4	246143648,6

Inversión inicial 225124260

T.I.R. 9%

Tasa de descuento 10,00%

V.A.N. -48.566.012 pesos

Tabla Nº 35 Flujo Neto Operacional con un préstamo de un 100% de la inversión inicial

TABLA FLUJO NETO OPERACIONAL (Sin préstamo bancario)

INGRESOS	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Pasajeros	189000000	198450000	208372500	218791125	229730681	241217215	253278076,1	265941980	279239079	293201033
Costos directos										
Comb. Y lub.	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492	73557492
Mano de obra	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000	28500000
Mantenimiento	2000000	3692694	2000000	3692694	2000000	7734232	2000000	7734232	2000000	7734232
Comidas y tragos	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000	40500000
Margen de utilidad	44442508	52199814	63815008	72540939	85173189,3	90925491,3	108720584,1	115650256	134681587	142909309
Otros gastos										
Gastos de adm. Y vtas.	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000	7000000
Inspección anual	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000	450000
Gastos varios	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000	1080000
Seguros	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728	6753728
Depreciación	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142
Publicidad y marketing	1500000	800000	800000	800000	800000	800000	800000	800000	800000	800000
Servicio de la deuda										
Utilidad neta	20154638	28611944	40227138	48953069	61585319,3	67337621,3	85132714,08	92062385,9	111093717	119321439
Impuestos	3567196	4864030,48	6838613,46	8322021,73	10469504,3	11447395,6	14472561,39	15650605,6	18885931,9	20284644,6
Utilidad bruta	16587442	23747913,5	33388524,5	40631047,3	51115815	55890225,7	70660152,68	76411780,3	92207785	99036794,2
Depreciación	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142	7504142
Valor residual	0	0	0	0	0	0	0	0	0	150082840
Capital de trabajo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23213470
F.N.O.	9083300	16243771,5	25884382,5	33126905,3	43611673	48386083,7	63156010,68	68907638,3	84703643	264828962

Inversión inicial 225124260

T.I.R. 16%

Tasa de descuento 10,00%

V.A.N. 56.884.366 pesos

Tabla Nº 36 Flujo Neto Operacional sin préstamo bancario

6.6.- COMENTARIO DE LOS RESULTADOS

Al revisar las tablas de FNO para cada caso el VAN y la TIR muestran muy claramente las posibilidades de éxito del proyecto a través de su rentabilidad.

En el primer caso ocupando un préstamo bancario que cubra un 100 % de la inversión (tabla N° 35) el VAN es negativo con un valor bastante inferior de lo que vendría a ser una inversión rentable, además la TIR se encuentra por debajo de la tasa promedio ponderada, por lo tanto tomando en cuenta estos datos, el proyecto no es rentable.

En el caso de una inversión sin préstamo bancario (Tabla N° 36) el VAN es positivo y la TIR supera a la tasa de promedio ponderada; sin embargo hay que tener presente que los flujos de caja no consideran la amortización de la inversión, del capital de trabajo, lo que en la práctica corresponde un aporte a fondo perdido.

CONCLUSIONES:

Una vez finalizado el proyecto, pude darme cuenta, que se ha abarcado una gran cantidad de puntos correspondientes a los de un proyecto definitivo. A su vez puedo señalar que he aprendido y llevado a cabo muchos de los objetivos que me impuse en el comienzo de esta tesis, algunos de los cuales señalaré a continuación:

- Desarrollar esta tesis me ha servido para recordar y aplicar muchas de las materias aprendidas durante el estudio de la carrera.
- Desarrollar este anteproyecto lo más completo posible, con el objetivo de diseñar una embarcación cuyas formas sean las más adecuadas para el transporte de pasajeros.
- Poder entender y hacer uso en forma más precisa los de reglamentos de las casas clasificadoras.
- Poder perfeccionarme en aquellos programas de uso naval y en los cuales me sentía muy incompleto.
- Tratar de llevar a cabo una idea que puede ser útil para la ciudad de Valdivia, debido a su gran potenciamiento turístico a la que está siendo sometida esta ciudad.

El estudio de factibilidad revelo que este proyecto turístico, puede ser conveniente de ser implementado en Valdivia, en el caso de que la inversión inicial se haga con subsidio gubernamental, así se obtendrían resultados económicos favorables según el criterio de el VAN.

Por el contrario en el otro caso en que la totalidad del financiamiento se hace con crédito bancario, al usar el mismo criterio, los VAN arrojaron valores negativos lo que implica que no habría beneficio económico alguno.

Por último no puedo dejar de señalar que todo ingeniero naval debe dominar un gran abanico de materias y estar constantemente estudiando e informándose de los cambios tecnológicos involucrados con la carrera, para así poder ir a la vanguardia de lo requerido.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.-Armada de Chile, “Criterios de estabilidad sin avería aplicable a los buques de pasaje y a los buques de carga.”, 1992. (www.directemar.cl)
- 2.-Armada de Chile, “Reglamento para la construcción, reparaciones y conservación de las Naves mercantes y especiales mayores y de Artefactos Navales, sus inspecciones y su reconocimiento.”, 1987. (www.directemar.cl)
- 3.-Armada de Chile, “Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes,1972.”, 2003. (www.directemar.cl)
- 4.-Nelson Pérez Meza, “Apuntes de Resistencia al avance”, Universidad Austral de Chile, 2000
- 5.-Tesis "Anteproyecto de un catamarán de alta velocidad para la zona de Chaitén":
Alumno Juan Carlos Peñailillo; 2005
- 6.-Teoría de la Nave I y II, Autor: Rodrigo Ortega.
- 7.-Raúl Navarro, “Apuntes de proyecto de la nave.”, Universidad Austral de Chile, 2001.
- 8.-Reglamento para el control de la contaminación acuática MARPOL 1973/78
- 9.-Organización Marítima Internacional, “Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, 1974, y su Protocolo de 1988”, Edición refundida, 2002.
- 10.-Tesis “Anteproyecto y estudio de factibilidad de un catamarán para el lago Llanquihue”
Alumno Christian Paul Wellmann Ríos
- 11.-Software del reglamento “RULES FOR CLASSIFICATION AND CONSTRUCTION OF HIGH SPEED CRAFT” de Germanischer Lloyd del año 2002.

12.-Pagina Web: <http://www.powertechengines.com/IvecoMarine/N67-MNA-M15-DS-P3P04N002E.pdf>

13.-Tesis “Anteproyecto de un pontón alimentador automatizado para la industria salmonera”
Alumno Alejandro Javier Bahamonde Rute.

14.- Mario Loaiza, “Apuntes de equipos e instalaciones navales.”, Universidad Austral de Chile,
2002.

15.-Circular O-71/010, la cual establece normas sobre construcción, equipamiento, inspecciones
y otras exigencias de seguridad que deben cumplir las naves y artefactos navales menores.

ANEXO 1

1).- combustible y lubricantes

Como son dos viajes al día con un promedio de 5 horas, los cuales se multiplican por 30 en el mes con un consumo de 44,3 litros por hora.

Costo mensual= consumo (lt/hr) x horas/día x Días/mes x Precio (lt)

Costo mensual= 2 x 44,3 x 5 x 548 x 30 = 7.282.920

El lubricante se estimara en 1% del costo del combustible lo cual es:

Costo de lubricante mensual= 72.829

Total de combustible mas lubricante = 7.355.749

2) Mano de obras y leyes sociales

El personal se contratará según sueldos por un mes de operación en lo siguiente en promedio:

Patrón	750.000 pesos
Motorista	700.000 pesos
Cocinero	400.000 pesos
Ayudante de cocina	200.000 pesos
(2) Tripulantes	400.000 pesos
(1) Barman	200.000 pesos
(1) Guardiero	200.000 pesos
Total	2.850.000 pesos

3).- Comidas y bebidas:

Por dato obtenido de un restaurant de la zona que también ofrece los servicios de bar, el gasto de un almuerzo por persona es de aproximadamente 3000 pesos, por lo tanto, los gastos mensuales seria de:

Gasto mensual= $3000 \times 45 \times 30 = 4.050.000$

4).- Gastos de administración y ventas:

A continuación se hace un desglose de cada gasto.

Asesoría contador	100.000 pesos
Sueldo secretaria	200.000 pesos
Utiles de escritorio	50.000 pesos
Arriendo de local	250.000 pesos
Luz, internet	100.000 pesos
Total	700.000 pesos

5).- Gastos varios:

Por motivos de impresión de cada papeleta a color y para un total de 45 pasajeros diarios esta tiene un valor mensual de:

Gastos Varios= 360.000

ANEXO 2

El costo de la deuda K_d se refiere a la tasa de interés que se debe pagar al banco por la deuda contraída para amortizar un préstamo. Por información brindada por el banco Chile, este interés es de un 5,6%

$$K_d = 0,056$$

El impuesto que se aplica al flujo de caja es el impuesto a la utilidad, según información obtenida por la página de servicio de impuestos internos, esta corresponde a un 17%

$$t = 0,17$$

$$K_e = t \cdot r + Pr$$

La base libre de riesgos es la tasa de los documentos de inversión colocados en el mercado de capitales, en este caso se aplicará la tasa de captación anual que el Banco Chile aplica a sus clientes:

$$Tir = 6\%$$

El premio por riesgo corresponde a una exigencia que hace el inversionista por tener que asumir un riesgo al optar por una inversión distinta que reporta una utilidad asegurada.

Este se puede estimar restando de la rentabilidad del mercado la tasa libre de riesgos

$$Pr = R_m - Tir$$

Como dato se utilizará la rentabilidad del sector turístico en Chile en los últimos años, obtenido en Sernatur, como valor de referencia de rentabilidad turística para calcular el premio por riesgo

$$Pr = 10\% - 6\%$$

$$Pr = 4\% \quad \text{por lo tanto:}$$

$$K_e = 10\%$$