

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL**



**Diseño de un catamarán eco-sostenible para el servicio multifuncional a las  
Islas Lobos de Afuera y Lobos de Adentro, Lambayeque**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO NAVAL**

**AUTOR**

**Luis II Linares Blondet**

**ASESOR**

**Manuel Arcenio Urcia Larios**

**<https://orcid.org/0000-0003-2330-1300>**

**Chiclayo, 2022**

**Diseño de un catamarán eco-sostenible para el servicio  
multifuncional a las Islas Lobos de Afuera y Lobos de Adentro,  
Lambayeque**

PRESENTADA POR

**Luis II Linares Blondet**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO NAVAL**

APROBADA POR

Alexander Querebalú Morante

PRESIDENTE

Wilson Alejandro Jiménez Zuloeta

SECRETARIO

Manuel Arcenio Urcia Larios

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mi padre celestial por haber forjado mi camino con su amor y sabiduría. A mis padres Luis Alberto y Sara Magdalena, porque ellos siempre estuvieron a mi lado brindándome su apoyo incondicional, las mejores enseñanzas y sacrificio en todos estos años de vida. A mis hermanas Karla y Susan, por su apoyo emocional e incondicional en todo el trayecto de mi carrera y mi vida. A mi sobrina Fabiana por ser el motivo especial de superación a ser mejor persona y profesional.

## **Agradecimientos**

A Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, quienes han creído en mi persona, brindándome su amor y apoyo incondicional en todo momento. Al Dr. Manuel Urcia por brindarme siempre sus conocimientos y enseñanzas que me han hecho crecer profesionalmente. A todos los profesores que en el trayecto profesional me enseñaron e inculcaron sus conocimientos y valores.

## TESIS FINAL - LINARES

---

### ORIGINALITY REPORT

---

15%

SIMILARITY INDEX

14%

INTERNET SOURCES

1%

PUBLICATIONS

1%

STUDENT PAPERS

---

### PRIMARY SOURCES

---

1	<a href="https://creativecommons.org">creativecommons.org</a> Internet Source	9%
2	<a href="https://tesis.usat.edu.pe">tesis.usat.edu.pe</a> Internet Source	2%
3	Submitted to Unviersidad de Granada Student Paper	1%
4	<a href="https://rodin.uca.es">rodin.uca.es</a> Internet Source	<1%
5	<a href="https://europe.oceana.org">europe.oceana.org</a> Internet Source	<1%
6	<a href="https://repository.its.ac.id">repository.its.ac.id</a> Internet Source	<1%
7	<a href="https://upcommons.upc.edu">upcommons.upc.edu</a> Internet Source	<1%
8	<a href="https://legislacion.vlex.es">legislacion.vlex.es</a> Internet Source	<1%
9	<a href="https://www.mincetur.gob.pe">www.mincetur.gob.pe</a> Internet Source	<1%

---

# Índice

<b>RESUMEN .....</b>	<b>10</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>11</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>12</b>
1.1. Objetivos.....	14
1.1.1 Objetivo general .....	14
1.1.2 Objetivos específicos .....	14
1.2. Justificación .....	14
1.2.1. Justificación Metodológica:.....	14
1.2.2. Justificación Tecnológica: .....	14
1.2.3. Justificación Ambiental: .....	14
1.2.4. Justificación Social:.....	15
1.2.5. Justificación Económica:.....	15
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>16</b>
2.1 Antecedentes del problema.....	16
2.1.1 Mundo.....	16
2.1.2 En el Perú.....	17
2.2. Fundamento Teórico.....	17
2.2.1 Definiciones principales de un buque.....	17
2.2.2 Limitaciones Dimensionales.....	18
2.2.3 Catamarán.....	19
2.2.4 Evolución del proyecto.....	23
2.2.5 Registros de clasificación .....	24
2.2.6 Propulsión en una embarcación .....	25
2.2.7 Materiales .....	26
<b>III. ANÁLISIS Y DISEÑO .....</b>	<b>28</b>
3.1 Autonomía .....	28
3.1.1. Especificación del Sector.....	28
3.1.1.2. Mapa de la zona de proyecto .....	28
3.1.2 Exigencia de diseño .....	29
3.1.2.1 Número de pasajeros .....	30
3.1.2.3.1 Sala de máquinas .....	31
3.1.3. Velocidad.....	31
3.1.4 Consumo a bordo.....	31
3.1.5 Sistemas y equipamiento .....	32
3.2 Diseño.....	35

3.2.1	Consideración .....	35
3.2.2	Dimensiones principales.....	35
3.2.3	Diseño de formas .....	38
3.2.4	Distribución General .....	39
3.2.5	Diseño del sistema fotovoltaico Caracterización del recurso solar .....	40
3.3.	Hidrostática.....	44
3.4.	Francobordo y compartimentación.....	46
3.5.	Escantillonado y estructuras .....	51
3.5.2.	Materiales .....	52
3.5.3.	Cálculos de escantillonado .....	52
3.6	Predicción de la potencia y la elección del aparato motor .....	57
3.6.1	Selección del motor .....	59
<b>IV.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>61</b>
4.1.	Estabilidad .....	61
4.1.1	Criterios de estabilidad .....	61
4.1.2.	Estabilidad a diferentes condiciones de carga .....	61
<b>V.</b>	<b>ECONOMÍA DEL PROYECTO .....</b>	<b>68</b>
5.1.	Costo de la embarcación.....	68
5.2.	Retorno de la inversión – ROI.....	72
<b>VI.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO .....</b>	<b>74</b>
6.1	Tipo y nivel de investigación. ....	74
6.1.1.	Enfoque.....	74
6.1.2	Tipo.....	74
6.1.3	Nivel .....	74
6.2	Diseño de la investigación.....	74
6.3	Población y muestra. ....	74
6.4	Criterios de selección.....	74
6.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	74
6.6	Procesamiento de recolección de datos .....	75
6.7	Procedimiento y análisis de datos.....	75
6.8	Matriz consistencia .....	75
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>76</b>
<b>VIII.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>77</b>
<b>IX.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....</b>	<b>78</b>
<b>X.</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>80</b>

## Lista de Tablas

Tabla 1. Consumo a bordo .....	32
Tabla 2. Dimensiones Iniciales .....	35
Tabla 3. Dimensiones similares a mi embarcación .....	35
Tabla 4. Dimensiones Logradas .....	38
Tabla 5. Radiación incidente promedio mensual inclinada con dirección ecuatorial (kWh/m <sup>2</sup> /día) .....	40
Tabla 6. Características geométricas del catamarán en función al calado .....	44
Tabla 7. Resultados de Resistencia y Potencia .....	57
Tabla 8. Primera condición de carga .....	62
Tabla 9. Características en la primera condición de carga .....	63
Tabla 10. Segunda condición de carga .....	65
Tabla 11. Características en la segunda condición de carga .....	66
Tabla 12. Costo de equipamiento (Sistema Propulsivo) .....	68
Tabla 13. Costo de equipamiento (Generadores y baterías).....	68
Tabla 14. Costo de equipamiento (Sistema de achique) .....	69
Tabla 15. Costo de equipamiento (Sistema Sanitario) .....	69
Tabla 16. Costo de equipamiento (Bomba de aceite y petróleo) .....	69
Tabla 17. Costo de equipamiento (Puertas, defensa y carpintería) .....	70
Tabla 18. Costo de equipamiento (Equipos electrónicos y de comunicación).....	70
Tabla 19. Costo de equipamiento (Sistema de fondeo).....	70
Tabla 20. Costo de equipamiento (Confort).....	71
Tabla 21. Costo de equipamiento (Sistema de seguridad) .....	71
Tabla 22. Costo de materiales e insumos (planchas e insumos) .....	71
Tabla 23. Inversión mensual de la embarcación .....	72
Tabla 24. Ingreso bruto mensual de la embarcación .....	72
Tabla 25. Ingreso bruto anual de la embarcación.....	73
Tabla 26. Recuperación de la inversión .....	73
Tabla 27. Periodo de recuperación de inversión de la embarcación .....	73

## Lista de Figuras

Figura 1. Perfil Turista Extranjero –PromPerú .....	12
Figura 2. Encuesta Trimestral de Turismo Interno .....	13
Figura 3. Perfil Turista Extranjero – PromPerú .....	13
Figura 4. Espiral de Proyecto .....	23
Figura 5. Aleaciones del Aluminio .....	27
Figura 6. Propiedades mecánicas del aluminio .....	27
Figura 7. Utilidades de la aleación como producto laminado .....	27
Figura 8. Composición química de la aleación .....	28
Figura 9. Propiedades físicas de la aleación.....	28
Figura 10. Isla Lobo de Afuera y Lobos de Tierra.....	29
Figura 11. Distancia de recorrido desde Puerto Pimentel a las Islas.....	29
Figura 12. Visitantes extranjeros y nacionales a los principales recursos turísticos en Lambayeque .....	30
Figura 13. Chalecos.....	32
Figura 14. Aros.....	33
Figura 15. Cohetes.....	33
Figura 16. Bengalas.....	33
Figura 17. Balsas .....	34
Figura 18. Luces y marcas.....	34
Figura 19. Líneas de formas en Maxsurf.....	39
Figura 20. Modelado en Maxsurf .....	39
Figura 21. Cantidad de incidencia de energía solar diaria según el grado de inclinación .....	41
Figura 22. Características de controladores de carga .....	43
Figura 23. Tabla de francobordo para buques de tipo “B” .....	47
Figura 24. Ubicación de los tanques .....	50
Figura 25. Simulación en Max Surf de olas a una velocidad de 16 nudos.....	58
Figura 26. Simulación de Olas bajo la línea de flotación a 16 nudos .....	59
Figura 27. Simulación de olas vista de planta .....	59
Figura 28. CUMINS KTA38-MO de 559Kw .....	60
Figura 29. Azimutal.....	60
Figura 30. Curva de momento escorante y momento adrizante .....	61

## Lista de Gráficas

Gráfica 1. Relación L-BElaboración propia.....	36
Gráfica 2. Relación L-T .....	37
Gráfica 3. Relación B -T .....	37
Gráfica 4. Curvas Hidrostáticas .....	45
Gráfica 5. Curvas de los coeficientes .....	46
Gráfica 6. Curvas cruzadas.....	46
Gráfica 7. Curva de estabilidad GZ.....	64
Gráfica 8. Curva de Estabilidad GZ.....	67

## RESUMEN

El presente proyecto se propone diseñar un catamarán eco-sostenible en aluminio para 60 pasajeros, destinado a las Islas Lobos de Afuera y Lobos de Adentro, ubicadas frente a las costas de la región Lambayeque. Dichas Islas poseen un gran potencial para el desarrollo turístico, además del aprovechamiento de sus recursos naturales, que permitiría ayudar e incrementar muchas fuentes de trabajo y el desarrollo de nuevas competencias. La realización del proyecto permitirá que se genere nuevas rutas turísticas para el atractivo de la gran cantidad de visitantes nacionales e internacionales, así se promoverá el turismo y a su vez permitirá que los visitantes descubran las riquezas que posee la región Lambayeque, trayendo consigo un mayor fortalecimiento en el sector económico.

**Palabras claves: eco-sostenibles, catamarán, turismo, económico.**

## **ABSTRACT**

This project aims to design an eco-sustainable aluminum catamaran for 60 passengers, destined for the Lobos de Afuera and Lobos de Adentro Islands, located off the coast of the Lambayeque region. These Islands have great potential for tourism development, in addition to the use of their natural resources, which would help and increase many sources of work and the development of new skills. The realization of the project will allow the creation of new tourist routes for the attraction of the large number of national and international visitors, thus promoting tourism and in turn allowing visitors to discover the riches that the Lambayeque region possesses, bringing with it a greater strengthening in the economic sector.

**Keywords: eco-sustainable, catamaran, tourism, economic.**

## I. INTRODUCCIÓN

La zona turística desempeña un rol positivo en el desarrollo económico de nuestro país, según las cifras del (Mincetur), en el transcurso del año 2018, de todos los turistas extranjeros que visitaron nuestro país, el 1,6% visitó nuestra región de Lambayeque.

Además, se tiene en cuenta la cifra de extranjeros que visitaron nuestra región de Lambayeque, la cual provienen principalmente de los siguientes países presentados en la figura N°1:

Lambayeque: Países emisores	
Países	%
Chile	23,0%
Argentina	11,4%
Colombia	9,1%
Estados unidos	8,7%
Ecuador	4,6%
Alemania	4,5%
Suiza	3,6%
Francia	3,5%
Otros	31,6%

*Figura 1. Perfil Turista Extranjero –PromPerú*

Fuente: MINCETUR/VMT/DGIETA

En nuestra región Lambayeque. En el año 2018, la Encuesta del Trimestre Interno de Turismo, estimó un desarrollo aproximado de 1,9 millones de viajes en el interior de nuestra Región, lo que representó el 4,2% de la totalidad de viajes realizados a nivel nacional, donde Chiclayo (83,0%), Lambayeque (13,1%) y Ferreñafe (3,9%) son las zonas más asistidas.

Se representa una data de los motivos principales de visita a la región Lambayeque donde resaltaron los siguientes puntos: visitas a familiares y/o amigos (49,1%), por recreo y/o ocio (23,0%) y por comercio (12,1%).

Además, tenemos una data de las regiones emisoras en nuestra Región, teniendo como resultado las provincias más visitadas con los porcentajes representados en la siguiente figura correspondientemente:

Lambayeque: Regiones emisoras	
Regiones	%
Lima	45,5%
Lambayeque	17,5%
Cajamarca	7,7%
Piura	6,2%
La Libertad	5,7%
San Martín	5,0%
Otros	12,4%

Figura 2. Encuesta Trimestral de Turismo Interno

Fuente: MINCETUR/VMT/DGIETA

Los lugares que son concurridos por los extranjeros en nuestra región son los siguientes [1]:

Lambayeque: Lugares visitados	
Principales lugares visitados	%
Chiclayo	83,8%
Tumbas Reales de Sipán	29,8%
Lambayeque	23,8%
Sipán	19,8%
Pimentel	19,4%
Túcume	9,2%

Figura 3. Perfil Turista Extranjero – PromPerú

Fuente: MINCETUR/VMT/DGIETA

Según (Sernanp), afirma que próximamente se estará proyectando en apertura el turismo en la Isla Lobos de Tierra, situada en Lambayeque, gracias a la riqueza del sector, como también la defensa y producción de los recursos. Cabe resaltar que una de las principales problemáticas es el tiempo de recorrido hacia las islas lo cual genera un acceso que demora aproximadamente siete horas y con el implemento de un muelle se podrá reducir en dos horas menos el para así convertirlo en un full day, lo cual generaría interés en la zona. Se sostuvo que la población peruana tiene un apego con el mar, siendo la zona costera la más visitada en nuestro país, congregando 600 mil visitantes al año. [2]

La investigación relacionada con la sostenibilidad ambiental en el sector de la navegación representa para el sector náutico una gran oportunidad para innovar y diferenciar sus productos en el mercado, incluso la producción industrial de embarcaciones, de hecho, ha alcanzado tales características constituir un impacto ambiental significativo, en comparación con otros sectores más avanzados como el automotriz. Para esto, se tiene que aplicar nuevos métodos de tecnologías de procesos y productos, lo que ayuda a promover este cambio radical que surge. Además, se debe implementar herramientas para evaluar y abordar problemas relacionados con el impacto de estos productos, de la mano de con los criterios de diseño

sostenible y mediante la observación de estrategias implementadas en otros sectores.

Un problema obvio importante se refiere al impacto ambiental de objetos de este tamaño, que implican esfuerzos muy elevados de transporte y transformación. En cambio, es mucho más raro encontrar ejemplos de innovación aplicados a todo el sistema de procesos y productos, para lograr sostenibilidad ambiental en un sentido más amplio. Por otro lado, podemos ver que el sector náutico está surgiendo desde otro aspecto, y encontramos unas ideas de innovación que nacen de políticas destinadas a abordar el tema de la sostenibilidad en la navegación.

La contaminación producida por embarcaciones, es muy elevada debido a que poseen un impacto en las masas oceánicas como, por ejemplo: en las costas, áreas de que poseen ecosistemas marinos y terrestres, aquí es donde la biodiversidad de especies es abundante. Mediante un análisis encontramos características de contaminación y también del impacto ambiental y socioeconómico; además podemos deducir algunas soluciones posibles respecto a las medidas de reparación y restauración. [3]

## **1.1. Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo general**

Diseñar una embarcación tipo catamarán eco-sostenible para servicio multifuncional a las islas lobos de tierra y lobos de afuera, Lambayeque.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Diseñar la embarcación tipo catamarán a través del estudio de los diferentes tipos para obtener las características y dimensiones principales de mi buque proyecto.
- Realizar los cálculos respetando los criterios de estabilidad en base a las normas de los registros navales. Cálculo de la propulsión diésel- eléctrico y energía fotovoltaica para los servicios a bordo.
- Determinar los costos del proyecto y su financiamiento.

## **1.2. Justificación**

### **1.2.1. Justificación Metodológica:**

Esta investigación está justificada por registros de clasificación naval internacionales (American Bureau of Shipping, Reglamento Naval Italiano, Bureau Veritas, Normas ISO) y normas de seguridad por la OMI validas, viables y confiables que especifican la construcción de embarcaciones.

### **1.2.2. Justificación Tecnológica:**

Es mejorar el proceso constructivo de las nuevas embarcaciones en el Perú a través de nueva tecnología que contenga el proceso constructivo actualizado para este tipo de embarcaciones y su propósito.

### **1.2.3. Justificación Ambiental:**

Este proyecto está relacionado con la preservación del medio ambiente tanto el ahorro y poco uso de combustible; y por los paneles solares que hacen ahorrar energía a toda la embarcación.

**1.2.4. Justificación Social:**

Un nuevo proyecto hace que los armadores tengan una nueva visión de poder realiza la construcción e implementación de nuevos diseños e implementación que trae consigo la actualización peruana con mejores condiciones de navegación, mejor preservación y excelentes condiciones de seguridad para el tripulante.

**1.2.5. Justificación Económica:**

Esta propuesta está relacionada al ahorro económico tanto en el diseño, implementación e innovación el cual pueda ser sostenible desde el inicio hasta la finalización

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes del problema

#### 2.1.1 Mundo

En la investigación optimización hidrodinámica de un casco de catamarán con un bulbo central, tomando en cuenta su resistencia y el rendimiento Seakeeping, da a conocer que el uso de un bulbo central, colocado entre los semi cascos de un catamarán mejora sus características de Seakeeping y resistencia. La mayor parte de las pruebas realizadas por el autor (Zotti, 2003) y (Bertorello et al, 2004) considera, bulbos colocados en posiciones fijas, para no extenderse fuera del perfil del casco. Cuando un bulbo sobresale por debajo del fondo del casco o adelanta la perpendicular de proa, la resistencia y el movimiento vertical se reducen efectivamente. A partir de una investigación científica sobre resistencia, diferentes condiciones del bulbo han sido examinadas, se han elegido tres configuraciones entre las que dan los mejores resultados numéricos y se verificaron mediante pruebas experimentales. Las pruebas de resistencia y Seakeeping en mar en olas regulares se realiza. en un modelo a escala de 1:20 y la mejor configuración fue definida.

En el estudio paramétrico de un catamarán de áreas navegables interiores con bajo nivel de latencia " menciona que la estela que producen los barcos durante su navegación puede causar danos ambientales. La estela es un problema importante para ingenieros navales y para los astilleros navales que se concentran en diseños amigables con el medio ambiente. Este documento presenta los resultados de un estudio paramétrico de la forma de un casco de un catamarán para obtener formas de casco que produzcan una menor estela o embarcaciones a baja velocidad que navegan en aguas internas. El estudio utiliza una simulación de dinámica de fluidos computacional (CFD) y se llevaron a cabo experimentos modelo para la validación de la configuración del software CDF. El estudio se concentra en la forma asimétrica del casco del catamarán. La investigación se lleva a cabo en dos configuraciones de forma de casco; Las configuraciones Flat Side Inward (FSI) y Flat Side Outward (FSO). La investigación se realiza en una forma de casco con una relación de longitud a haz ( $L / B$ ) de 12,20, 15,2 y 18,3 y una relación de separación a longitud ( $S / L$ ) de 0,2, 0,3 y 0,4. Los resultados basados en los criterios de altura de oleaje en varios cortes longitudinales han demostrado que las configuraciones de FSO tienen un lavado de estela mas bajo en comparación con la configuración de FSI. Considerando las relaciones  $L / B$  y  $S / L$ , la forma del casco con una separación más grande o una relación  $L / B$  m.s alta produce alturas de ola más bajas [3].

Las características hidrodinámicas de los buques de alta velocidad multicascos, incluido el efecto de aguas poco profundas, dice que el objetivo de este trabajo es investigar las características hidrodinámicas de barcos catamarán y trimarán de alta velocidad a diferentes velocidades y profundidades finitas utilizando las técnicas de Dinámica de Fluidos Computacional (CFD). El método de Panel de origen de Rankine tridimensional con condición de límite de superficie libre no lineal se utiliza para capturar el flujo de potencial de superficie libre alrededor del casco del barco. Se determinan y comparan el patrón de onda, la resistencia a las olas, el hundimiento y el recorte para variar la separación lateral y longitudinal del casco con profundidades de agua variables para investigar el espaciado y los efectos de

profundidad en el barco multicasco. Los resultados calculados muestran un aumento significativo en la resistencia total para agua de profundidad finita en comparación con aguas profundas. También se ha encontrado un aumento significativo en el hundimiento y recorte en el caso de aguas poco profundas para ambos buques [4].

En el estudio de la hidrodinámica de los cascos de un solo ángulo de planeo y sus configuraciones de catamarán dice que los cascos de planeo asimétricos se usan a menudo en catamaranes de alta velocidad. En este estudio, se aplica un método de flujo de potencial linealizado para modelar hidrodinámica estable de cascos asimétricos individuales y sus configuraciones de catamarán. Los resultados numéricos se validan con datos experimentales disponibles y correlaciones empíricas. Los resultados del cálculo paramétrico se presentan para el coeficiente de sustentación y el centro de presión para la geometría variable del casquillo, los espaciamientos y los regímenes de velocidad. Se encuentra que el coeficiente de sustentación aumenta con espaciamientos más pequeños en el casco y disminuye a mayores números de Froude y mayores ángulos de deadrise [5].

En el estudio experimental de la influencia de la separación de los cascos sobre la resistencia en un catamarán de 32.5 metros no da a conocer un factor para determinar la óptima separación entre cada casco y así disminuir la resistencia total al avance. Se ha tomado como ejemplo al catamarán “Cormorant Evolution” de 32.5 metros de eslora; y, por medio del método de Yokoo y Tasaki, se va a determinar la interferencia por pruebas de arrastre en su modelo a escala con motor. Para este estudio se tomaron tres condiciones de separaciones entre los semiclásicos, considerando la velocidad de diseño y condiciones de carga; la disminución en la resistencia por interferencia cuando la separación es mayor en condiciones de carga ligera y pesada del modelo; en cambio para una velocidad de diseño, la resistencia total aumenta por producirse mayor interferencia entre los cascos.[5].

### **2.1.2 En el Perú**

En Perú, solo asigna una modesta prioridad al control de la contaminación marina, debido a la naturaleza deferente, como la falta de un número apropiado de científicos especializados y la falta de instrumentos adecuados para medir los contaminantes del agua de mar. [6]

## **2.2. Fundamento Teórico**

### **2.2.1 Definiciones principales de un buque**

El dimensionamiento es una de las primeras etapas dentro del desarrollo del proyecto, es esencial realizar un dimensionamiento de este. Este término se refiere a la obtención de las dimensiones y características principales del buque a partir de los requerimientos en alguna de ellas. Se considera que la eslora es la característica más importante, ya que a partir de ella se pueden obtener de manera más sencilla las otras dimensiones principales de la embarcación.

Para determinar la eslora se puede considerar tres diferentes formas:

- Evidentemente, cuando exista una restricción de la dimensión de la eslora o una especificación sobre la longitud del buque.
- A partir de relaciones de base experimental que ligan la eslora con la resistencia al avance. En general estas fórmulas relacionan la eslora con el número de Froude y el coeficiente de bloque. Estas fórmulas pretenden establecer un equilibrio entre la geometría del buque y la potencia propulsiva.
- Y, por último, desde las relaciones entre las dimensiones principales durante la base experimental. Una vez obtenidas estas, la eslora se puede obtener a partir de los principales requerimientos establecidos en el proyecto.

Entendemos como acepción de barco, al concepto de un flotador que se mueve parcialmente sumergido en un líquido, ya sea a través de agua dulce o salada; y debe cumplir con algunas disposiciones como: maniobrabilidad, navegabilidad, estabilidad, velocidad y flotabilidad. Por ello, las medidas de una embarcación son las áreas respecto la amplitud que habilita, hay tres dimensiones principales:

- Eslora (L): es la longitud horizontal a lo largo de la embarcación.
- Manga (B): es el ancho de la embarcación y esta es medida en la vista transversal
- Puntal (D): es la longitud vertical de la embarcación y esta se mide en la vista transversal.
- Calado (T): es la altura de la parte sumergida de la embarcación. [7] La

clasificación de las embarcaciones respecto al número de cascos:

- Monocasco: es el 98% de las naves que existen
- Catamarán: son embarcaciones a motor o vela, formados por dos cascos con las mismas dimensiones.
- Trimarán: estos barcos han tomado una ruta muy similar, pero en grandes longitudes solo ha comenzado a usarse en la Marina. [8]

### **2.2.2 Limitaciones Dimensionales**

Las dimensiones principales del buque están sometidas a determinadas limitaciones que pueden ser requerimientos del astillero. Las limitaciones dimensionales pueden imponer una restricción en la eslora, manga, calado o puntal, o bien en varias dimensiones.

Una limitación en la eslora puede ser impuesta por las dimensiones de los muelles. También puede aparecer por la necesidad de girar el barco en un paso estrecho. En

cualquier caso, se debe tener en cuenta si fuera necesario las consecuencias de estas limitaciones para el diseño, en el caso de que esta pueda llevar a una eslora menor que la que sería deseable si no existiera esta limitación. En este caso, como nos

presentamos ante un proyecto turístico, la estabilidad se considera punto importante de estudio, donde se deben evaluar los factores de acumulación de carga y zonas de tránsito fluido, además que limita el número de cubiertas que pueden disponerse, y por tanto determina las dimensiones del buque. El transporte de personas a bordo

indica especial cuidado en el cumplimiento de las normas, considerando especialmente los equipos de salvamento exigidos por la normativa, el confort a bordo y la habitabilidad deben de tener igual prioridad por el tipo de embarcación del proyecto.

### **2.2.3 Catamarán**

Catamarán, se denomina a el buque de dos cascos, unidos entre s. por una estructura transversal. Aunque fue probablemente inventado en Ceilán, su uso se extendió a la mayoría de las islas de la Polinesia y de la Micronesia en donde todavía se sigue utilizando. Se considera. por mucho tiempo que este tipo de embarcación no tenía un buen comportamiento en relación a un monocasco, debido a que su resistencia a la marcha era mucho mayor a velocidades bajas. Además, aunque la estabilidad transversal de un catamarán es muy buena, el resto de sus movimientos no difieren excesivamente de los de una embarcación de un solo casco. Por si fuera poco, la robusta estructura de unión entre los cuerpos de un catamarán hace que la embarcación sea muy pesada. Además, su altura sobre la superficie del agua limita, debido a la posibilidad de impacto, la capacidad de la embarcación para navegar en mares agitados.

A pesar de estos inconvenientes el catamarán ha gozado, en los últimos anos, de una gran popularidad extendiéndose su uso especialmente a la zona de buques rápidos de poco desplazamiento. Esto debido principalmente a la posibilidad que tiene de alcanzar altas velocidades y a que el área de cubierta por tonelada de desplazamiento es mucho mayor que la que tendrá un buque monocasco de la misma eslora o del mismo desplazamiento. Las ventajas del catamarán sobre el buque monocasco se basan en el simple principio de dividir el desplazamiento entre dos cuerpos que se colocan paralelos entre sí, separados transversalmente una cierta distancia y que se conectan por medio de una estructura unión. Con ello se consigue:

- Que la relación entre el desplazamiento y la eslora de cada uno de los cuerpos del catamarán sea menor que la que tendrá la embarcación de un solo casco de la misma eslora o del mismo desplazamiento. Por lo tanto, se puede proyectar cada uno de sus cuerpos de manera que su resistencia a alta velocidad sea mínima, sin tener que preocuparse excesivamente de la pérdida de estabilidad que lleva consigo el que las formas sean excesivamente finas.
- Que el momento de inercia de la flotación sea grande, por lo que la estabilidad transversal de un catamarán es mucho mayor que la de un buque monocasco de la misma eslora o del mismo desplazamiento.
- Que sea mayor el área en cubierta aprovechada que la de un monocasco con la misma eslora y/o del mismo desplazamiento.
- Un buen momento de giro al maniobrar con las hélices, ya que al estar situadas en la popa de cada uno de los cascos están bastante separadas transversalmente. Además, debido a la buena estabilidad y a la gran área de cubierta de los catamaranes, se tiene mayor libertad que la que se tendrá si se proyectara un buque monocasco, cuando se esté encajando la disposición general”.

### **Características y ventajas de un catamarán**

Dentro de las embarcaciones turísticas los catamaranes de paseo ofrecen una gran estabilidad y grandes espacios confort a diferencias de las demás embarcaciones monocascos. Estas características estructurales y de estabilidad los hacen ser muy apetecidos por los turistas en general. El tamaño y forma del catamarán queda determinados de acuerdo al perfil de misión de la nave, esto quiere decir a la zona de operación de la nave, y su tamaño en función de la demanda de servicio.

Las ventajas que presenta un catamarán en relación a un monocasco

- La relación velocidad/potencia de un catamarán es mucho mejor que la de los buques monocascos, puesto que permite alcanzar altas velocidades con una potencia instalada menor. Además, el ahorro de combustible en relación con un monocasco de características similares, es considerable.
- Por sus características, consigue una buena compartimentación y reserva de flotabilidad, lo cual mejora óptimamente la seguridad del buque, una ventaja considerable en. Este caso, por ser un buque de pasaje.
- El catamarán, por sus dimensiones y relación eslora/manga, ofrece una amplia plataforma, adecuada para instalar la zona de habilitación.
- El catamarán presenta una excelente maniobrabilidad, lo que facilita las labores de atraque y desatraque, reduciendo el tiempo de cada viaje y equipos extra como hélices de proa.
- Al tener unas formas más finas, la formación de olas es menor. Como se ha comentado anteriormente, las olas formadas son un factor a tener en cuenta al navegar.

### **Factores que intervienen en el diseño de un catamarán**

Se tiene que tomar en cuenta factores que determinan el diseño de la nave propuesta, estos son:

- Flujo probable de pasajeros por día en operación normal.
- Tipo de servicio que ofrecer. a los pasajeros en los viajes.
- Numero de cubiertas que dispondrá.
- Distancia de recorrido en cada viaje.
- Velocidad de servicio.
- Tipo de propulsores que utilizar. la embarcación.
- Condiciones climatológicas típicas en la zona de operación.
- Condiciones de los muelles de embarque y desembarque.

La clasificación de las embarcaciones respecto al régimen de su velocidad:

Muller Graf divide tres regímenes de velocidad para tener una idea clara de algunos diseños de cascos.

- Desplazante  $0.1 < Fn < 0.6$

Encontramos algunos resultados relacionados a la resistencia de avance de los catamaranes:

- La resistencia avanzada de los catamaranes: para  $0.3 < Fn < 0.6$ ;

Donde el casco simétrico posee una más elevada resistencia a la interferencia

que en embarcaciones que poseen casco de forma asimétricas. La más grande intromisión ocurre en  $F_n = 0.48$

- Semi-desplazante  $0.6 < F_n < 1.2$

Son los elementos de resistencia debido a la asistencia de los dos cascos aumentan rápidamente. Además, estos componentes incluyen a la resistencia adicional a la fricción, debido a la superior velocidad de flujo entre los cascos. Nuestro número de Froude es 1.02

- Planeadores  $1,2 < F_n$

Para altas velocidades, la interferencia entre el área por el bote y las olas es insignificante, ya que en realidad no existe.

Patines de catamarán

Los requisitos para el dimensionamiento de los patines son:

- Dar el empuje suficiente a la cubierta.
- Ofrecer una resistencia al avance suficientemente para poder alcanzar velocidad exigida.
- Tener un comportamiento hidrodinámico aceptable.
- Tener un volumen suficientemente para alojar los motores.
- La primera decisión que se debe tomar en esta etapa inicial de diseño es si los cascos van a ser simétricos o no simétricos. A continuación, se justifica la elección de cascos simétricos:
- En algunos casos se ha conseguido con cascos asimétricos que el incremento de resistencia al avance debido a las interferencias entre cascos fuera menor que, en el caso de cascos simétricos, pero aun no se conoce con certeza como debe ser el diseño para conseguir este efecto.

### **Fenómenos hidrodinámicos especiales en catamaranes – fenómeno de Splash**

Ocurre cuando la separación entre cascos es pequeña y la velocidad del buque alta. El flujo en el interior del túnel puede sufrir un bloqueo que produce un rápido ascenso del nivel de agua (fenómeno splash). El peligro de este fenómeno es que puede llegar a golpear la cubierta húmeda. Se calcula el número de Froude al que esto ocurrir. en catamarán de diseño [15].

$$f'' = \%10((S - C_p \cdot b)1 - 1) \cdot Lb$$

Donde:

- L = Eslora
- b = manga del patín
- S = distancia entre las cruj.as de ambos cascos
- CP= Coeficiente prismático

Estima del peso de la embarcación y el desplazamiento

La ley fundamental por la cual un cuerpo puede flotar es el principio de Arquímedes, que dice que todo cuerpo completo o parcialmente sumergido recibe un empuje vertical hacia arriba igual al peso del volumen que desplaza, esta fuerza pasa por el centro de carena, y depende de la densidad del líquido desplazado, entonces tenemos que [15]:

$$E = \nabla \rho g$$

Todo buque tiene un peso, y para que flote, el empuje debe ser igual al peso. La estimación del peso del buque (o mejor dicho, la masa del buque) y la posición del centro de gravedad de la nave es una parte fundamental del diseño preliminar.

El peso total del buque se puede dividir inicialmente en dos partes: El peso del buque vacío (peso en rosca)

El peso muerto

$$W_{\text{total}} = W_{\text{rosca}} + W_{\text{peso muerto}}$$

El peso muerto es básicamente un requisito de diseño, mientras que el Peso en rosca es lo que debe ser estimada.

El peso en rosca representa el "sesgo" del peso del buque necesarios para llevar la carga útil requerida, tal como lo entrega astillero al final de la construcción, sin tripulación, ni carga consumible (víveres, combustible, agua, lastre, etc.

El alcance de la determinación de la masa de rosca es obtener una estimación del desplazamiento del buque una vez que nos han dado el peso muerto.

Se prevé. que la estimación de la masa en rosca es una tarea que requiere, en general, de una experiencia considerable si se ha llevado a cabo con un alto grado de precisión.

Por supuesto, el alto grado de precisión se obtiene a través del proceso de diseño, siendo este el mejor.

Sin embargo, alcanzar un alto nivel de confianza para la estimación de la masa de rosca es necesaria una experiencia significativa y, por lo general, una buena base de datos de partida.

El peso en rosca se puede subdividir teniendo en cuenta las siguientes categorías:

$$W_{\text{rosca}} = W_{\text{estructuras}} + W_{\text{equipamiento}} + W_{\text{maquinas}}$$

Luego, el peso muerto en nuestro caso se subdivide de la siguiente forma:

$$W_{\text{muerto}} = W_{\text{pasajeros}} + W_{\text{tripulación}} + W_{\text{combustible}} + W_{\text{margen Estabilidad de naves multicasco}}$$

Criterios de estabilidad sin avería

Toda nave multicasco tendrá. una buena estabilidad, incluso en mar con oleaje fuerte, para poder resistir el efecto producido por la aglomeración de pasajeros o por las maniobras de giro a gran velocidad que se describen en 1.4. Se considerar que la estabilidad de la nave es suficiente si esta cumple con lo dispuesto en el presente párrafo [15].

Área bajo la curva GZ

El área (A1) bajo la curva GZ hasta el ángulo  $\theta$  ser. como mínimo igual a:  $A1 = 0,055 \times 30 \hat{A} \hat{a} / \Theta$  (m.rad)

Donde:

GZ máximo

- ✓  $\Theta$  es el menor de los ángulos siguientes:
- ✓ • ángulo de inundación descendente
- ✓ • ángulo al que se da el GZ máximo
- ✓ 30°

El valor máximo de GZ corresponder a un ángulo de 10° como mínimo. Escora producida por el viento

El brazo escorante producido por el viento se supondrá constante a todos los ángulos de inclinación y se calcular como se indica a continuación [15]:

$$HLO = ,P.Q.R \text{ STUU } \Delta (m)HL$$

## 2.2.4 Evolución del proyecto

Un buque es la realización de la labor de muchas carreras afines relacionadas. La evolución de producción de un proyecto de barco es un desarrollo iterativo. Esto se refleja en el gráfico de la espiral de proyecto. Ver figura N° 5

Los periodos del diseño del barco son 3 y son los siguientes:

- ✓ Diseño conceptual: en este ciclo, los requisitos y capacidades para que se navegue se requiere los detalles y características de la nave. Donde debe detallar las medidas principales, desplazamiento, estabilidad, formas del casco, flotabilidad, planos generales, planos de distribución; y para hacer las estructuras debe hacerse a través de algún registro de clasificación.

Diseño preliminar: este ciclo logra obtener las características principales del barco, después de esto algunas características principales no se pueden cambiar o modificar, por ejemplo: dimensiones de la nave, potencia del barco y peso muerto.



Figura 4. Espiral de Proyecto

Elaboración: H. Gonzales

Datos: “Disposición a la edificación del buque I”

- ✓ Diseño contractual: aquí se detallan los últimos ajustes del proyecto. Las pruebas se llevan a cabo en el canal de experiencias, cálculos de comportamiento y maniobrabilidad, todas las estructuras se calculan en detalle, se seleccionan los materiales de construcción, el cálculo final de los pesos, el centro de gravedad del buque y todos los planes generales. [11]

### 2.2.5 Registros de clasificación

Son sistemas que fomentan regulaciones y tienen como objetivo las exigencias de los clientes, impulsando la integridad de los seres humanos y también la preservación del medio ambiente marino y el medio ambiente con la demostración de normas o modelos para todo el diseño. También se utilizan para dimensionar estructuras. Prevalecen las normas internacionales como el (ABS), la Oficina Veritas que se utilizan para el cuartel del barco; Criterios de código de estabilidad (OMI); MARPOL; SOLAS. [12]

- **Estimación del peso requerido de la nave y su desplazamiento**

En este aspecto se estima el principio de Arquímedes, donde explica a detalle que todo cuerpo parcialmente sumergido percibe un empuje vertical en dirección arriba con semejanza al peso del volumen desplazado, aquella fuerza es trasladada al centro de carena, y necesita la densidad de todo el líquido que se desplaza, por ello estimamos que [13]

$$E = \nabla \rho g$$

Sabiendo que cualquier buque posee un determinado peso, y para que pueda flotar, este empuje tiene que ser semejante al peso.

- El peso total de la embarcación se divide en:
- Peso en rosca: es el peso del buque completamente vacío
- Peso muerto:

$$W_{total} = W_{rosca} + W_{peso\ muerto}$$

El peso muerto es un requerimiento del diseño y el peso en rosca se debe calcular.

Se dispone que la estimación de la masa en rosca tiene que poseer una experiencia considerable ya que tiene un alto valor de precisión; esto se obtiene por el proceso de diseño, el cual tiene que ser el más adecuado.

Sin embargo, para que se pueda estipular este nivel de confianza para la consideración de la masa de rosca se necesita de mucha experiencia.

El peso en rosca se encuentra con las siguientes formulas:

$W_{rosca} = W_{Estructuras} + W_{Equipamiento} + W_{Maquinaria}$  Luego, el peso muerto también se puede separar de la siguiente manera:

$W_{muerto} = W_{pasajeros} + W_{tripulacion} + W_{combustible} + W_{Viveres} + W_{líquidos} +$

## *W*margin

### 2.2.6 Propulsión en una embarcación

Para que una nave pueda moverse o desplazarse, se tiene que someter a la fuerza de resistencia brindada tanto por aire como por el agua. Para poder solucionar esta

problemática, se debe tener el propulsor que transformará la potencia en empuje, la presencia de la carena del buque y el motor que será el encargado de otorgar la potencia necesaria para su avance. La fuerza de resistencia se divide en:

- *RF*: Resistencia de fricción
  - *RR*: Resistencia residual
  - *A*: Resistencia de apéndices
- 
- Resistencia de fricción (*RF*): se debe a la viscosidad, esta resistencia se produce porque existe un cuerpo el cual se logra mover en un fluido estático, una pequeña capa delgada de fluido se une al área del cuerpo y por lo que logra moverse a la velocidad del cuerpo.
  - Resistencia residual (*RR*): Esta resistencia es el resultado de la resistencia por fricción y la resistencia total. Por lo tanto, estas dos fuerzas se dividen para tener como resultado la resistencia total del buque al avanzar.
  - Resistencia de apéndices (*RA*): Es el número de apéndices que poseen las embarcaciones, cada embarcación tiene sus características propias, por ello es mejor tomar la resistencia que se produce por separado, así se pueden generar diferentes resistencias mencionándolas previamente.

Por ello, podemos deducir a la hipótesis de William Froude:

$$RT = RF + RR$$

Existen algunos ordenes sistemáticos para poder determinar la  $R_t$ , entre ellos: ITTC'78, Series de Holtrop, etc. Donde podemos aplicar la fórmula para hallar la  $R_t$  del catamarán, con este método.

$$RT_{Cat} = 2 \times RBH + Iat + RAP + RAA + RW$$

Donde:

*RBH*: Resistencia del casco liso *R*

*Iat*: Resistencia que interfieren en el casco del catamarán

*RAP*: Resistencia por apéndices

*RAA*: Resistencia Aérea

*RW*: Resistencia de las olas

Gracias a la  $R_t$  se podrá hallar la potencia que necesitaremos para poder encontrar el motor o los motores que requiere la embarcación

*RBH*: Resistencia del casco liso *R*

*Iat*: Resistencia que interfieren en el casco del catamarán  
*RAA*: Resistencia Aérea

*RW*: Resistencia de las olas

### 2.2.7 Materiales

Para la construcción de embarcaciones se tienen en cuenta los siguientes materiales: aluminio, acero, fibra de vidrio, etc. La embarcación a realizar se trabajará con aluminio.

- **Aluminio**

El aluminio es un elemento químico el cuál se encuentra en estado puro. Proviene de la bauxita, por medio de algunos procesos determinados. Con todas las propiedades que posee el aluminio tanto como las propiedades físicas, químicas y mecánicas el aluminio está en todo el planeta: aviones, buques, vehículos, latas, cables, etc. Hoy en día, los materiales que lo superan son el hierro y el acero.

La fabricación de barcos empleando aleaciones de aluminio es novedosa, a la fecha el costo de las aleaciones de aluminio ha disminuido. Recientemente la aleación empleada en la fabricación de botes corresponde a la serie 5 (5086) y la fabricación corresponde para sus refuerzos es la aleación 6 (6061). La corrosión del aluminio, hoy en día es espléndidamente controlable, con ello se confirma que es inexistente. Además, hay diversas aleaciones de aluminio, pero muy pocas utilizadas para la fabricación de barcos. La aleación que se emplea para realizar la elaboración del marco y los refuerzos (6061), y para el revestimiento, que consta de la cubierta y casco (5086). El aluminio es un material más liviano que el acero, pero más complejo al momento de darle forma al casco.

El método de construcción del aluminio naval emplea la técnica del acero naval, se produce un caparazón con refuerzos, y las cuadernas para proceder a forraras con planchas de este material. Además, para que se pueda soldar este metal se está usándola implementación de un gas, usualmente el argón u otras mezclas de algunos gases. Como resultado se obtiene una soldadura limpia sin ninguna contaminación. [14]

A continuación, tenemos algunos valores del aluminio:

Propiedades	Aluminio	Acero
Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	2,699	7,86
Calor específico [J/g.°C]	0,900	0,444
Calor latente de fusión [J/kg].10 <sup>6</sup>	0,400	0,275
Punto de fusión [°C]	660,2	1539
Punto de ebullición [°C]	2057	2750
Resistividad eléctrica a 20°C [Ω.m].10 <sup>8</sup>	2,63	9,71
Módulo de elasticidad [kg/mm <sup>2</sup> ]	6700	20000
Carga de ruptura [kg/mm <sup>2</sup> ]	16-20	40

Del mismo modo diferentes series de aluminio con sus designaciones aleantes y principales compuestos en aleación:

Figura 5. Aleaciones del Aluminio

Serie	Designación	Aleante principal	Principales compuestos en la aleación	Características
Serie 1000	1XXX	99% al menos de aluminio		-Alta resistencia a la corrosión -No tóxico -Excelente acabado -Alta conductividad eléctrica y térmica -Excelente reflectividad
Serie 2000	2XXX	Cobre (Cu)	$Al_2Cu$ - $Al_2CuMg$	-Alta resistencia mecánica -Alta resistencia a la corrosión -Buena maquinabilidad
Serie 3000	3XXX	Manganeso (Mn)	$Al_6Mn$	-Alta resistencia mecánica -Alta resistencia a la corrosión -Buena maleabilidad
Serie 4000	4XXX	Silicio (Si)	-	-Alta resistencia al calor
Serie 5000	5XXX	Magnesio (Mg)	$Al_3Mg_2$	-Alta resistencia mecánica -Alta resistencia a la corrosión, especialmente al agua de mar
Serie 6000	6XXX	Magnesio (Mg) y Silicio (Si)	$Mg_2Si$	-Buena resistencia mecánica -Alta resistencia a la corrosión -Buena maquinabilidad -Buena soldabilidad
Serie 7000	7XXX	Zinc (Zn)	$MgZn_2$	-Alta resistencia mecánica -Buena maquinabilidad.
Serie 8000	8XXX	Otros elementos	-	-

- **Elección de la aleación de aluminio para construcción de la estructura**

IMÁGENES1 La elección que se tomará en cuenta es la aleación con serie 5xxx. Para este catamarán tendremos en cuenta un aluminio AW-5083 con temple H116 - H321 por las siguientes propiedades encontradas:

Figura 6. Propiedades mecánicas del aluminio

Aleación	Temple	Resistencia a tracción [MPa]	Límite elástico [MPa]	Dureza HBW
EN AW-5083	H116 H321	305	125	89

Figura 7. Utilidades de la aleación como producto laminado

Aleación	Características	Usos	Temple
5083	Aleación más fuerte con excelente resistencia a la corrosión y muy apta para la soldadura.	Chapas y planchas para astilleros, cascos de barcos, lanchas rápidas, yates, tanques de almacenamiento de gas natural líquido (LNG), equipos químicos, superestructuras soldadas (de gran durabilidad), tanques a presión.	0 H111 H112 H116 H321

Figura 8. Composición química de la aleación

Aleación	%	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Otros
5083	Min.	-	-	-	0,4	4,0	0,05	-	-	-
	Max.	0,40	0,40	0,10	1,0	4,9	0,25	0,25	0,15	0,05

Figura 9. Propiedades físicas de la aleación

Aleación	5083
Densidad	$2,66 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$
Coefficiente medio por expansión térmica (20-100°C)	$23,8 \times 10^{-6} \text{ por } ^\circ\text{C}$
Rango de fundición aproximado	580-640 °C
Conductividad térmica	117 W/m°C (a 25°C)
Módulo de elasticidad	71 GPa
Coefficiente de Poisson	0,33
Potencial de solución electrolítica	-0,91 V

Por ultimo cabe resaltar que se puede soldar este material con las siguientes métodos: Rayos electrones de refuerzos, por puntos, TIG y MIG.. [15]

### III. ANÁLISIS Y DISEÑO

#### 3.1 Autonomía

Este parámetro es el tiempo de la embarcación a permanecer en el agua sin ningún problema. Considerando que el catamarán operará desde Lambayeque hasta las Islas Lobos de Afuera y Lobos de Tierra, hipotizando un rango de acción de 136 millas, respetando a la vez las 200 millas del mar peruano; la velocidad máxima empleada será 16 nudos, correspondiente a no más de 8 horas de navegación (ida y retorno).

#### 3.1.1. Especificación del Sector

##### 3.1.1.1. Entorno de la región

El diseño está propuesto para las Islas Lobos de Afuera y Lobos de Adentro, situada en el departamento de Lambayeque; La isla Lobos de Afuera están situadas a 103 kilómetros desde el Puerto de Pimentel y tiene un total de 235,81 hectáreas, la cual dispone de dos islas las cuales están separadas por un canal. La isla Lobos de Tierra se encuentra ubicada en el frontis de Puerto Etén, con una distancia de 50 Km de la costa. Posee un clima cálido y en la cual viven una gran variedad de ejemplares de aves. [16]

##### 3.1.1.2. Mapa de la zona de proyecto

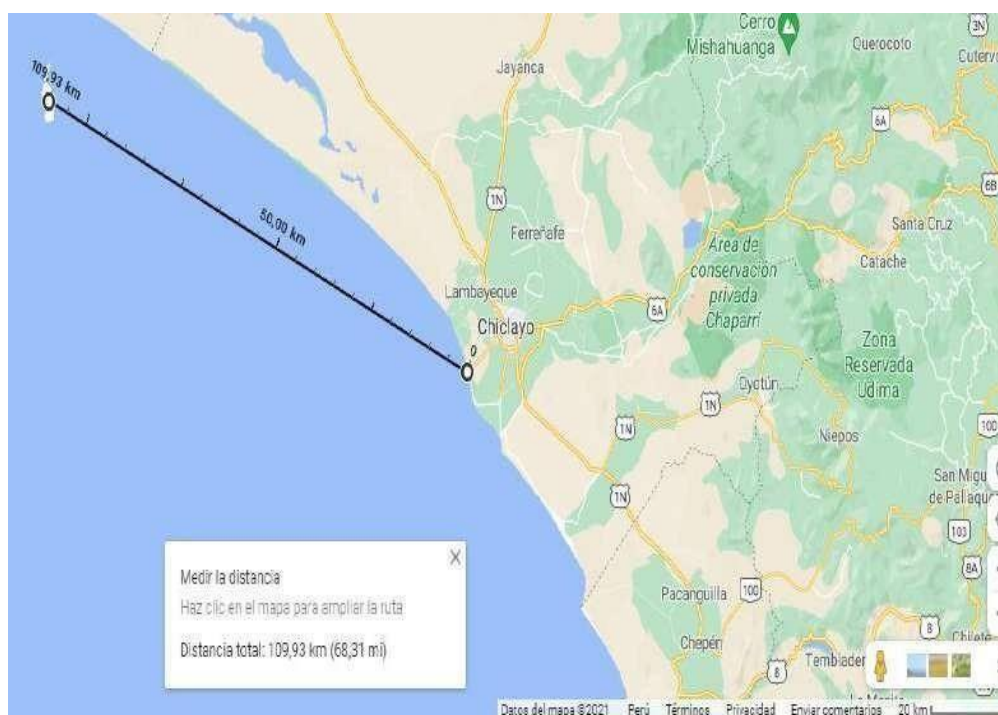
El territorio de recorrido es el siguiente:

Figura 10. Isla Lobo de Afuera y Lobos de Tierra



Fuente: Petersen, 1998

Figura 11. Distancia de recorrido desde Puerto Pimentel a las Islas



Fuente: Google Maps

### 3.12 Exigencia de diseño

Será una embarcación turística para hacer viajes en las islas Lobos de Afuera y Lobos de Tierra brindando servicios de tours, pesca o para eventos privados. La nave es un catamarán, la cual transportará un promedio de 50 y 60 personas, asimismo debe de adaptarse a las opciones de servicio mencionadas anteriormente; así mismo debe de contar con las más óptimas condiciones para el confort a bordo de toda la tripulación, además

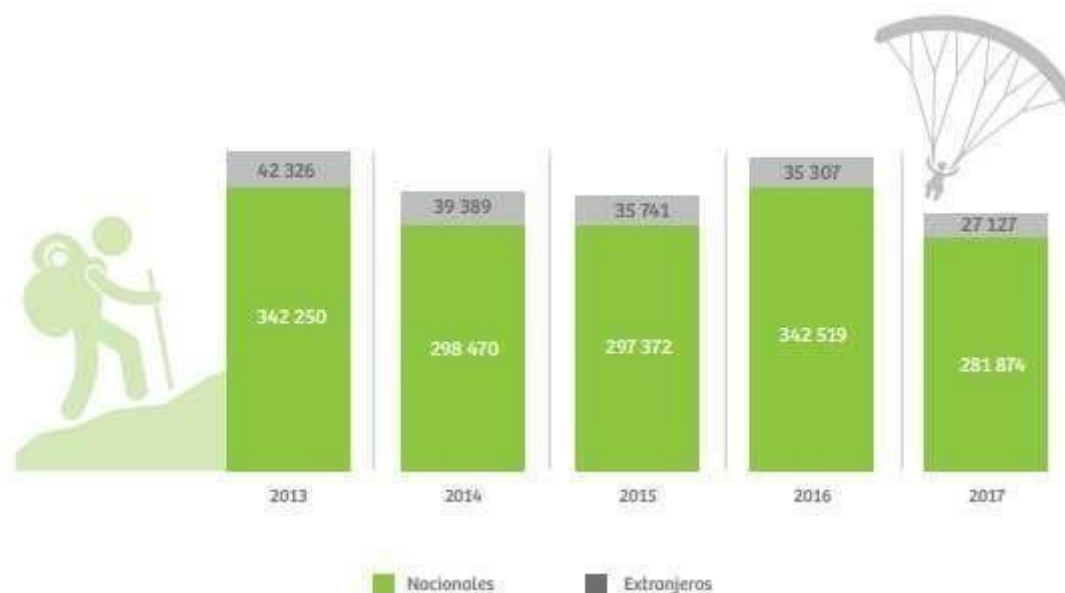
tendrá que tener en sus instalaciones todos los equipos requeridos para todo suceso que se realice mientras se está navegando, a su vez estará capacitada (Por el Real Decreto 1544/2007 que promueve accesibilidad y la no discriminación a personas discapacitadas). La nave tendrá dos cubiertas, con servicios independientes todos ellos pronunciados en los planos de distribución, en la segunda cubierta estará la cabina de mando; la embarcación tendrá conexiones para celulares y artefacto por medio de paneles solares.

### 3.1.2.1 Número de pasajeros

La embarcación tipo catamarán está diseñada para alojar a máximo de 60 personas; 50 pasajeros y 10 tripulantes; con una autonomía de 24 horas.

Con la ayuda de algunos resultados podremos saber cuántas personas podrán ingresar en la embarcación, estos datos han sido estipulados, determinando la demanda de los turistas que visitarán la zona en las próximas temporadas.

*Figura 12. Visitantes extranjeros y nacionales a los principales recursos turísticos en Lambayeque*



Fuente: MINCETUR

### 3.1.2.2 Áreas y espacios considerados

La embarcación turística tendrá que poseer ciertos estándares en lo que corresponde su servicio siendo este (clase A), el cual debe satisfacer las necesidades básicas y de confort para los clientes. Por lo tanto, se considerará algunas áreas como:

#### Primera Cubierta

La primera cubierta tiene como disponibilidad asientos cómodos para los pasajeros a bordo, a su vez cuenta con su propio servicio higiénico, también se colocará una barra de bar, además de espacios libres que serán utilizados para almacenes y también habrá una cocina.

## **Segunda Cubierta**

Se implementará un amplio y confortante salón principal, donde se desarrollarán diferente tipo de actividades, este posee una barra de bar, servicios higiénicos; además estará ubicado el puente de mando con dirección a proa, el cual cuenta con todos los dispositivos requeridos para una buena navegación confiable y eficiente.

### **3.1.2.3 Volúmenes necesarios en los patines**

Para los cascos de los patines estarán disponibles para poder instalar los tanques de combustible, tanques de agua, motores, unos camarotes y una conservadora para los alimentos llevados a bordo.

#### **31231 Sala de máquinas**

Para encontrar la altura de la cámara de máquinas, tendremos que realizar la siguiente sumatoria:

Altura estipulada por encima del motor para el escape + Altura del motor + Altura de la bancada

#### **31232 Tanques**

Incorporados en el interior de los patines, ambos tendrán la repartición de igual volúmenes. Además, se tendrá en cuenta los tanques de agua, combustible y aguas residuales.

### **3.1.3. Velocidad**

La velocidad es un factor muy influyente de la embarcación, ya que con este factor podemos nosotros determinar el tiempo que se requiere para operar y además del consumo de agua, combustible, aceite y provisiones para viajar.

Para poder determinar la velocidad se debe tener en cuenta condiciones normales como corrientes y vientos los cuales someten a la embarcación.

### **3.14 Consumo a bordo**

Está representado en la tabla N° 1, donde están indicados algunos de los equipos que serán destinados para los sistemas a bordo.

Tabla 1. Consumo a bordo

TABLA DE CONSUMO A BORDO DIARIO					TOTAL DE CONSUMO(W)	23513.3
SISTEMAS DE ILUMINACIÓN A BORDO					TOTAL	2010.8
ITEM 1	NOMBRE	CANT.	HORARIO DE USO	POT.UNIT (W)	POT.TOTAL	HORAS (H)
1.1	Luces de navegación	3	6:00 pm - 11:00 pm	10	150	5
1.2	Luces para oficinas	5	6:00 pm - 11:00 pm	3	30	2
1.3	Luz para baños	7	6:00 pm - 11:00 pm	5	70	2
1.4	Luz de cocina	4	6:00 pm - 11:00 pm	5	100	5
1.5	Luz de almacenes	4	6:00 pm - 11:00 pm	10	120	3
1.6	Luz de cabina de mando	7	6:00 pm - 11:00 pm	10	280	4
1.7	Luz de la barra de solarium	10	6:00 pm - 11:00 pm	4	200	5
1.8	Luz de la barra	6	6:00 pm - 11:00 pm	3	90	5
1.9	Luz de salon principal	18	6:00 pm - 11:00 pm	8	720	5
1.1	Luz para la mesa (capitán)	3	6:00 pm - 11:00 pm	1.2	10.8	3
1.11	Luz para los camarotes	12	6:00 pm - 11:00 pm	5	240	4
EQUIPAMIENTO BARRA Y COCINA					TOTAL	8100
ITEM 2	NOMBRE	CANT.	HORARIO DE USO	POT.UNIT (W)	POT.TOTAL	HORAS (H)
2.1	Licuada	1		400	400	1
2.2	Refrigeradora	1		500	2500	5
2.3	Horno Microondas	2		700	1400	1
2.4	Tostadora	2		300	600	1
2.5	Cafetera	2		400	3200	4
SISTEMA DE FONDEO					TOTAL	500
TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL	TOTAL
3.1	Molinete	1	Uso en puerto	500	500	TOTAL
EQUIPAMIENTO DE CONFORT					TOTAL	11042.5
ITEM 4	NOMBRE	CANT.	HORARIO DE USO	POT.UNIT (W)	POT.TOTAL	HORAS (H)
4.1	Celulares	25		9.25	2312.5	10
4.2	Laptops	5		90	2250	5
4.3	Tablets	3		100	900	3
4.4	Equipo de sonido	2		300	4800	8
4.5	Televisión	2		65	780	6
ELECTRÓNICA NAUTICA					TOTAL	1860
ITEM 5	NOMBRE	CANT.	HORARIO DE USO	POT.UNIT (W)	POT.TOTAL	HORAS (H)
5.1	GPS	1		20	240	12
5.2	Radar	1		80	960	12
5.3	Radar (sensor)	1		20	240	12
5.4	Sonar	1		10	120	12
5.5	VHF	1		25	300	12

Fuente: Propia

### 3.15 Sistemas y equipamiento

Por lo consiguiente siendo la propuesta una embarcación para el servicio de pasajeros, se seguirán requerimientos actuales previstos por SOLAS (Ver en los Anexos 1, 2, 3, 4 y 5), se considerará obligatoriamente tener los siguientes equipos a bordo de la embarcación.

#### 1. Equipo de salvamento

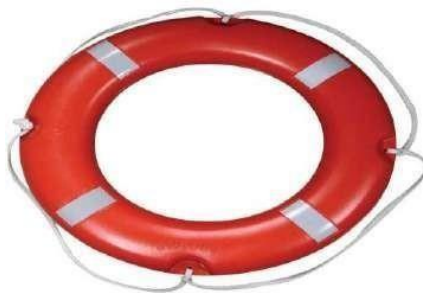
- chaleco salvavidas: para cada persona, cumple normativa ISO 12402-4



Figura 13. Chalecos

Fuente: Promonautica 2019

- Aros salvavidas: cumple normativa SOLAS (L.S.A.)



*Figura 14. Aros*

Fuente: Promonautica 2019

- Cohetes con luz roja y paracaídas: cumple normativa SOLAS (L.S.A.)



*Figura 15. Cohetes*

Fuente: Promonautica 2019

- Bengalas de mano: cumple normativa SOLAS (L.S.A.)



*Figura 16. Bengalas*

Fuente: Promonautica 2019

- Balsas salvavidas: Se considera dentro del proyecto para emergencias.



Figura 17. Balsas

Fuente: Promonautica 2019

## 2. Equipo de navegación

- Luces y marcas de navegación



Figura 18. Luces y marcas

Fuente: Promonautica 2019

- Compás
  - Prismáticos
  - Libros náuticos
  - Código de señales
  - Bocina de niebla
  - Bandera nacional
  - Reflector de radar
- ## 3. Armamento diverso
- Remo
  - Inflador
  - Botiquín para tripulación
  - Botiquín para pasajeros
  - Líneas de fondeo
- ## 4. Contraincendios y achique
- Extintores en función con la eslora: según

normativa para las dimensiones del proyecto se requieren 6 extintores.

- Extintores en función con la potencia instalada: según a potencia utilizada, es necesario 2 del de tipo 24-B.
- Detector de gases
- Baldes contra incendios: + de 3 baldes
- Extractor de gases
- Bombas de achique
- Baldes de achique

## 3.2 Diseño

### 3.2.1 Consideración

Para lograr las medidas de la embarcación y el material que se empleará, se realizará estimando algunas medidas representadas en la Tabla N°2.

*Tabla 2. Dimensiones Iniciales*

Eslora Total	25 m
Manga	7 m
Velocidad	20 kn
Material del casco	Alumnio
Material de la superestructura	Alumnio

Elaboración Propia

### 3.2.2 Dimensiones principales

La base de datos con las principales particularidades con similitud respecto a mi propuesta, se obtendrá de la siguiente tabla:

*Tabla 3. Dimensiones similares a mi embarcación*

NOMBRE	ESLORA (L)	MANGA (B)	PUNTAL (D)	CALADO (T)	VELOCIDAD	MATERIAL
Juan Homar	57.00	7.54	4.12	1.84	27 kn	Acero
Catana 70	48.34	7.5	3.76	1.08	18 kn	Acero
Privilège Marine	45.79	7.98	1.67	1.09	17 kn	Acero
Lagoon 560	48.7	7.44	1.97	1.16	18 kn	
Sunreef	57.9	8.3	2.07	1.15	17 kn	
PC COISHCO	46.2	6.89	2.85	1.05	25 kn	Aluminio
Astondoa 96	49.6	6.71	2.44	1.15	18 kn	Acero
Peri 37	47.75	8	2.05	1	20 kn	Acero
PAJOT CUSTOM CATAMARAN	43.22	8.41	3.5	1.28	17 kn	Acero
PGCP HUARMEY	51.2	8.40	3.80	1.70	22 kn	Acero

Elaboración Propia

- **Eslora (L)**

Al elaborar el promedio de las etapas en la base de datos, obtienes un  $L = 49.56$  m, con el que se laboró un catamarán multipropósito en Italia con el asesoramiento de los ingenieros, además con el software AVEVA.

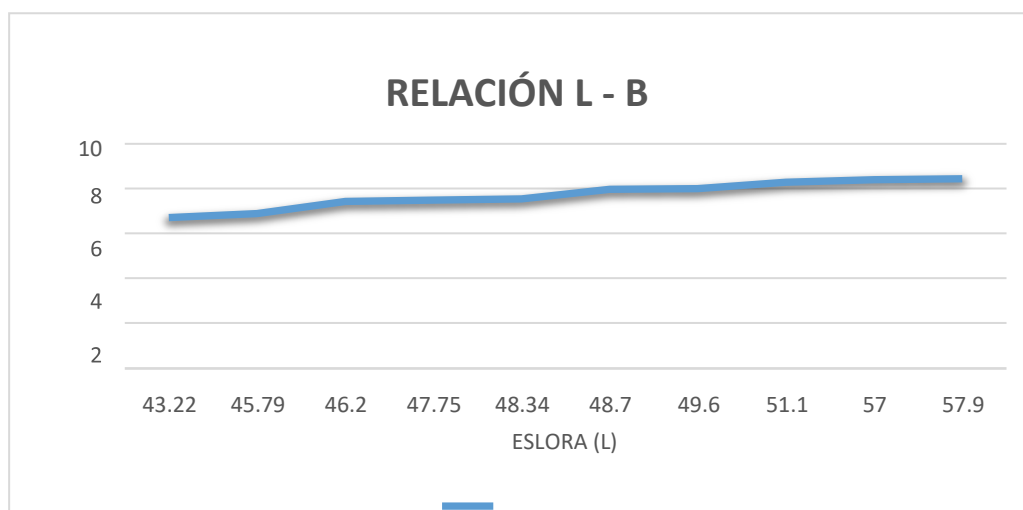
Por razones de facilitar posible fabricación, se propuso multiplicar el resultado con un factor de escala de  $\lambda = 0.5035$ , con ello determinamos:

$$L \text{ (Length)} = 25 \text{ m}$$

- **Manga total (B)**

Se procede a realizar gráfico de Relación L – B, mediante la correlación:

$$B = 0,2656 * L + 1,9133$$



*Gráfica 1. Relación L-B*

Elaboración propia

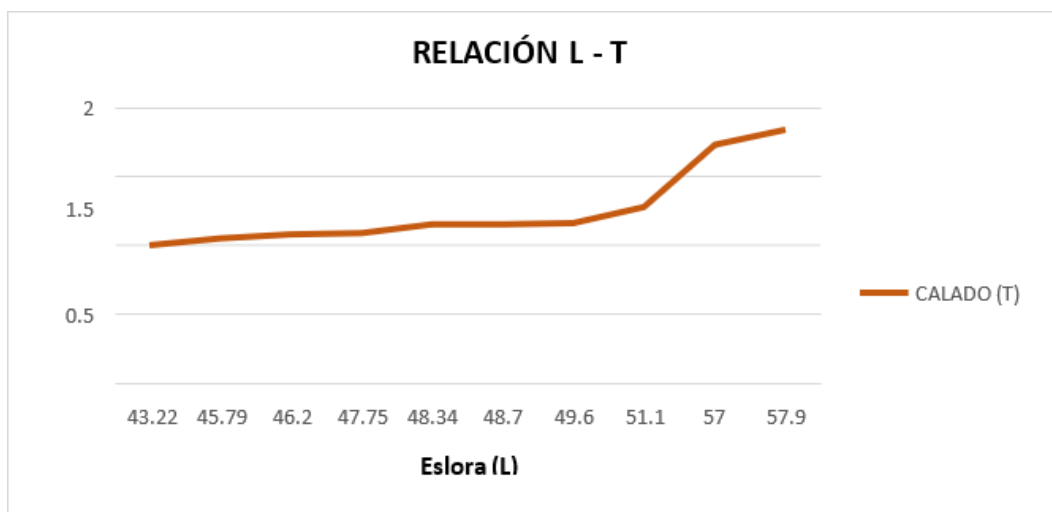
Colocando la Eslora de 25 m se obtiene una  $B = 8.6$  m

- **Calado (T)**

Se procede a realizar gráfico de Relación L – T, según fórmula:

$$\underline{T = 0,0517 * L + 0,4581}$$

Gráfica 2. Relación L-T

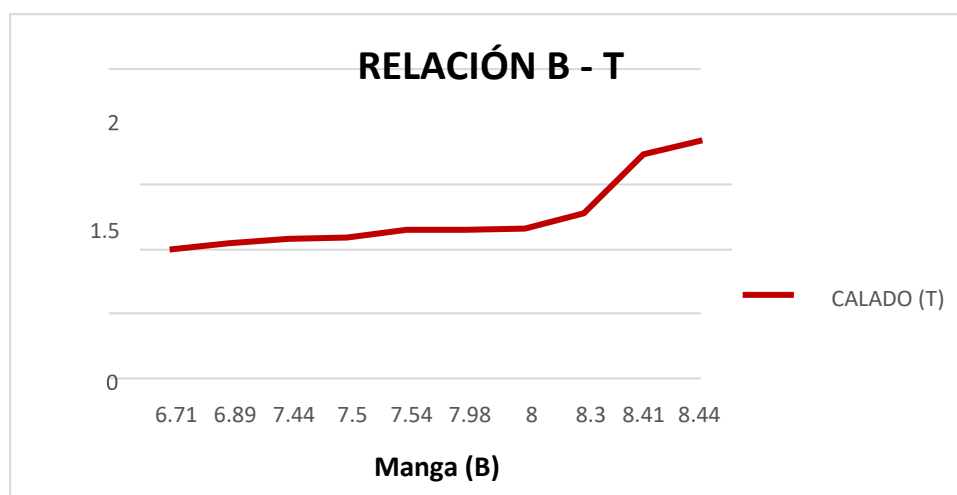


Colocando la Eslora de 25 m se determina un  $T = 1,750$  m

- Se procede a realizar gráfico de Relación B – T, mediante la correlación:

$$T = 0,3602 * B - 0,873$$

Gráfica 3. Relación B -T



Integrando  $B=8.6$  m se consigue una  $T = 2.20$  m; **por lo tanto, se usará este calado para nuestro proyecto.**

- Puntal (D)**

El puntal del diseño se obtiene de la siguiente

formula Eslora =  $5,7871 * \text{Puntal} + 7,3616$  =  
 $5,7871 * D + 7,3616$

$$D = 3.05\text{m}$$

- **Determinación de S (distancia entre crujías)**

$$S = 0.225 (L) \quad S = 5.625 \text{ m}$$

Haciendo el procedimiento de nuestras relaciones y métodos, obtenemos resultados finales de las dimensiones principales de nuestro proyecto.

*Tabla 4. Dimensiones Logradas*

DIMENSIONES	
ESLORA (L)	25 m
MANGA (B)	8.60 m
PUNTAL (D)	3.05 m
CALADO (T)	1.75 m
DISTANCIA ENTRE CRUJILLAS (S)	5.6 m

Elaboración propia

### 3.2.3 Diseño de formas

Para esta embarcación se considerará un factor especial, el cual es reducir los costos de operación, esto se llevará a cabo disminuyendo la potencia del aparato motor ya que con esto la embarcación consumirá menos combustible ayudando con la sostenibilidad requerida.

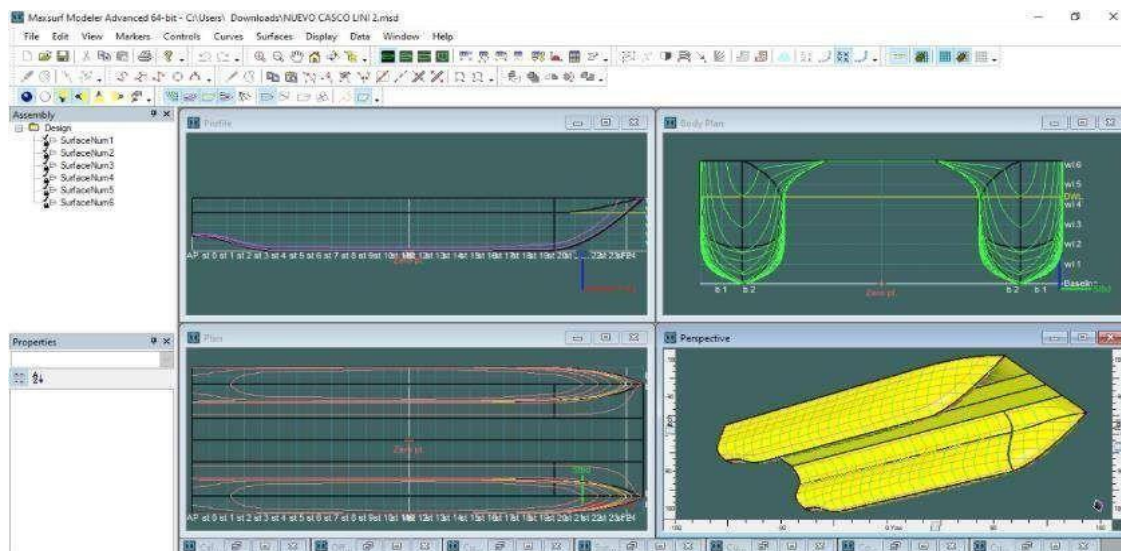
#### **Cálculo y diseño asistido por computadora**

La embarcación se diseñó a través de los siguientes programas o software navales.

- Maxsurf: Software para diseño naval, utilizado para los diseños de buques con el conjunto completo de herramientas integradas de arquitectura naval
- Hydromax: Software con las herramientas para calcular la conducta hidrodinámica y la estabilidad transversal (inicial y con diferentes escoramientos).
- Hullspeed: Software que calcula la potencia y resistencia.
- AutoCad: Software de diseño para obtener dibujos en 2D y modelados en 3D
- Rhinoceros: Software para modelar en 3D basado en NURBS

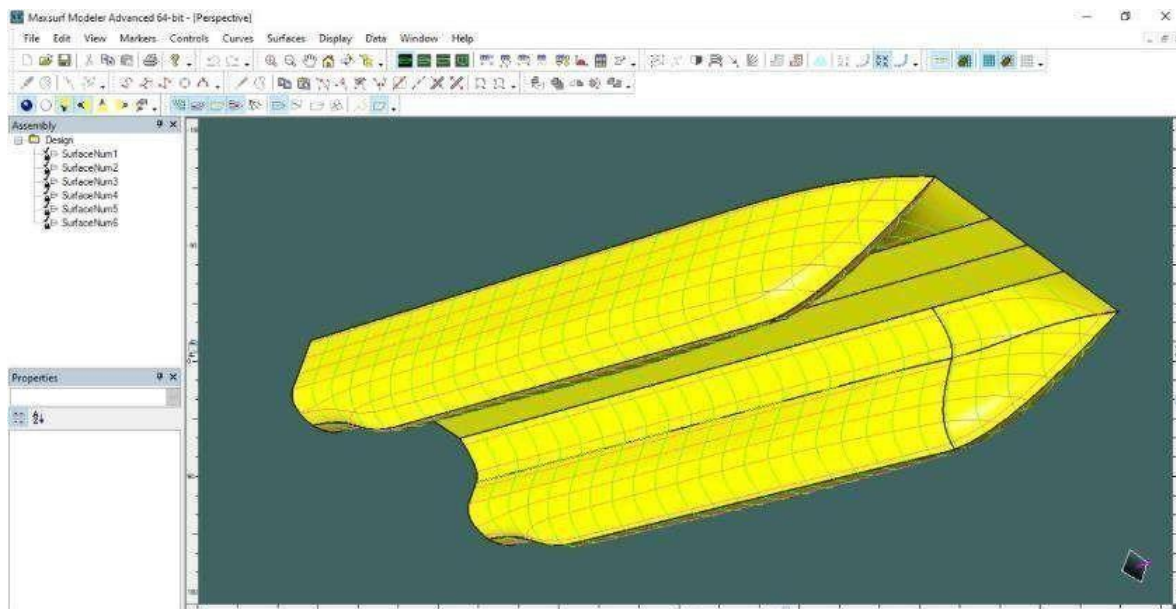
#### **Líneas de forma**

Teniendo en cuenta ya las dimensiones establecidas o calculadas anteriormente de la embarcación, se procede a emplearlas en el Software Naval Maxsurf, obteniendo el diseño de los planos de línea de formas. Ver anexo 6



*Figura 19. Líneas de formas en Maxsurf*

**Fuente:** Elaboración propia



*Figura 20. Modelado en Maxsurf*

**Fuente:** Elaboración propia

### 3.2.4 Distribución General

Una vez obtenido los espacios y las formas del casco, procedemos a realizar la disposición de la embarcación. Ver anexo 7

- Para los cascos:Aparato motor
- Tanques (combustibles, agua potable, etc.)
- Camarote
- Almacén
- Cabos

## b. Primera cubierta:

- Salón principal
- SS.HH.
- Cocina
- Barra
- Almacén de comida y otros servicios

## c. Segunda cubierta:

- Cabina de mando
- Camarote y baño del capitán
- Solárium
- SS.HH.
- Camarotes

### 3.2.5 Diseño del sistema fotovoltaico Caracterización del recurso solar

Para poder determinar este sistema tenemos que proceder con la ubicación de las dos islas, teniendo su ubicación por medio de Google Maps con un la latitud -6.4343100 y longitud -80.8547300.

Una vez obtenidos los datos de ubicación, se dispone a ingresarlo al sistema de la NASA (centro de datos de ciencia atmosférica), brindándonos la radiación de incidente promedio mensual en kWh/m<sup>2</sup>/día.

*Tabla 5. Radiación incidente promedio mensual inclinada con dirección ecuatorial (kWh/m<sup>2</sup>/día)*

	E ne	F eb	M ar	A br	M ay	J un	J ul	A go	S et	O ct	N ov	D ic	Prom edio anual
SSE	7,	7,	7,	6	5,	3,	3,	4,	5,	6,	6,	7,	5,92
HRZ	36	44	23	,5	3	97	63	01	21	45	93	23	

Fuente: NASA Meteorología de superficie y energía solar

#### **Inclinación (paneles solares fotovoltaicos)**

Como dato se establece que los paneles tendrán un ángulo de inclinación de 0°, puesto que el catamarán es una unidad móvil y procediendo a colocarle cierta inclinación estos cambiarían de valor y su producción de energía disminuiría.

Estos datos se analizarán en la Fig N° 23, donde se encuentran las cantidades de energía que incidirán sobre los paneles solares con la inclinación propuesta.



Ver anexo 8

$$Nbp = CB, Nom$$

*Capacidad de la batería*

$$Nbp = 2631.58 / 250$$

$$Nbp = 10.45$$

$Nbp = 11$  baterías en paralelo

**Número de baterías en serie**

$$Nbs = CB, Nom \text{ Voltaje nominal del sistema}$$

*Voltaje nominal de las baterías*

$$Nbs = 24 / 12$$

**$Nbs = 2$  baterías Cantidad total de baterías a utilizar**

Total de baterías = baterías en serie x baterías en paralelo Total de baterías = 2 x 11

**Total, de baterías = 22 baterías**

**Cálculo del generador fotovoltaico**

Factor de seguridad = 1.5

Potencia nominal del sistema = factor de seguridad X consumo diario /

*Radiación promedio mínima del lugar*

Potencia nominal del sistema = 1.05 X 23513.3 / 3.592

Potencia nominal del sistema = 6873.31 Watts

**Potencia del generador considerando pérdidas**

Potencia considerando pérdidas = 6873.31 / 0.65

**Potencia considerando pérdidas = 10574.32 Watts**

**Número de módulos en serie**

Módulos en serie = Voltaje nominal del sistema / *Voltaje nominal del panel*

Módulos en serie = 24 / 24

Módulos en serie = 1 módulo en serie

**Número de módulos en paralelo**

Para más detalles del panel ver el anexo N° 9 y anexo N°10

Módulos en paralelo = potencia considerando pérdidas

*potencia máxima x módulo en serie*

$$\text{Módulos en paralelo} = 10574.32/250 \times 1$$

$$\text{Módulos en paralelo} = 42.29 \quad \text{Módulos en paralelo} = 43 \text{ paneles}$$

### Potencia nominal del generador

*Potencia del generador = módulos en serie x módulos en paralelo x potencia máxima*

$$\text{Potencia del generador} = 10570 \text{ W}$$

### Corriente máxima del generador fotovoltaico

*Corriente máxima = paneles en paralelo x corriente del panel*

$$\text{Corriente máxima} = 43 \times 8.27 \text{ A}$$

$$\text{Corriente máxima} = 355.61 \text{ Amperios}$$

### Cálculo de controlador de carga

*Corriente de controlador = factor de seguridad x corriente máxima del generador*

$$\text{Corriente de controlador} = 1.05 \times 355.61$$

$$\text{Corriente de controlador} = 373.39 \text{ Amperios}$$

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 150/45	MPPT 150/60	MPPT 150/70	MPPT 150/85	MPPT 150/100
Tensión de la batería	Selección automática 12 / 24 / 48 V (se necesita una herramienta de software)				
Corriente de carga nominal	45 A	60 A	70 A	85 A	100 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	650 W	860 W	1000 W	1200 W	1450 W
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	1300 W	1720 W	2000 W	2400 W	2900 W
Potencia FV máxima, 48V 1a,b)	2600 W	3440 W	4000 W	4900 W	5800 W
Tensión máxima del circuito abierto FV	150 V máximo absoluto en las condiciones más frías 145 V en arranque y funcionando al máximo				

Figura 22. Características de controladores de carga

Fuente: AutoSolar Perú

Vemos que el sistema debe poseer 373.39 Amperios, nosotros emplearemos lo siguiente:

- Controlador de carga de 100 A (3)
- Controlador de 85 A (1), teniendo estos una conexión en paralelo.

### 3.3. Hidrostática

Tomando 1,025 Tn/m<sup>3</sup> (densidad del agua), se ejecuta en el programa Hidromax de Max Surf ( los cálculos hidrostáticos), donde estos cálculos servirán para el análisis de la estabilidad del catamarán. En la tabla N° 6, se verifican las características geométricas del catamarán en función a diferentes calados. Y en la gráfica N° 4, están las curvas hidrostáticas

Tabla 6. Características geométricas del catamarán en función al calado

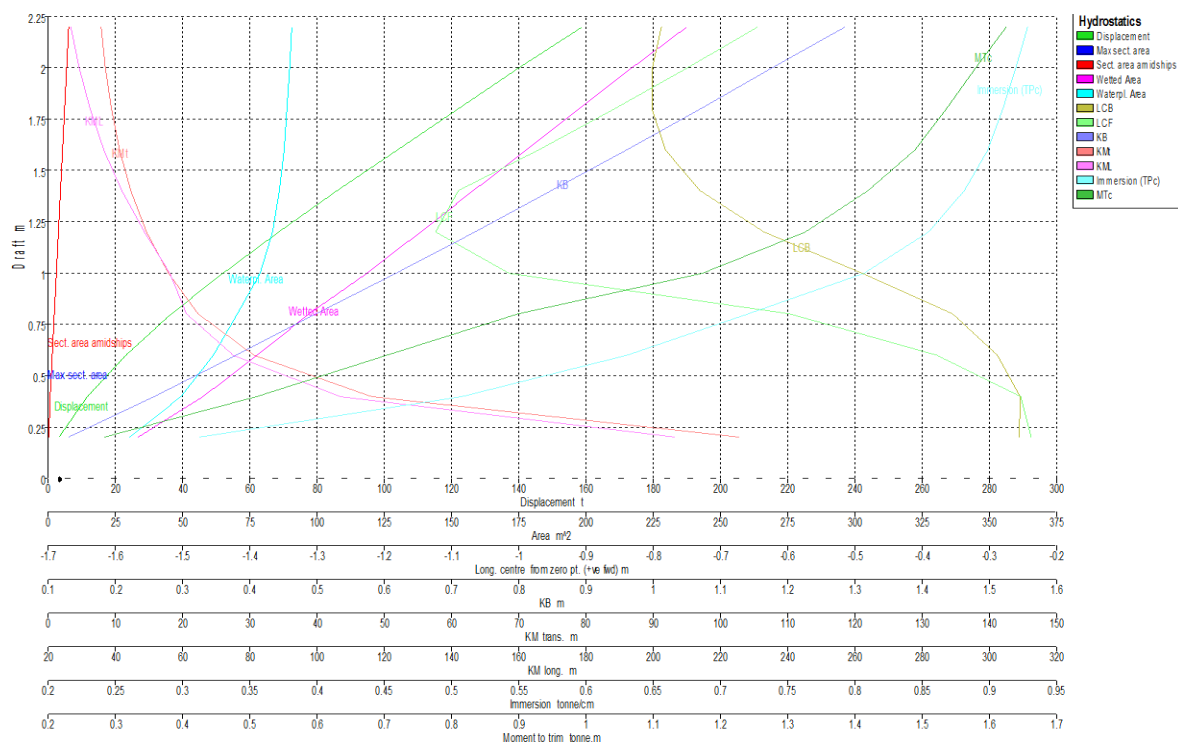
Draft Amidships m	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
Displacement t	3.339	11.71	23.18	36.73	52.04	68.69	86.09	103.9	122	140.3	158.8
Heel deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Draft at FP m	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
Draft at AP m	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
Draft at LCF m	0.2	0.4	0.6	0.8	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.2
Trim (+ve by stern) m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
WL Length m	17.847	18.976	19.987	21.196	22.502	22.785	23.067	23.312	23.557	23.796	24.021
Beam max extents on WL m	7.613	8.168	8.414	8.531	8.583	8.597	8.599	8.6	8.604	8.607	8.608
Wetted Area m <sup>2</sup>	33.423	57.655	77.688	97.138	118.508	138.52	158.079	177.76	197.499	217.416	237.522
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	30.486	49.524	61.508	70.291	78.713	83.375	85.997	87.706	88.807	89.73	90.585
Prismatic coeff. (Cp)	0.839	0.805	0.791	0.775	0.761	0.782	0.799	0.811	0.82	0.827	0.831
Block coeff. (Cb)	0.117	0.182	0.223	0.246	0.262	0.284	0.302	0.315	0.326	0.334	0.34
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.143	0.229	0.283	0.32	0.346	0.365	0.379	0.389	0.398	0.405	0.41
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.224	0.32	0.366	0.389	0.408	0.426	0.434	0.437	0.438	0.438	0.438
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	-0.256	-0.254	-0.288	-0.355	-0.488	-0.635	-0.73	-0.782	-0.802	-0.801	-0.788
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	-0.238	-0.253	-0.378	-0.597	-1.014	-1.124	-1.09	-0.971	-0.857	-0.748	-0.645
KB m	0.131	0.257	0.379	0.498	0.617	0.734	0.849	0.96	1.07	1.178	1.286
KG m	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
BMt m	102.554	47.895	30.219	21.869	17.313	13.918	11.466	9.692	8.36	7.345	6.552
BML m	206.217	106.591	74.8	60.569	55.731	47.862	40.965	35.661	31.389	28.085	25.5
GMt m	100.485	45.952	28.398	20.168	15.73	12.452	10.115	8.453	7.23	6.323	5.637
GML m	204.148	104.649	72.979	58.867	54.148	46.397	39.613	34.421	30.259	27.063	24.585
KMt m	102.685	48.152	30.598	22.368	17.93	14.652	12.315	10.653	9.43	8.523	7.837
KML m	206.348	106.849	75.179	61.067	56.348	48.597	41.813	36.621	32.459	29.263	26.785
Immersion (TPc) tonne/cm	0.312	0.508	0.63	0.72	0.807	0.855	0.881	0.899	0.91	0.92	0.928
MTC tonne.m	0.284	0.51	0.704	0.9	1.173	1.326	1.419	1.489	1.537	1.581	1.625
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	5.855	9.392	11.489	12.927	14.287	14.928	15.197	15.329	15.394	15.485	15.624
Max deck inclination deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Trim angle (+ve by stern) deg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Elaboración Propia: Datos Max Surf

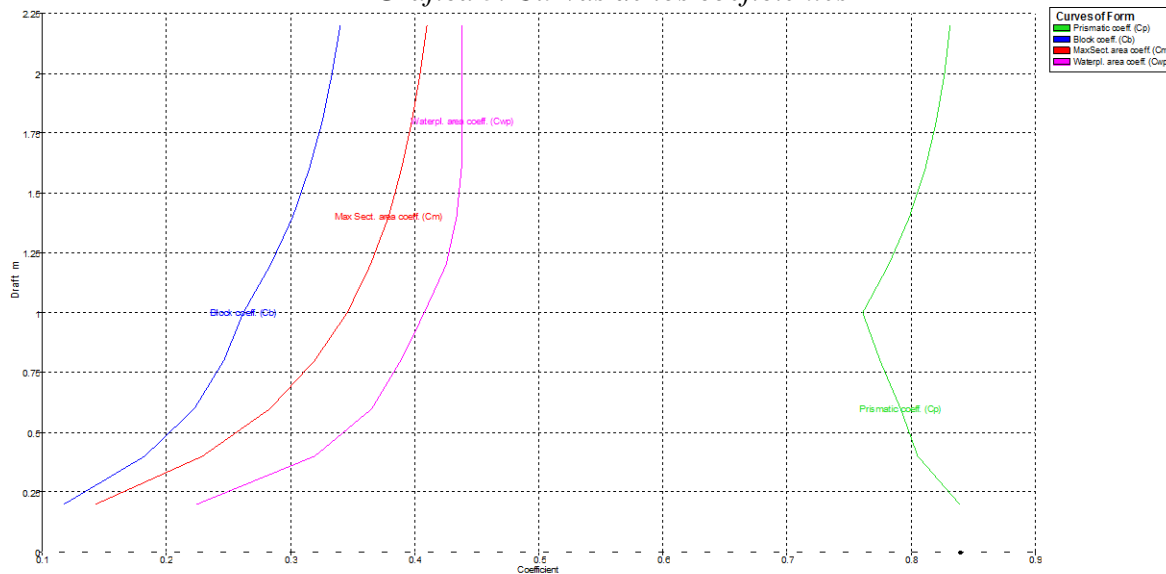
- **Curvas hidrostáticas**

En esta parte se visualizan unas curvas que son el reflejo del comportamiento del casco del catamarán, a diversos calados, mostrados posteriormente:

*Gráfica 4. Curvas Hidrostáticas*

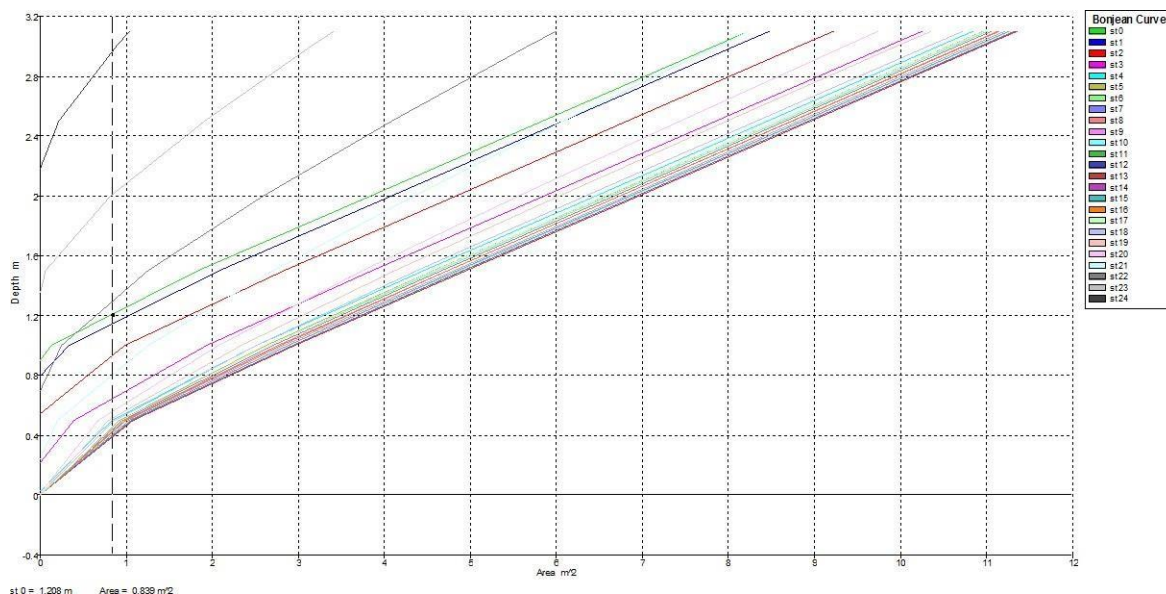


Gráfica 5. Curvas de los coeficientes



Elaboración y Datos Max Surf

Gráfica 6. Curvas cruzadas



Elaboración y Datos Max Surf

### 3.4. Francobordo y compartimentación

El francobordo para embarcaciones de tipo “B”, donde comprenden esloras entre 24 metros (79 pies) y 100 metros (28 pies), se determinará por medio de la siguiente tabla. [17]

Figura 23. Tabla de francobordo para buques de tipo "B"

**TABLA B**  
**Tabla de francobordo para buques de tipo "B"**

Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)	Eslora del buque (metros)	Francobordo (milímetros)
24	200	70	721	116	1609
25	208	71	738	117	1630
26	217	72	754	118	1651
27	225	73	769	119	1671
28	233	74	784	120	1690
29	242	75	800	121	1709
30	250	76	816	122	1729
31	258	77	833	123	1750
32	267	78	850	124	1771
33	275	79	868	125	1793
34	283	80	887	126	1815
35	292	81	905	127	1837
36	300	82	923	128	1859
37	308	83	942	129	1880
38	316	84	960	130	1901
39	325	85	978	131	1921
40	334	86	996	132	1940
41	344	87	1015	133	1959
42	354	88	1034	134	1979
43	364	89	1054	135	2000
44	374	90	1075	136	2021
45	385	91	1096	137	2043
46	396	92	1116	138	2065
47	408	93	1135	139	2087
48	420	94	1154	140	2109
49	432	95	1172	141	2130
50	443	96	1190	142	2151
51	455	97	1209	143	2171
52	467	98	1229	144	2190
53	478	99	1250	145	2209
54	490	100	1271	146	2229
55	503	101	1293	147	2250
56	516	102	1315	148	2271
57	530	103	1337	149	2293
58	544	104	1359	150	2315
59	559	105	1380	151	2334
60	573	106	1401	152	2354
61	587	107	1421	153	2375
62	601	108	1440	154	2396
63	615	109	1459	155	2418
64	629	110	1479	156	2440
65	644	111	1500	157	2460
66	659	112	1521	158	2480
67	674	113	1543	159	2500
68	689	114	1565	160	2520
69	705	115	1587	161	2540

Fuente: Convenio Internacional de línea de cargas

- **Compartimentación**

El catamarán dispondrá de dos cubiertas, teniendo disposición para 50 pasajeros y 10 tripulante. Bajo la cubierta principal están los dos cascos (popa) donde se colocarán los motores uno en cada casco, los tanques de combustible, de agua dulce, de aguas servidas, y los sistemas que se requieren para el buen funcionamiento de la embarcación.

- **Mamparos estancos**

De acuerdo con la Regla 10 –Parte B: “Compartimentado y estabilidad” –Solos, se colocará un mamparo de colisión que será estanco o un mamparo de pique de proa. Estos serán colocados con una distancia de la perpendicular de proa no inferior a 3 m más el 5% de la eslora del buque ni a 5% de la eslora de la embarcación

$$0,05*L$$

$$0,05*25 = 1.25$$

La reglamentación también exige un mamparo estanco en la sala de máquinas.

- **Sistema de agua dulces**

El sistema de agua dulce estará constituido por tanques que dependerán de los días a navegar y el número de personas. Se estima un aproximado de 0,015 Tn por cada persona (15 litros).

$$Capacidad\ Agua\ Dulce = N^{\circ}\ personas \times Tn\ persona \times N^{\circ}\ días$$

$$Capacidad\ Agua\ Dulce = 60 \times 0,015 \times 1$$

$$Capacidad\ Agua\ Dulce = 0,9\ Tn$$

Por ello se instalarán dos tanques de aguas dulces uno en cada casco con la capacidad de 0,5 Ton.

- **Sistema de aguas grises**

Estas aguas serán recolectadas en estanques las cuales serán evacuadas en dos formas, una descarga directa al mar cuando la embarcación navegue en aguas donde el reglamento lo acepte y la segunda descarga desde puerto. Según la norma (MARPOL). Se considera que el desecho por persona es de 0,02 ton diarios

$$Capacidad\ Ag\ Grises = Desecho \times N^{\circ}\ días \times N^{\circ}\ personas$$

$$Capacidad\ Ag\ Grises = 0,02 \times 2 \times 3$$

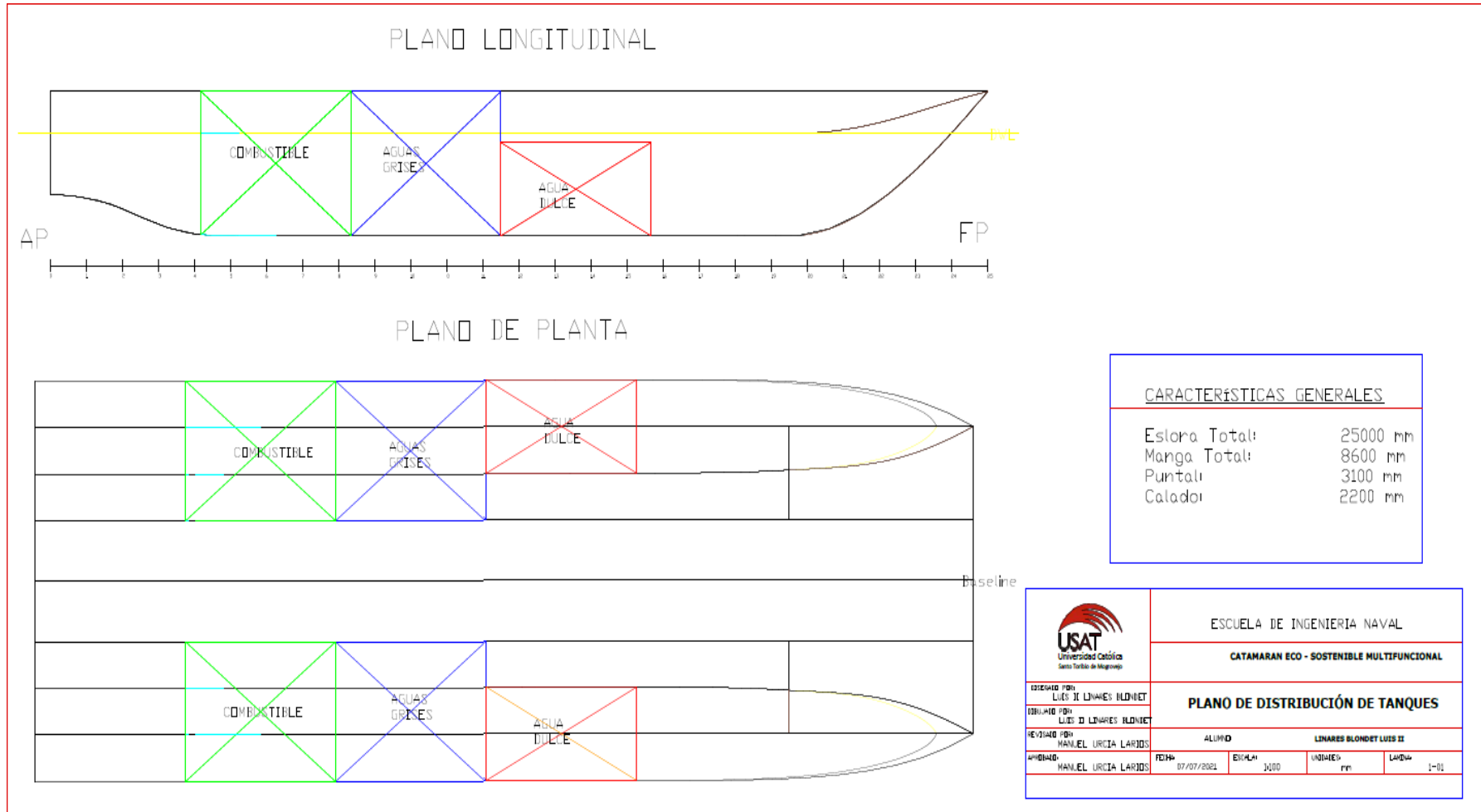
$$Capacidad\ Ag\ Grises = 1.2\ Tn$$

Por ello se instalarán dos tanques de aguas grises uno en cada casco con la capacidad aproximada de 0,6 Ton,

- **Tanque de Combustible**

El sistema de combustible constará con dos tanques con una capacidad de 3000 litros cada uno, lo cual es suficiente para poder realizar el transporte turístico de un día a la velocidad de 16 nudos.

Figura 24. Ubicación de los tanques



### 3.5. Escantillado y estructuras

El escantillado tiene como fin la estimación del peso de estructura, cubierta y casco. Donde se usan los Registros de Clasificación, para este caso se aplicará el ABS (American Bureau of Shipping). La parte 3 “Construcciones y equipos de cascos”, utilizados para embarcaciones con esloras menores de 90.

#### 3.5.1. Datos para el escantillado

Se desarrollarán los datos para el cálculo, encontrado en el Capítulo 1, sección 1, “Definiciones”.

#### **Calado de escantillado**

Para nuestra embarcación se utilizará como calado de escantillado la distancia entre la cubierta principal y el puntal, siendo de 2,20 m

#### **Eslora de escantillado**

Es la medida desde la roa de centro hasta la mecha del timón, siendo definida de 25 m

#### **Manga**

Es la mayor medida horizontal de la embarcación, siendo de 8.6 m

#### ➤ **Coefficiente de bloque de escantillado**

Corresponde al desplazamiento, eslora, manga y calado, dando como resultado a 0,34 de los resultados del Maxsurf.

#### **Clara de cuadernas**

La separación que se encuentran entre las cuadernas se ha dibujado en el plano de formas que es de 1 m, pero asumiremos también las separaciones de longitudinales de fondo 0,50 m, además de las separaciones longitudinales de costado 0,60 m, separación de esloras de cubierta 0,60 m y la separación de baos 0,60 m.

En conclusión, tenemos como:

- Eslora de escantillado 25 m
- Separación de cuadernas 1 m
- Calado 2,20 m
- Manga 8,6 m
- Coeficiente de bloque 0,34

### 352. Materiales

El material elegido es el aluminio con la serie 5xxx, aleación NV-5083 y aleación como producto laminado H116-H321; en la siguiente tabla están las propiedades mecánicas [15], que nos son necesarias para los cálculos de escantillonado.

Propiedades mecánicas

Aleación	Temple	Resistencia a tracción [MPa]	Límite elástico [MPa]	Dureza HBW
EN AW-5083	H116 H321	305	125	89

Las utilidades de esta aleación como producto laminado son:

Aleación	Características	Usos	Temple
5083	Aleación más fuerte con excelente resistencia a la corrosión y muy apta para la soldadura.	Chapas y planchas para astilleros, cascos de barcos, lanchas rápidas, yates, tanques de almacenamiento de gas natural líquido (LNG), equipos químicos, superestructuras soldadas (de gran durabilidad), tanques a presión.	0 H111 H112 H116 H321

### 353. Cálculos de escantillonado

Se desarrolla la sección 3-2-1/3 RESISTENCIA PRIMARIA DEL CÁLCULO, PARA MULTICASCO del ABS.

- **Cargas Longitudinales del Catamarán**

En el registro del ABS, parte 3 capítulo 2 de la sección 1. El casco requerido vida del módulo de sección SM en el centro del buque no debe ser menor que la ecuación dada siguientemente:

Módulo de la sección

maestra Verificar el

anexo N° 11

- **Momento de Inercia**

$$SM = c_1 c_2 L^2 (Cb + 0.7) K_3 C Q \text{ cm}^2 - m$$

$$SM = 71.8 \text{ cm}^2 - m$$

En el registro del v en la parte 3, capítulo 2, sección 1 inciso 1.5. El momento de Inercia el casco – viga, de centro del buque no debe ser menor a la siguiente ecuación.

Para más detalle verificar anexo N° 12

$$I = L / QC \cdot SM / K \text{ cm}^2\text{-m}$$

$$I = 21.1 \text{ cm}^2\text{-m}$$

- **Cargas Transversales del Catamarán**

Las ecuaciones se encuentran en parte 3, capítulo 2, sección 1 inciso 3.3 del ABS:

$$M_{tb} = K_1 \Delta Bcl(1+ncg) \text{ kN-m}$$

$$M_{tt} = K_2 \Delta L(1+ncg) \text{ kN-m}$$

$$Q_1 = K_1 \Delta(1+ncg) \text{ kN-m}$$

Donde:

$M_{tb}$ : Momento de flexión transversal que actúa sobre la estructura transversal que conecta los cascos.

$M_{tt}$ : Momento torsional que actúa sobre la estructura transversal que conecta los cascos.

$Q_1$ : Fuerza de corte vertical que actúa sobre la estructura transversal que conecta los cascos.

$K_1$ : 2,5 (Valor obtenido del ABS)

$K_2$ : 1,25 (Valor obtenido

del ABS)  $\Delta$ :

Desplazamiento en

toneladas

$Bcl$ : Distancia entre las líneas centrales de los cascos (m)

$L$ : Longitud en metros de la eslora ya definida anteriormente

$ncg$ : Aceleración vertical, definida en Anexo N°13. Reemplazando:

$$M_{tb} = K_1 \Delta Bcl(1+ncg) \text{ kN-m}$$

$$M_{tb} = (2,5) (17,81) (3,99) (1+0,079)$$

$$M_{tb} = 5030,8 \text{ kN-m}$$

$$M_{tt} = K_2 \Delta L(1+ncg) \text{ kN-m}$$

$$M_{tt} = (1,25) (17,81) (14,5) (1+0,079)$$

$$M_{tt} = 9154,50 \text{ kN-m}$$

$$Q_1 = k_1 \Delta(1+ncg) \text{ kN-m}$$

$$Q_1 = (2,5) (17,81) (1+0,079)$$

$$Q_1 = 762,2 \text{ kN-m}$$

- **Cálculos de resistencia transversal para catamaranes**

Para el análisis directo, se considera lo siguiente en asociación con parte 3, capítulo 2, sección 1 inciso 3.5.3 .5. Donde las tensiones de diseño son las siguientes

$\sigma_a = 0,66\sigma_y$   $Nmm^2$  para el aluminio (Momento de flexión del diseño transversal)

$\sigma_{ab} = 0,75\sigma_y$  para el aluminio  $Nmm^2$  (Momento de torsión)

$r_a = 0,38\sigma_y$  para el aluminio  $Nmm^2$  (Esfuerzo cortante transversal del diseño)

$\sigma_y = 125$   $Nmm^2$  (Mínimo límite elástico)

$\sigma_u = 300$   $Nmm^2$  (Mínimo esfuerzo de tensión o compresión)

$L_i$  = Representación en cm (ramo medio de la estructura transversal)

- **Presiones de diseño en el fondo para multicascos**

Parte 3 capítulo 2 sección 3 inciso 3.7 del ABS, se encuentra la presión hidrostática y la diseño de Slamming:

Presión de Slamming en el fondo:

$$P_{bxx} = \frac{N1\Delta}{L_w N_h B_w} [1 + n_{cg}] FDFV \quad kN/m^2$$

Presión hidrostática:

$$P_{bxx} = 56.2 \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = N3 (H_s - y) \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = 12.5 \text{ kN/m}^2$$

Para más detalles de los cálculos revisar el anexo N°14

- **Presión del diseño lateral para Multicascos**

Parte 3 capítulo 2 sección 3 inciso 3.9 del ABS, se encuentra la presión hidrostática y la diseño de Slamming:

Presión de Slamming en el fondo:

$$P_{sxx} = \frac{N1}{L_w N_h B_w} [1 + n_{xx} \frac{90 - \beta_{sX}}{90 - \beta_{sX}}] \frac{FD}{90 - \beta_{sX}} \quad kN/m^2$$

$$P_{sxx} = 34.6 \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = N3 (H_s - y) \text{ kN/m}^2$$

$$P_d = 12.5 \text{ kN/m}^2$$

Para más detalles de los cálculos revisar el anexo N° 15

- **Presión de diseño de la cubierta mojada de catamaranes**

En la parte 3 capítulo 2 sección 3 inciso 3.11 del ABS se encuentran la presión de diseño:

$$p_{wd} = 30 \frac{N}{m^2} \left( \frac{V}{V} \right) \left( \frac{V}{V} \right) \left( 1 - \frac{0.85 h_a}{h^{1/3}} \right) \text{ kN/m}^2$$

~~$p_{wd} = 115 \text{ kN/m}^2$~~

Para más detalles de los cálculos revisar el anexo N° 16

- **Presión de diseño de la cubierta**

En la parte 3 capítulo 2 sección 3 inciso 3.13 del ABS la presión de diseño  $P_d$ ; ver a detalle en el anexo N° 17.

$$P_d = 20 \text{ kN/m}^2$$

- **Presión de diseño de mamparos**

Parte 3 capítulo 2 sección 3 inciso 3.19 del ABS la presión de diseño  $P_t$ , ver a detalle en el anexo N° 18.

Presión de los mamparos estancos y mamparos del tanque.

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

$$P_t = 4,5 \text{ kN/m}^2$$

- **Planchas**

Parte 3 capítulo 2 sección 4 inciso. Aplica para todas las embarcaciones que poseen una velocidad mayor que  $2,36\sqrt{L}$ , (en nudos), donde:

$$12 \text{ nudos} > 2,36\sqrt{L}$$

- **Espesores mínimos**

$$12 \text{ nudos} > 2,36\sqrt{25}$$

$$12 \text{ nudos} > 9.44$$

Parte 3, capítulo 2, sección 3 inciso 1.3.3 del registro ABS (American Bureau of Shipping) nos dice que el espesor de las planchas del forro, cubiertas y mamparos debe ser no menos que el obtenido a partir de:

(Más detalle en anexo N° 19):

a. Fondo del casco

$$t_s = 0,44\sqrt{L_{qs}} + 2,0 \text{ mm}$$

$$t_s > 4.11 \text{ mm}$$

Cumpliendo el reglamento y por aspecto de diseño será 5 mm.

b. Lados del casco

$$t_s = 0,62\sqrt{L_{qs}} + 1,0 \text{ mm}$$

$$t_s > 3.97 \text{ mm}$$

Cumpliendo el reglamento y por aspecto de diseño será 4 mm.

c. Cubierta

$$ts=0,62\sqrt{Lqs}+1,0 \text{ mm}$$

$$ts> 3.97 \text{ mm}$$

Cumpliendo el reglamento y por aspecto de diseño será 4 mm.

d. Mamparos, mamparos de tanque, cubiertas inferiores

$$ts=0,52\sqrt{Lqs}+1,0 \text{ mm}$$

$$ts>3.49 \text{ mm}$$

Cumpliendo el reglamento y por aspecto de diseño será 4 mm.

Estructura del doble fondo

- **La vagra central**

Parte 3, capítulo 2, sección 4 inciso 1.3, se obtiene a altura de la vagra, donde:

$$hg=32B+190\sqrt{d}$$

Donde:

$hg$ : Altura en mm

$B$ : Manga 1 m

$d$ : Calado de escantillonado 2.2

$$hg=32(1)+190\sqrt{2.2}$$

$$hg=313.81 \text{ mm}$$

Cumpliendo el reglamento y por aspecto de diseño se considerará una altura de 40 cm.

Obtenemos el espesor de la vagra con la fórmula:

$$t=0,056L+5,5 \text{ mm}$$

Donde:

$L$ : Eslora de escantillonado

$$t = 0.056 (25) + 5.5$$

$$t=6,90 \text{ mm}$$

El espesor de la vagra central será de 7 mm

- **Las vagras laterales**

Parte 3-2-4/1.5. para el espacio del casco del catamarán indican que no es necesario colocar vagras laterales.

- **La varenga**

Parte 3, capítulo 2, sección 4, inciso 1.7, tomando el espesor de la vagra central este mismo será para las varengas (7 mm.), con la condición de estar separadas de tres en tres con varengas que tengan 5 mm de espesor. También tendrán una altura de 40 cm.

- **Cuadernas ordinarias**

Parte 3, capítulo 2, sección 5, inciso 3.1, El SM (módulo de sección,) para cada de las

cuadernas transversales es:

Dónde:

$c$ : 1 (valor del ABS)

$h$ : 0,748 (valor del ABS)

$s$ : 1 m (espacio entre cuadernas)

$l$ : 1,2 (valor del ABS) Obtenemos:  $SM = 7,8 \times c \times h \times s \times l^2$

$$SM = 7,8 \times 1 \times 0,748 \times 1 \times 1,2^2$$

$$SM = 7,68 \text{ cm}^3$$

## 2 Baos

El SM (módulo de sección,) para cada de las cuadernas transversales es:

$$SM = 7,8 \times c \times h \times s \times l^2$$

Dónde:

$c$ : 1 (valor del ABS)

$h$ : 1,019 (valor del ABS)

$s$ : 2 espacio entre baos

$l$ : 2,105 (valor del ABS) Obtenemos:

$$SM = 7,8 \times 0,9 \times 1,019 \times 2 \times 2,105^2$$

$$SM = 70,43 \text{ cm}^3$$

### 3.6 Predicción de la potencia y la elección del aparato motor

Se procederá a realizar los cálculos por medio del software naval Hullspeed el cual nos dará la estimación de potencia efectiva. Además, la predicción de la potencia basándose se desarrollará el método de Holtrop

Tabla 7. Resultados de Resistencia y Potencia

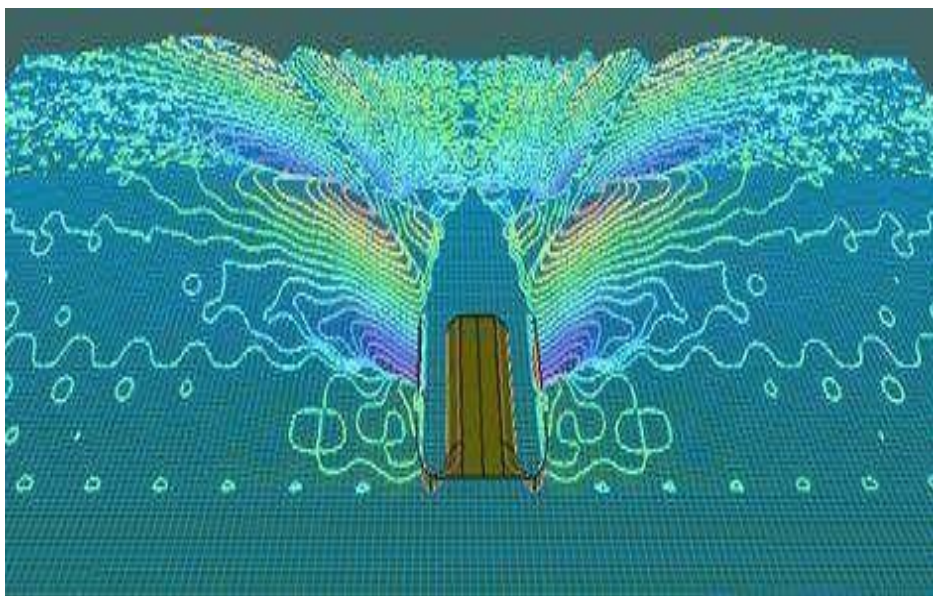
	Velocidad (Kn)	Número de Froude LWL	Número de Froude Vol.	Resistencia Holtrop (kN)	Potencia Holtrop (kW)	Resistencia Slender body (kN)	Potencia Slender body (kW)
1	0	0	0	-	-	-	-
2	0,5	0,017	0,035	0,1	0	0,0	0,012
3	1	0,034	0,071	0,3	0,024	0,2	0,090
4	1,5	0,050	0,106	0,7	0,174	0,8	339
5	2	0,067	0,142	1,3	1,287	4,0	777
6	2,5	0,084	0,177	1,9	2,445	10,8	5,143
7	3	0,101	0,213	2,7	4,126	19,6	16,607
9	4	0,134	0,283	4,6	9,389	41,4	61,529
10	4,5	0,151	0,319	5,7	13,127	53,0	95,153
11	5	0,168	0,354	6,9	17,715	53,8	136,435
12	5,5	0,184	0,390	8,2	23,202	67,0	190,538
13	6	0,201	0,425	9,6	29,714	92,6	286,744
14	6,5	0,218	0,461	11,2	37,365	97,1	324,809
15	7	0,235	0,496	12,9	46,337	142,1	511,886
16	7,5	0,251	0,531	14,7	56,838	154,2	595,003

17	8	0,268	0,567	16,9	69,405	151,4	623,245
18	8,5	0,285	0,602	19,1	83,731	198,3	867,269
19	9	0,302	0,638	21,7	100,26	233,7	1082,64
20	9,5	0,318	0,673	25,0	122,044	278,2	1359,23
21	10	0,335	0,708	19,5	151,745	274,6	1413,53
22	10,5	0,352	0,744	34,5	186,239	254,5	1376,75
23	11	0,369	0,779	38,6	218,558	257,7	1458,20
25	12	0,402	0,850	45,7	282,078	256,7	1581,56
26	12,5	0,419	0,886	52,4	336,951	267,0	1716,92
27	13	0,436	0,921	59,1	395,532	298,2	1994,25
28	13,5	0,452	0,956	65,9	457,818	339,2	1356,57
29	14	0,469	0,992	72,7	535,854	376,7	2712,89
30	14,5	0,486	1,027	79,6	593,488	402,2	2999,81
31	15	0,503	1,063	86,4	666,857	414,6	3199,71
32	15,5	0,519	1,098	93,3	743,899	417,8	3331,49
33	16	0,536	1,234	100,2	824,598	416,1	3424,92
34	16,5	0,553	1,269	108,0	916,552	413,7	3510,09
35	17	0,570	1,204	119,8	1047,23	412,7	3609,11
36	17,5	0,586	1,240	131,1	1179,24	414,9	3735,43
37	18	0,603	1,275	141,4	1309,25	420,4	3891,73
38	18,5	0,620	1,311	150,7	1434,26	428,2	4075,60
39	19	0,637	1,346	158,9	1553,27	434,8	4282,50
40	19,5	0,654	1,382	166,0	1665,28	449,5	4509,29
41	20	0,607	1,417	172,1	1771,29	461,4	4747,28

Utilizaremos la potencia de Holtrop esta es la más requerida para el sistema a bordo de la embarcación.

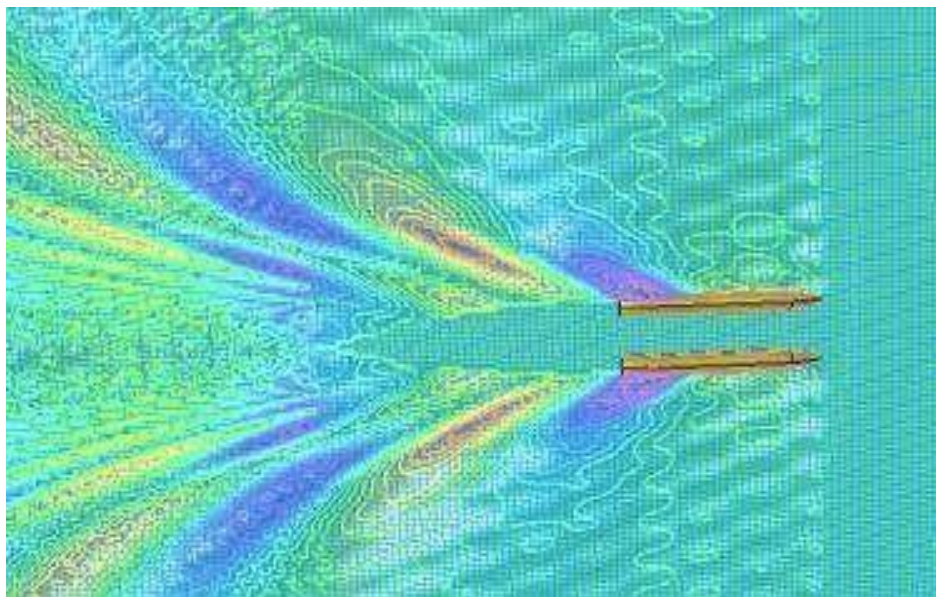
En las figuras N° 27, N° 28 y N° 29, se pueden apreciar las simulaciones de olas de nuestra embarcación en 3D (Hullspeed).

*Figura 25. Simulación en Max Surf de olas a una velocidad de 16 nudos*



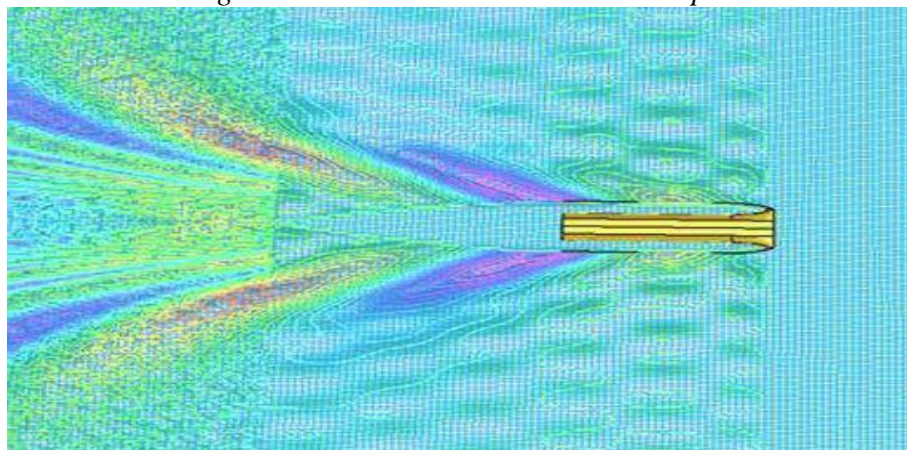
Fuente propia: Elaboración Max Surf

*Figura 26. Simulación de Olas bajo la línea de flotación a 16 nudos*



Fuente propia: Elaboración Max Surf

*Figura 27. Simulación de olas vista de planta*



Fuente propia: Elaboración Max Surf

### **3.6.1 Selección del motor**

Teniendo en cuenta que la potencia de la embarcación es de 824.6 kW, lo cual se utilizará dos motores cumins KTA38-MO de 559kW los cuales serán ubicados uno en cada catamarán, y mostrados en la figura N°30. El nuevo motor diésel CUMINS KTA38-MO de 559kW, aumenta el surtido de los motores ya existentes actuales aportando un rango superior. Este motor consta con una baja emisión de vibraciones el cual también ha sido elaborado con específicamente para aplicaciones portátiles, perfecto para una buena maniobrabilidad, gran autonomía y bajas emisiones de escape. [18]

Figura 28. CUMINS KTA38-MO de 559Kw

## K38-M / KTA38

Marine Propulsion and Auxiliary Engines  
for Commercial and Recreational Applications

### General Specifications

<b>Configuration</b>	V-12 cylinder, 4-stroke diesel
<b>Aspiration</b>	Turbocharged / Aftercooled
<b>Displacement</b>	38 L (2300 in <sup>3</sup> )
<b>Bore &amp; Stroke</b>	159 X 159 mm (6.25 X 6.25 in)
<b>Rotation</b>	Counterclockwise facing flywheel
<b>Fuel System</b>	Pressure Time (PT)

### Product Dimensions and Weight

<b>Overall Length</b>	mm (in)	2152	(84)
<b>Length of Block</b>	mm (in)	1547	(61)
<b>Overall Width</b>	mm (in)	1462	(58)
<b>Overall Height</b>	mm (in)	2083	(82)
<b>Weight</b>	kg (lb)	4218	(9300)

Dimensions and weight may vary based on selected engine configuration.



### Power Ratings

Engine Model	Output Power			Engine Speed RPM	Rating Definition	Fuel Consumption		Emissions					
	kW	MHP	BHP			Rated Speed L/hr (gal/hr)	ISO* L/hr (gal/hr)	IMO	EPA	EU	RCD		
<b>Variable Speed</b>													
KTA38-MO	559	761	750	1600	Continuous	145.4 (38.4)	102.6 (27.1)	1	--	--	--	--	--

## Motores azimutales

El nuevo sistema de propulsión está compuesto por dos propulsores de tipo POD que van ubicados directamente sobre la obra muerta, El montaje de los propulsores es atornillado y encolado con polímero, a través del casco, sobre un grueso de 5 mm de aluminio repartiendo el esfuerzo sobre la superficie interior del casco

Figura 29. Azimutal



Elaboración y Fuente: NauticExpo

## IV. RESULTADOS

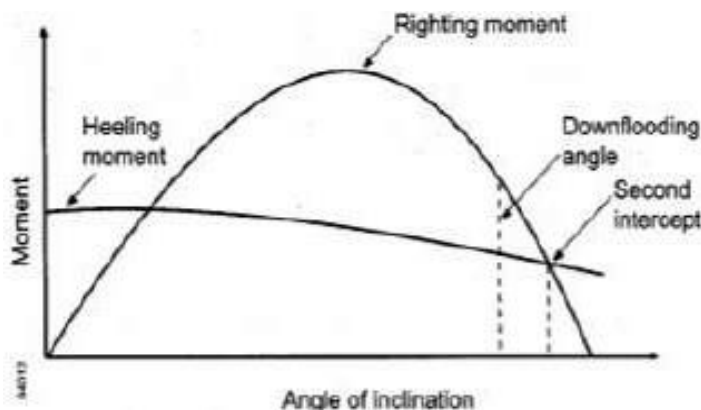
### 4.1. Estabilidad

#### 4.1.1 Criterios de estabilidad

Para garantizar la navegabilidad de nuestra embarcación, los resultados que obtendremos del catamarán serán comprobados con los criterios de OMI. Donde la Resolución MSC 85/26/Add.1 Anexo 2 Pág. 30(Para embarcaciones con propósitos especiales) [19] se sugiere lo siguiente:

- Para unidades elevadoras y de superficie, el área bajo la curva de momentos adrizantes hasta el ángulo de inundación descendente, el que sea menor, debe exceder en un 40% como mínimo el área bajo la curva de momentos escorantes del viento hasta el mismo límite. ángulo.
- En el caso de unidades estabilizadas por columnas, el área bajo la curva de momentos adrizantes al ángulo de inundación descendente debe exceder en un 30% como mínimo el área bajo la curva de momentos escorantes del viento hasta el mismo ángulo límite.
- La curva de momentos adrizantes debe ser positiva en todo el rango de ángulos desde la posición vertical hasta la segunda intersección.

*Figura 30. Curva de momento escorante y momento adrizante*



Elaboración y fuente OMI

#### 4.1.2. Estabilidad a diferentes condiciones de carga

##### ✓ PRIMERA CONDICIÓN: SALIENDO DE PUERTO

Se desarrollarán los cálculos en el programa Max Surf (Stability).

En esta condición el catamarán saldrá con: 100% de pasajeros, 100% de provisiones, 100% de agua dulce y 100% de combustible. Mostrados posteriormente:

Tabla 8. Primera condición de carga

Item	Cantidad	Peso Unitario (Ton)	Peso Total (Ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y Estructura	3	7.500	22.500	5.800	0.000	3.500
Superestructura	1	2.000	2.000	8.700	0.000	3.000
Personas	50	0.075	3.750	8.700	0.000	3.000
Molinete	1	0.500	0.500	3.400	0.000	2.900
Motor I	1	4.218	4.100	-10.000	0.000	3.100
Motor II	1	4.218	4.100	-10.000	0.000	3.100
Combustible I	100%	19.562	19.562	-5.993	3.233	1.762
Petróleo II	0%	18.631	0.000	-7.693	-3.226	0.000
Petróleo I	0%	18.631	0.000	-7.693	3.226	0.000
Combustible II	100%	19.562	19.562	-5.933	-3.233	1.762
Agua Dulce	100%	13.812	13.812	1.989	3.300	1.117
Agua Grises	0%	23.759	0.000	-3.977	3.299	0.000
Agua Dulce	100%	13.812	13.812	1.989	-3.300	1.117
Agua Grises	0%	23.759	0.000	-3.977	-3.299	0.000
Provisiones	1	0.300	0.300	5.750	0.000	1.000
Equipamiento	1	0.700	0.700	2.593	0.000	0.835
Equipamiento	1	0.700	0.700	2.593	0.000	0.835
<b>Total, Load case (Toneladas)</b>			<b>105.398</b>	<b>-0.086m</b>	<b>0.000m</b>	<b>2.126m</b>

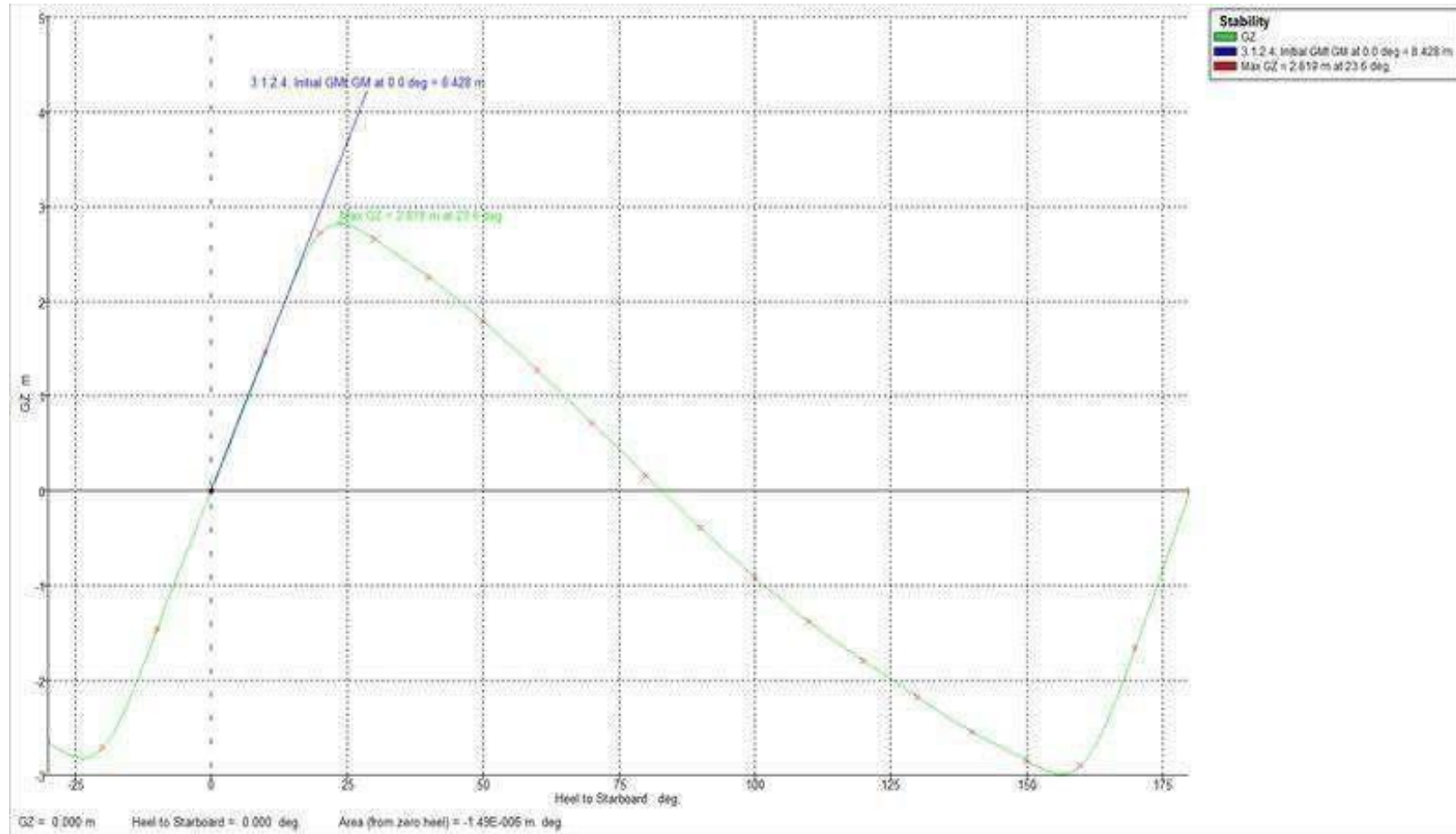
Elaboración y datos Max Surf Stability

Tabla 9. Características en la primera condición de carga

<b>Heel to starb</b>	<b>-20</b>	<b>-10</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>20</b>	<b>30</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>60</b>	<b>70</b>	<b>80</b>	<b>90</b>
<b>GZ m</b>	-2.715	-1.461	0	1.461	2.715	2.654	2.258	1.792	1.272	0.72	0.159	-0.391
<b>Area under GZ curve from zero</b>	28.855	7.2215	0	7.221	28.8566	56.529	81.118	101.425	116.778	126.757	131.147	129.967
<b>Displaceme nt t</b>	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4	105.4
<b>Draft at FP m</b>	1.473	1.605	1.647	1.605	1.474	0.873	0.062	-1.002	-2.587	-5.482	-13.592	n/a
<b>Draft at AP m</b>	1.459	1.587	1.583	1.587	1.459	0.862	0.085	-0.913	-2.386	-5.064	-12.575	n/a
<b>WL Length m</b>	24.55	24.013	23.374	24.013	24.551	24.662	24.721	24.832	25	25	25.001	25.001
<b>Beam max extents on WL m</b>	8.474	8.706	8.601	8.706	8.474	3.807	3.352	2.903	2.423	2.176	2.593	2.813
<b>Wetted Area m^2</b>	167.118	178.38	179.66	178.384	167.126	152.36	154.465	154.795	153.511	150.251	146.18	144.191
<b>Waterpl. Area m^2</b>	70.998	85.929	88.003	85.929	71.002	42.439	39.76	39.556	41.685	46.65	53.462	58.949
<b>Prismatic coeff. (Cp)</b>	0.824	0.798	0.808	0.798	0.824	0.837	0.837	0.835	0.832	0.836	0.844	0.849
<b>Block coeff. (Cb)</b>	0.197	0.229	0.313	0.229	0.197	0.441	0.521	0.632	0.804	0.969	0.884	0.832
<b>LCB from zero pt. (+ve fwd) m</b>	-0.703	-0.701	-0.699	-0.701	-0.701	-0.702	-0.704	-0.71	-0.715	-0.72	-0.726	-0.729
<b>LCF from zero pt. (+ve fwd) m</b>	-0.371	-0.824	-0.948	-0.824	-0.369	-0.272	-0.261	-0.291	-0.377	-0.461	-0.464	-0.5
<b>Max deck inclination deg</b>	20	10	0.1521	10.0001	20	30	40	50.0001	60.0003	70.0004	80.0003	90
<b>Trim angle (+ve by stern) deg</b>	-	-	-0.1521	-	-0.036	-0.0266	0.0557	0.2112	0.4798	0.9966	2.4236	-12.566

Elaboración y datos: Max Surf Stability

Gráfica 7. Curva de estabilidad GZ



Elaboración y datos: Max Surf Stability

✓ **SEGUNDA CONDICIÓN: PLENA CARGA**

Se desarrollaron los cálculos en el programa Maxsurf (Stability).

En esta condición el catamarán saldrá con: 100% de pasajeros, el 50% de provisiones, 50% de agua dulce ,50% de combustible, y con el 100% de carga recogida de petróleo.

*Tabla 10. Segunda condición de carga*

Item	Cantidad	Peso Unitario (Ton)	Peso Total (Ton)	X (m)	Y (m)	Z (m)
Casco y Estructura	3	7.500	22.5	5.800	0.000	3.500
Superestructura	1	2.000	2	8.700	0.000	3.000
Personas	50	0.075	3.75	8.700	0.000	3.000
Molinete	1	0.500	0.5	3.400	0.000	2.900
Motor I	1	4.218	4.100	-10.000	0.000	3.100
Motor II	1	4.218	4.100	-10.000	0.000	3.100
Combustible I	50%	19.562	9.781	-6.022	3.299	1.030
Petróleo II	100%	18.631	18.631	-5.933	-3.233	1.762
Combustible II	50%	19.562	9.781	-6.022	3.299	1.030
Petróleo I	100%	18.631	18.631	-5.933	3.233	1.762
Agua Grises	30%	23.759	7.128	-2.037	3.300	0.690
Agua Dulces	50%	13.812	6.906	1.924	3.299	0.668
Agua Grises	30%	23.759	7.128	-2.037	-3.300	0.690
Agua Dulces	50%	13.812	6.906	1.924	-3.299	0.668
Provisiones	1	0.300	0.300	5.75	0.000	1.000
Equipamiento	1	0.700	0.700	2.593	0.000	0.835
Equipamiento	1	0.700	0.700	2.593	0.000	0.835
<b>Total, Load case (Toneladas)</b>			<b>123.54</b>	<b>-0.198m</b>	<b>0.000m</b>	<b>1.856m</b>

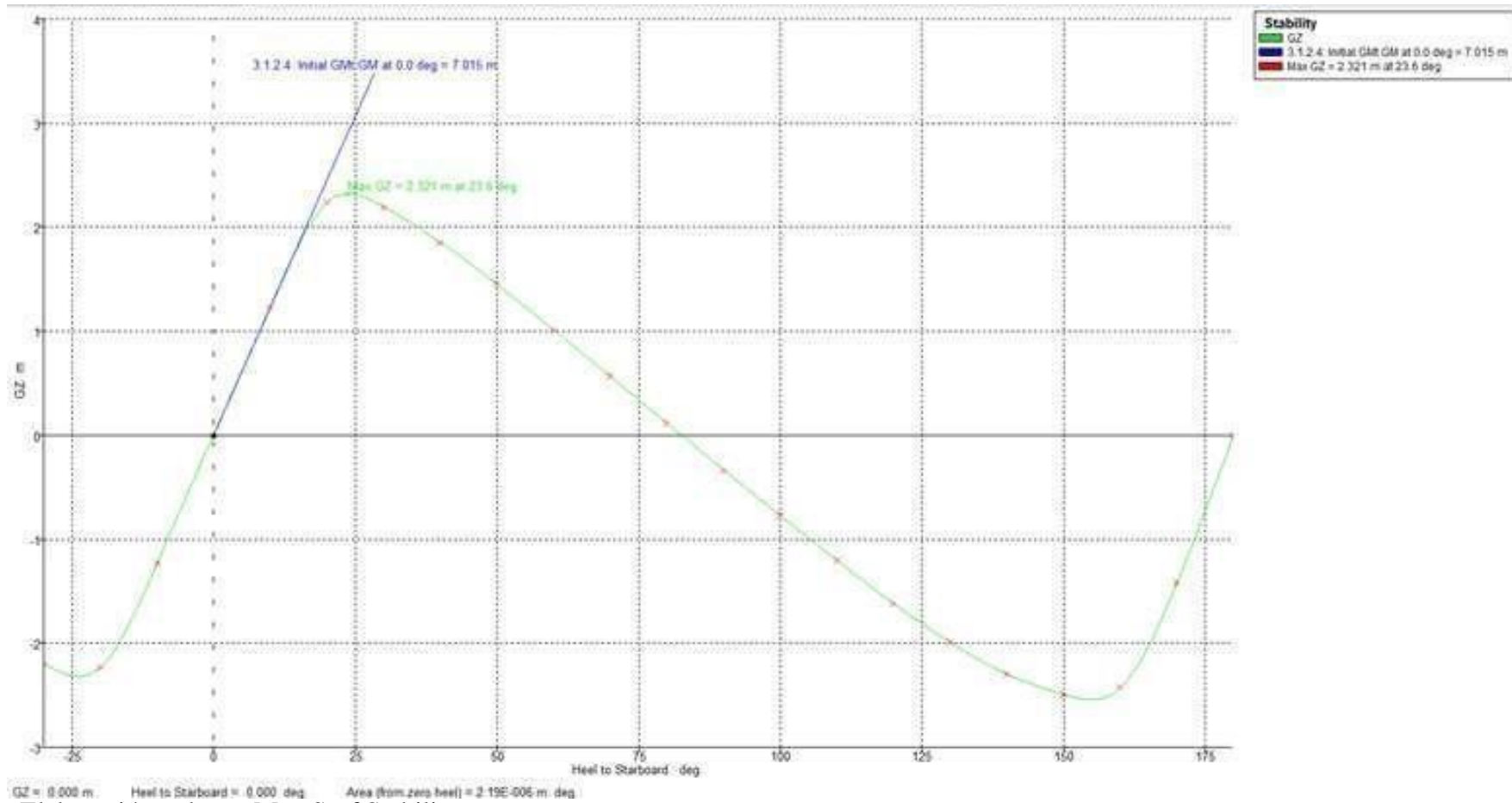
Elaboración y datos Max Surf Stability

Tabla 11. Características en la segunda condición de carga

Heel to starb	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
<b>GZ m</b>	-2.234	-1.232	0	1.232	2.235	2.195	1.854	1.451	1.014	0.565	0.115	-0.332
<b>Area under</b>	24.0958	6.1368	0	6.1372	24.0958	46.9108	67.2059	83.7749	96.1142	104.0094	107.404	106.31
<b>Displaceme</b>	123.6	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5	123.5
<b>Draft at FP m</b>	0.92	1.264	1.321	1.264	0.921	-0.224	-1.714	-3.65	-6.557	-11.865	-26.822	n/a
<b>Draft at AP m</b>	2.492	2.251	2.231	2.251	2.491	3.521	4.804	6.392	8.771	13.136	25.442	n/a
<b>WL Length m</b>	23.99	23.656	23.024	23.657	23.99	23.729	23.497	23.333	23.182	23.044	22.966	23.212
<b>Beam max e</b>	8.542	8.728	8.602	8.728	8.543	6.199	4.176	3.917	3.574	3.275	3.075	3.057
<b>Wetted Are</b>	208.42	197.803	198.299	197.804	208.374	234.255	256.821	268.343	275.375	279.406	284.784	270.78
<b>Waterpl. Are</b>	64.754	87.73	86.703	87.731	64.764	38.39	33.222	30.352	27.962	26.27	24.816	23.992
<b>Prismatic co</b>	0.721	0.744	0.769	0.744	0.721	0.72	0.727	0.694	0.655	0.632	0.618	0.605
<b>Block coeff.</b>	0.184	0.224	0.296	0.224	0.184	0.197	0.231	0.209	0.206	0.211	0.217	0.215
<b>LCB from zer</b>	-2	-1.955	-1.948	-1.955	-1.999	-2.156	-2.357	-2.554	-2.729	-2.856	-2.926	-2.937
<b>LCF from zer</b>	-0.549	-1.285	-1.131	-1.284	-0.55	-0.676	-1.425	-1.594	-1.457	-1.393	-1.299	-1.119
<b>Max deck in</b>	20.2944	10.2622	2.1691	10.262	20.2939	30.8805	41.4078	51.6268	61.5522	71.2025	80.651	90
<b>Trim angle (</b>	3.742	2.3526	2.1691	2.3515	3.7387	8.8606	15.1777	22.6799	32.5332	46.1365	65.3093	90

Elaboración y datos: Max Surf Stability

Gráfica 8. Curva de Estabilidad GZ



Elaboración y datos: Max Surf Stability

## V. ECONOMÍA DEL PROYECTO

### 5.1. Costo de la embarcación

En el presente capítulo se realizará una estimación del costo de la embarcación de pasajeros.

Para lograr el objetivo de estimar el costo de nuestra embarcación, se ha tratado de considerar todos los elementos y sus respectivos costos lo más cercano a la realidad.

Dividiendo este capítulo en do fases detalladas a continuación.

- Equipamiento de la embarcación
- Consumo e insumos

*Tabla 12. Costo de equipamiento (Sistema Propulsivo)*

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>SISTEMA DE PROPULSIÓN</b>				
1	MOTOR DIESEL LIEBHERR V20 D9620	2	100,000.00	200,000.00
2	PROPULSOR ACIMUTAL TLAT600WM	2	50,000.00	100,000.00
3	MONITOR Y SISTEMA DE CONTROL	1	24,000.00	24,000.00
4	ACOPLAMIENTOS DE MOTOR PRIN.BOMBA CONTRA INCENDIOS	1	7,000.00	7,000.00
5	SISTEMA DE ENFRIAMIENTO DEL MOTOR	1	7,000.00	7,000.00
6	CONSOLA DE PUENTE DE MANDO	1	42,000.00	42,000.00
7	PANELES DE DISTRIBUCIÓN ELÉCTRICA	1	20,000.00	20,000.00
8	MOTOR CENTER CONTROL	1	15,000.00	15,000.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>415,000.00</b>

Fuente: propia

*Tabla 13. Costo de equipamiento (Generadores y baterías)*

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>GENERADORES Y BATERÍAS</b>				
9	GENERADOR DE 18KW	1	20,000.00	20,000.00
10	BATERÍAS DE GENERADOR	1	570.00	570.00
11	CARGADOR DE BATERÍAS DE GENERADOR	1	800.00	800.00
12	BATERÍAS DE MOTORES	10	900.00	9,000.00
13	BANCO DE BATERÍAS	4	400.00	1,600.00
14	PANELES SOLARES	43	300.00	12,900.00
15	CONTROLADORES DE CARGA DE 100A	3	1,200.00	3,600.00
16	CONTROLADOR DE CARGA DE 85A	1	970.00	970.00
17	INVERSOR SOLAR	1	3,000.00	3,000.00
18	BATERIAS SOLARES	22	400.00	8,800.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>61,240.00</b>

Fuente propia

Tabla 14. Costo de equipamiento (Sistema de achique)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>SISTEMA DE ACHIQUE</b>				
19	BOMBA DE ACHIQUE	1	700.00	700.00
20	SENSOR DE ATO NIVEL	4	250.00	1,000.00
21	BOMBA DSUMERGIBLE	4	300.00	1,200.00
22	TUBO FLEXIBLE	20	70.00	1,400.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>4,300.00</b>

Fuente propia

Tabla 15. Costo de equipamiento (Sistema Sanitario)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>SISTEMA SANITARIO</b>				
23	TANQUE DE PLÁSTICO PARA AGUA DULCE	2	1,000.00	2,000.00
24	TANQUE DE PLÁSTICO PARA AGUA GRISES	2	1,000.00	2,000.00
25	TANQUE DE ACERO PARA COMBUSTIBLE	2	4,000.00	8,000.00
26	BOMBA PRESUARIZADORA	1	700.00	700.00
27	BOMBA ELÉCTRICA	2	400.00	800.00
28	PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGA	1	2,000.00	2,000.00
29	INODORO	4	400.00	1,600.00
30	PURGADOR	1	100.00	100.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>17,200.00</b>

Fuente: propia

Tabla 16. Costo de equipamiento (Bomba de aceite y petróleo)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>BOMBA DE ACEITE Y PETRÓLEO</b>				
31	BOMBA DE PETROLEO	1	400.00	400.00
32	BOMBA DE ACEITE	1	400.00	400.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>800.00</b>

Fuente: propia

Tabla 17. Costo de equipamiento (Puertas, defensa y carpintería)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>PUERTA, DEFENSA Y CARPINTERÍA</b>				
33	ESCOTILLAS	4	900.00	3,600.00
34	COCINA	1	700.00	700.00
35	REFRIGERADORA	1	600.00	600.00
36	LICUADORA	1	250.00	500.00
37	HORNOMICROONDAS	2	300.00	600.00
38	TOSTADORA	2	200.00	400.00
39	CAFETERA	2	100.00	200.00
40	SILLA DE ACOMODACIÓN	70	600.00	42,000.00
41	SILLA DEL CAPITÁN	1	2,500.00	2,500.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>51,100.00</b>

Fuente: propia

Tabla 18. Costo de equipamiento (Equipos electrónicos y de comunicación)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>EQUIPOS ELECTRÓNICOS Y DE COMUNICACIÓN</b>				
42	RADAR	1	12,000.00	12,000.00
43	NAVEGADOR GPS	1	2,500.00	2,500.00
44	RADAR (SENSOR)	1	3,000.00	3,000.00
45	RADIO VHF	1	500.00	500.00
46	AISLADOR DE ANTENA DE COMUNICACIÓN	1	200.00	200.00
47	ANTENA DE RADIO HF	1	500.00	500.00
48	MEGÁFONO	4	600.00	2,400.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>21,100.00</b>

Fuente: propia

Tabla 19. Costo de equipamiento (Sistema de fondeo)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>SISTEMA DE FONDEO</b>				
49	MOLINETE	1	5,000.00	5,000.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>5,000.00</b>

Fuente: propia

Tabla 20. Costo de equipamiento (Confort)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>EQUIPAMIENTO DE CONFORT</b>				
50	CELULARES	25	300.00	7,500.00
51	LAPTOPS	5	2,000.00	10,000.00
52	TABLETS	3	600.00	1,800.00
53	EQUIPO DE SONIDO	2	1,000.00	2,000.00
54	TELEVISORES	2	1,500.00	3,500.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>24,800.00</b>

Fuente: propia

Tabla 21. Costo de equipamiento (Sistema de seguridad)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P. UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>SISTEMA DE SEGURIDAD</b>				
55	EXTINGUIDOR DE CO2 DE 5KG	15	100.00	1,500.00
56	EXTINGUIDOR DE POLVO ABC	15	100.00	1,500.00
57	EXTINGUIDOR DE AGUA	15	100.00	1,500.00
58	CHALECOS SALVAVIDAS	70	60.00	4,200.00
59	AROS SALVAVIDAS	70	60.00	4,200.00
60	RADIOBALIZA	10	500.00	5,000.00
61	BALSASALVAVIDAS DE 15 PERSONAS	5	2,000.00	10,000.00
62	HACHAS CONTRA INCENDIOS	8	30.00	240.00
63	COHETES DE LUZ ROJA	6	50.00	300.00
64	BENGALAS DE MANO	10	20.00	200.00
65	DETECTOR DE GASES	6	2,500.00	15,000.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>43,640.00</b>

Fuente: propia

Tabla 22. Costo de materiales e insumos (planchas e insumos)

ITEM	DESCRIPCIÓN	PRECIOS (US\$)		
		CANTIDAD	P.UNITARIO	P. TOTAL
<b>EQUIPAMIENTO</b>				
<b>PLANCHAS E INSUMOS</b>				
66	SUMINISTRO DE PLANCHAS, BARRAS Y TUBOS	10,000	25.00	250,000.00
67	SOLDADURA	1000	30.00	30,000.00
68	DISCOS ABRASIVOS Y DE CORTE	500	5.00	7,500.00
69	GAS ARGÓN	500	15.00	2,500.00
	<b>SUBTOTAL</b>			<b>290,000.00</b>

Fuente: propia

COSTO TOTAL US\$	<b>934,180.00</b>
------------------	-------------------

## 5.2. Retorno de la inversión – ROI

Tabla 23. Inversión mensual de la embarcación

INVERSIÓN MENSUAL	PRECIO (US\$)	
Alimentación	18,000.00	
Combustible	23,000.00	
Personal	12,000.00	
<b>INVERSIÓN MENSUAL</b>	<b>53,000.00</b>	<b>US\$ / MES</b>

Fuente: propia

Tabla 24. Ingreso bruto mensual de la embarcación

INGRESO BRUTO MENSUAL		POR VIAJE	2 VIAJES		
Cantidad de turistas	50				
Costo por persona	25.00	1,250.00	2,500.00	75,000.00	US\$ / MES

### INGRESO BRUTO MENSUAL

GANANCIA DEL MES	75,000.00	US\$ / MES
------------------	-----------	------------

GASTOS DEL MES	53,000.00	US\$ / MES
----------------	-----------	------------

INGRESO BRUTO MENSUAL = GANANCIA DEL MES - GASTOS DEL MES
---

75,000.00 - 53,000.00
-----------------------

22,000.00
-----------

US\$ / MES
------------

Fuente: propia

*Tabla 25. Ingreso bruto anual de la embarcación*

INGRESO BRUTO ANUAL		
22,000.00 x 12	264,000.00	US\$ / MES

Fuente: propia

*Tabla 26. Recuperación de la inversión*

RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN		
GASTO TOTAL DE LA EMBARCACIÓN / INGRESO BRUTO POR AÑO		
934,180.00	264,000.00	3.5

Fuente: propia

*Tabla 27. Periodo de recuperación de inversión de la embarcación*

PERIODO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN DE LA EMBARCACIÓN		
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	3.5	AÑOS
PERIODO DE RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	41	MESES

Fuente: propia

## VI. MARCO METODOLÓGICO

### 6.1 Tipo y nivel de investigación.

#### 6.1.1. Enfoque

El enfoque es de carácter cuantitativo, ya que los datos existentes, nos brindaran la información para poder analizar y vincularlos a la investigación.

#### 6.1.2 Tipo

Explorativo: Se reconocerá el problema presentado en los catamaranes. Descriptivo: Con la información obtenida respecto a los problemas presentados en los catamaranes, realizaremos una propuesta de embarcación más eficiente, estable, con las condiciones óptimas para su desempeño.

#### 6.1.3 Nivel

En nivel es descriptivo, vamos a centrarnos en las situaciones que rodean el problema de los catamaranes, para brindar la información de lo que sucede

### 6.2 Diseño de la investigación

La investigación es del tipo no experimental pues los problemas presentados en los catamaranes están ciertamente determinados, por ello solo se tendrá que limitar en la observación, por lo tanto, la información recolectada será de diferentes puntos.

### 6.3 Población y muestra.

Población: 17.920 embarcaciones pesqueras artesanales. Muestra: Litoral del Perú.

### 6.4 Criterios de selección

Reglamento internacional para la construcción de un catamarán Determinación de las dimensiones principales del catamarán Determinación de las formas del casco del catamarán

Franco bordo y compartimiento Planos generales Escantillonado y estructuras Resistencia y potencia

Funcionamiento del sistema y equipamiento Estima de pesos Estabilidad

### 6.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica para recolectar información será a través de recursos o procedimientos fundamentales, los cuales nos permita acercarnos al objetivo de la investigación.

3	OMI
4	TUPAC
5	RINAC
6	DICAPI
7	PRODUCE
8	ABS
9	IMARPE
10	IMO
11	MARPOL
12	SOLAS
13	Capitanía del Puerto de Lambayeque
14	Marina de Guerra del Perú

## 6.6 Procesamiento de recolección de datos

La información requerida será principalmente de las regulaciones de IMARPE y PRODUCE, estas indican el procedimiento de seguridad y construcción del barco pesquero, cree y carga, además podremos ver el estado actual en que se encuentran los barcos, esto La información obtenida también se comparará con la información proporcionada en las diferentes plataformas.

Además, la información se verificará en regulaciones internacionales como SOLAS, ABS, MARPOL, etc. con el fin de presentar la propuesta de diseño de catamarán eco-sostenible, ya que estos nos presentan como la seguridad, la estabilidad y todas las condiciones adecuadas deben ser, para proporcionar el servicio.

## 6.7 Procedimiento y análisis de datos

Analizaremos los datos de los catamaranes y donde se encuentran; además si estos están aptos para brindar servicio, además se verificará la situación de problemas que presentan.

## 6.8 Matriz consistencia

TÍTULO	PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	POBLACIÓN Y MUESTRA
DISEÑO DE UN CATAMARÁN ECO-SOSTENIBLE PARA EL SERVICIO MULTIFUNCIONAL A LAS ISLAS LOBOS DE ADENTRO Y LOBOS DE AFUERA, LAMBAYEQUE.	¿De qué manera puede influir para el sector turístico en el Norte Peruano tener una embarcación tipo catamarán eco-sostenible de servicio multifuncional?	GENERAL:	DISEÑO DE UN CATAMARÁN ECO-SOSTENIBLE PARA EL SERVICIO MULTIFUNCIONAL A LAS ISLAS LOBOS DE ADENTRO Y LOBOS DE AFUERA, LAMBAYEQUE.	Independientes:  Propuesta de diseño de un catamarán eco-sostenible	Tipo de investigación n. -	Población.
		DISEÑAR UNA EMBARCACIÓN TIPO CATAMARÁN ECO-SOSTENIBLE PARA SERVICIO MULTIFUNCIONAL A LAS ISLAS LOBOS DE ADENTRO Y LOBOS DE AFUERA, LAMBAYEQUE			No experimental.	
		ESPECÍFICOS:			Descriptiva	
		1.- Realizar el estudio de los diferentes tipos de catamarán para obtener las características y dimensiones principales de mi buque proyecto.			Diseño de investigación n. -	
		2.-Diseño de embarcación tipo catamarán a través de los programas Autocad y Maxsurf respetando los registros navales para el				Muestra.
		3.- Realizar los cálculos respectivos para obtener los criterios de estabilidad de la embarcación.		Dependientes:		
		4.- Realizar los cálculos de la propulsión tipo diésel-eléctrico y energía fotovoltaica para los servicios a bordo.		Para brindar servicio multipropósito		Unidad de Estudio.

## VII. CONCLUSIONES

- ✓ Se basó en mostrar una alternativa turística para aprovechar las bellezas naturales que presentan nuestras costas con sus islas. Manifestando que existen razones económicas y sociales que posibilitarían la creación nuevos proyectos turísticos y aumentarían a su vez la reputación turística de nuestra región.
- ✓ Se diagnosticó que en la actualidad no existe una embarcación implementada adecuadamente con todos los requisitos para poder solucionar los problemas medio ambientales de nuestro mar, que afectan directamente todos los recursos de flora y fauna de nuestro ecosistema.
- ✓ La propuesta del diseño recae en realizar una embarcación tipo catamarán eco-sostenible, la cual cumpla con diferentes funciones multiuso, entre las principales tenemos las de atender diferentes tipos de eventos sociales, turismo y pesca.
- ✓ Se definió que el proyecto posee una eslora de 25 metros, con una velocidad de 16 nudos, apropiada para las funciones que se establece. También se determinó t que es una embarcación semi desplazante y esta adecuada con todos los espacios y servicios a bordo requeridos por las normativas internacionales vigentes.
- ✓ La estabilidad del catamarán se definió con la reglamentación del ABS (American Bureau of Shipping). El resultado que se obtuvo es un diseño adecuado que cumple con todos sus parámetros exigidos por las normas vigentes.

## VIII. RECOMENDACIONES

- ✓ Sería conveniente que nuestro país se dotase de un propio registro naval, considerado las diversas realidades de nuestra costa peruana.
  
- ✓ Un estudio más específico para dotar las embarcaciones con un sistema fotovoltaico para los servicios de bordo.
  
- ✓ La utilización de los propulsores azimutales, seguramente mejorarían enormemente los diseños futuros.

## IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. d. C. E. y. Turismo, «Ministerio de Comercio Exterior y Turismo,» 2018. [En línea]. Available: [https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/estadisticas/ReporteTurismoRegional/RTR\\_Lambayeque.pdf](https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/turismo/estadisticas/ReporteTurismoRegional/RTR_Lambayeque.pdf).
- [2] Andina, «Andina, agencia peruana de noticias,» 17 7 2016. [En línea]. Available: <https://andina.pe/agencia/noticia-lambayeque-proyectan-abrir-al-turismo-isla-lobo-tierra-gran-potencial-posee-621671.aspx>. [Último acceso: 15 Julio 2020].
- [3] Oceana, «Protegiendo los Oceanos del Mundo,» 24 Setiembre 2015. [En línea]. Available: OCEANA, «OCEANA,» OCEANA, 24 Setiembre 2015. [En línea]. <https://eu.oceana.org/es/contaminacion-por-la-industria-nav>. [Último acceso: 21 Junio 2020].
- [4] Oceana, «Protegiendo los oceanos del mundo,» 2015. [En línea]. Available: <https://eu.oceana.org/es/contaminacion-por-la-industria-naval-0>. [Último acceso: 4 Mayo 2020].
- [5] I. Zotti, «Catamaranes de baja carga, formación ondosa,» D.I.N.M.A, Trieste, 2012.
- [6] I. D. M. PERUANO, «Contaminación marina en el Perú,» Mar y Ciencia, Callao, 1980.
- [7] J. O. Puig, Teoria del buque, Catalunya: Edicions upc, 1994.
- [8] R. Sanabria, «Clasificación de Buques,» 28 Setiembre 2017. [En línea]. Available: <https://es.slideshare.net/RafaelSanabria1/clasificacion-de-los-buques..> [Último acceso: 26 Mayo 2020].
- [9] J. Alaez, Catamaranes de alta velocidad'. Canal de experiencias hidrodinámicas el, 1991.
- [10] P. Wellmann, Anteproyecto y estudio de factibilidad de un catamarán para el lago, Universidad Austral de Chile, 2006.
- [11] J. Rodríguez, «Scribd,» 23 Agosto 2017. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/293912893/Clasificacion-de-Las-Embarcaciones#..> [Último acceso: 11 Junio 2020].
- [12] A. Ships, «ABS Vessels Records,» 2017. [En línea]. Available: <https://ww2.eagle.org/en/rules-and-resources/abs-vessel-information.html>. [Último acceso: 19 Junio 2020].
- [13] «Código de estabilidad sin avería para todos los tipos de buque,» NGV 2000, 2008.
- [14] F. R. Cornejo, «Construcción Naval en Aluminio,» 2018. [En línea]. Available: <https://static1.squarespace.com/static/5d7d9ffbd77d004e50ec27b1/t/5dbccda069d48f>

23f8baa381/1572654499240/construccion-naval-en-aluminio.pdf.. [Último acceso: 2 Junio 2020].

[15] A. G. Pellicer, «Escantillado y análisis por elementos finitos de un catamarán,» Departamento de Tecnología Naval, Murcia, 2017.

[16] «Islas Lobos de Afuera y Lobos de Tierra,» Cruceros desde Islas Lobos de Afuera y Lobos de Tierra, 1018. [En línea]. Available: <https://www.todocruceros.com/cruceros-islas-lobos-de-afuera-y-lobos-de-tierra-> . [Último acceso: 6 Julio 2020].

[17] Organización consultiva marítima intergubernamental, «Convenio Internacional Sobre Linea de Carga,» Documentos anexos, Londres, 1966.

[18] Liebherr, «Motores Diesel Liebherr,» 23 Agosto 2020. [En línea]. Available: <https://www.liebherr.com/es/int/productos/componentes/motores-de-combustion/motores-diesel/catalogo-de-productos-de-motores-diesel/details/entwicklungsprojektd9620a7.html>. [Último acceso: 15 Junio 2021].

[19] IMO, «RESOLUTION MSC.267 (85),» 2008. [En línea]. Available: [http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-\(MSC\)/Documents/MSC.267\(85\).pdf](http://www.imo.org/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/Maritime-Safety-Committee-(MSC)/Documents/MSC.267(85).pdf). [Último acceso: 19 Junio 2021].

[20] E. s. d. g. n. d. Perú, «Información Náutica,» Diresuval, Callao, 2016.

[21] H. Gonzalez, «Introducción a la construcción del buque I,» 1 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://arquitecturabuque.blogspot.com/2011/07/introduccion-la-construccion-del-buque.html>..[Último acceso: 3 Junio 2020].

## X. ANEXOS

Anexo N°1. Zona categoría y diseño según navegación

	NUEVAS ZONAS DE NAVEGACION.	DISTANCIA A COSTA.	ANTIGUAS CATEGORÍAS DE NAVEGACION.	CATEGORIA DE DISEÑOS PERMITIDOS.
NAVEGACIÓN OCEANICA.	ZONA 1.	SIN LÍMITE.	CAT. A.	DISEÑO A.
NAVEGACIÓN DE ALTA MAR.	ZONA 2.	HASTA 60 MILLAS.	CAT. B.	DISEÑO A , B.
	ZONA 3.	HASTA 25 MILLAS.	CAT. C.	DISEÑO A , B.
NAVEGACIÓN EN AGUAS COSTERAS.	ZONA 4.	HASTA 12 MILLAS.		DISEÑO A , B , C.
	ZONA 5.	HASTA 5 MILLAS.	CAT. D-1.	DISEÑO A , B , C.
	ZONA 6.	HASTA 2 MILLAS.	CAT. D-2.	DISEÑO A , B , C.
NAVEGACIÓN EN AGUAS PROTEGIDAS.	ZONA 7.	AGUAS PROTEGIDAS EN GENERAL.		DISEÑO A , B , C , D.

## Anexo N°2: Materiales obligatorios necesarios a bordo

### 1. EQUIPO DE SALVAMENTO.

MATERIAL.	ZONA DE NAVEGACION.							NOTAS.
	1	2	3	4	5	6	7	
BALSAS SALVAVIDAS.	X	X	X					ZONAS 1, 2, 3. Plazas para el 100% de personas autorizadas a transportar. Homologación SOLAS (R.D.809/99)ó equivalente.
CHALECO SALVAVIDAS.	X	X	X	X	X	X	X	ZONA 1. Chalecos para el 100% de personas más un 10%. En el resto de zonas chalecos para el 100% de las personas. Homologación SOLAS (R.D.809/99)ó "CE" (Directiva 89/686,R.D.1407/92). Flotabilidad: ZONA 1 275N; ZONAS 2, 3, 4 150N; y ZONAS 5, 6, 7 100N.
AROS SALVAVIDAS.	2	1	1	1				Para ZONA 1 al menos uno de los dos aros con luz y rabiza. Para ZONAS 2, 3, 4 uno con luz y rabiza. Homologaciones SOLAS (R.D.809/99)ó "CE" (Directiva 89/686,R.D.1407/92).
COHETES CON LUZ ROJA Y PARACAIDAS.	6	6	6	6				Homologación SOLAS (R.D.809/99).
BENGALAS DE MANO.	6	6	6	6	3	3		Homologación SOLAS (R.D.809/99).
SEÑALES FUMÍGENAS FLOTANTES.	2	2	1	1				Homologación SOLAS (R.D.809/99).

## Anexo N°3. Equipos dispensables de navegación

2. EQUIPO DE NAVEGACIÓN.								
MATERIAL.	ZONAS DE NAVEGACIÓN.							NOTAS.
	1	2	3	4	5	6	7	
LUCES Y MARCAS DE NAVEGACIÓN.	X	X	X	X	X	X	X	Homologación COLREG 72; ZONAS 5, 6, 7 en navegación diurna pueden no ser homologadas. En navegación diurna, hasta 12 millas y/o eslora menor de 7 m, podrá llevar linterna eléctrica de luz blanca con pilas de repuesto, en lugar de luces.
COMPÁS.	2	2	1	1				Para ZONAS 1 y 2, uno de gobierno con iluminación y uno de marcaciones. Con tabla de desvíos. Para ZONAS 3 y 4 uno de gobierno. Homologación: R.D. 309/99.
CORREDERA.	1	1						De heliox, eléctrica ó de presión con totalizador, o bien un GPS.
SEXTANTE.	1							Con tablas necesarias para la navegación astronómica.
CRONÓMETRO.	1							
COMPÁS DE PUNTAS.	1	1						
TRANSPORTADOR.	1	1						
REGLA DE 40 cm.	1	1						
PRISMÁTICOS.	1	1	1	1				
CARTAS Y LIBROS NAÚTICOS.	1	1	1	1				De los mares por donde navegue y los portulanos de los puertos que utilice. Obligatorio Cuaderno de Fama y Derrotero de la zona por donde navegue, Anuario de Mareas (excepto en el Mediterráneo), Manual de primeros auxilios, Reglamento de Radiocomunicaciones, Código de señales para navegaciones en ZONA 1.
BOCINA DE NIEBLA.	1	1	1	1	1	1	1	A presión manual ó accionada por gas, en recipiente a presión. En este caso con membrana y recipiente de gas con repuesto.
CAMPANA.	1	1	1	1				A partir de 15 m. de eslora el peso será de 5 Kg. Para menos de 15 m. no es obligada pero dispondrán de medios para producir sonido eficaz.
PABELLÓN NACIONAL.	1	1	1	1	1	1	1	
CÓDIGO DE BANDERAS.	1	1						Como mínimo las banderas "C" y "N". Las dimensiones mínimas serán 60x50 cm. Para la ZONA 1.
LINTERNA ESTANCA.	2	2	1	1				Con bombilla y juego de pilas de repuesto.
DIARIO DE NAVEGACIÓN.	1							
ESPEJO DE SEÑALES.	1	1	1	1	1	1	1	
REFLECTOR DE RADAR.	1	1	1	1				Sólo en embarcaciones de casco no metálico.
CÓDIGO DE SEÑALES.	1	1	1	1	1	1	1	Si monta aparatos de radiocomunicaciones.

## Anexo N°4. Armamento diverso

3. ARMAMENTO DIVERSO.																																																																
MATERIAL.	ZONAS DE NAVEGACIÓN.							NOTAS.																																																								
	1	2	3	4	5	6	7																																																									
CAÑA DE TIMÓN DE EMERGENCIA.	X	X	X	X	X	X	X	En embarcaciones de vela y en las de u sólo motor si es gobernado a distancia, excepto si es fuera borda o de transmisión en Z.																																																								
ESTA CHAS DE AMARRE AL MUELLE.	2	2	2	2	2	2	2	En su caso, longitud y resistencia adecuada a la eslora.																																																								
BICHERO.	1	1	1	1	1	1	1																																																									
REMO.	1	1	1	1	1	1	1	Uno de longitud suficiente y dispositivo de boga. Para eslora inferior a 8 m., un par de zaguales.																																																								
INFLADOR.	X	X	X	X	X	X	X	Embarcaciones neumáticas, rígidas y semirrígidas.																																																								
JUEGO REPARACION DE PINCHAZOS.	X	X	X	X	X	X	X	Embarcaciones neumáticas, rígidas y semirrígidas.																																																								
BOTIQUÍN.	X	X	X	X	X	X	X	Con tripulación contratada botiquines A, B y C según alejamiento de costa y tiempo de navegación (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002).																																																								
BOTIQUÍN.	X	X	X	X	X			Sin tripulación contratada. Para ZONA 1 botiquín tipo C, completado según duración, lugares de viaje, y número de personas. Para ZONA 2 botiquín tipo C (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002). Para ZONAS 3 Y 4 botiquín tipo balsa salvamento (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002) Para ZONA 5 botiquín nº4, según Orden 4.12.80.																																																								
LÍNEAS DE FONDEO.	X	X	X	X	X	X	X	Obligado como mínimo 5 veces la eslora. Para más de 6 m., como mínimo la longitud de cadena será la de la eslora. Menos de 6 m. puede ser sin cadena.																																																								
								<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Eslora (m)</th> <th colspan="4">Peso del ancla (Kg)</th> </tr> <tr> <th colspan="4">Ø de cadena (mm).</th> <th colspan="4">Ø de la estacha (mm).</th> </tr> <tr> <th>L.</th> <th>P.A.</th> <th>D.C.</th> <th>D.E.</th> <th>L.</th> <th>P.A.</th> <th>D.C.</th> <th>D.E.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3</td> <td>3,5</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>6</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10</td> <td>6</td> <td>10</td> <td>9</td> <td>14</td> <td>8</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>20</td> <td>8</td> <td>12</td> <td>15</td> <td>33</td> <td>10</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>18</td> <td>46</td> <td>10</td> <td>14</td> <td>21</td> <td>58</td> <td>12</td> <td>16</td> </tr> </tbody> </table>	Eslora (m)				Peso del ancla (Kg)				Ø de cadena (mm).				Ø de la estacha (mm).				L.	P.A.	D.C.	D.E.	L.	P.A.	D.C.	D.E.	3	3,5	6	10	5	6	6	10	7	10	6	10	9	14	8	12	12	20	8	12	15	33	10	14	18	46	10	14	21	58	12	16
Eslora (m)				Peso del ancla (Kg)																																																												
Ø de cadena (mm).				Ø de la estacha (mm).																																																												
L.	P.A.	D.C.	D.E.	L.	P.A.	D.C.	D.E.																																																									
3	3,5	6	10	5	6	6	10																																																									
7	10	6	10	9	14	8	12																																																									
12	20	8	12	15	33	10	14																																																									
18	46	10	14	21	58	12	16																																																									

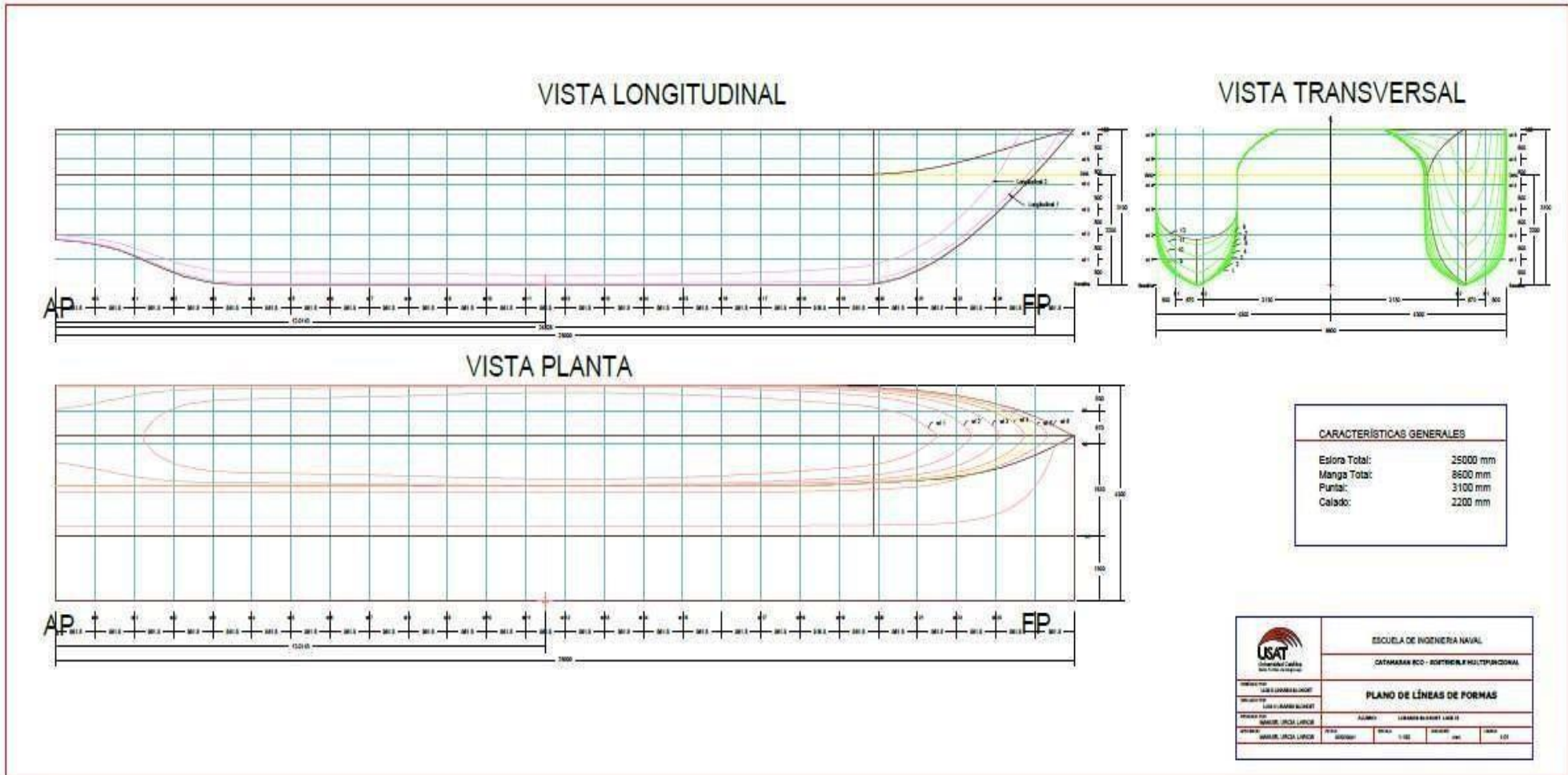
## 4. PREVENCIÓN DE VERTIDOS DE AGUAS SUCIAS

MATERIAL.	ZONA DE NAVEGACIÓN.							NOTAS.
	1	2	3	4	5	6	7	
DEPOSITOS DE RETENCIÓN DE AGUAS SUCIAS	X	X	X	X	X	X	X	Si están dotadas de aseos, depósitos permanentes. Conexión universal a tierra. Conductos que atraviesen el casco. Válvulas de cierre hermético con precintos o dispositivos mecánicos de cierre.
EQUIPOS PARA DESMENUZAR Y DESINFECTAR	X	X	X	X	X	X	X	Si están dotadas de aseos, equipos homologados o aprobados. En caso de descargas de aguas desmenuzadas o desinfectadas en zonas permitidas.
EQUIPOS DE TRATAMIENTO	X	X	X	X	X	X	X	Si están dotadas de aseos equipos homologados o aprobados. En caso de descargas de aguas tratadas en zonas permitidas.

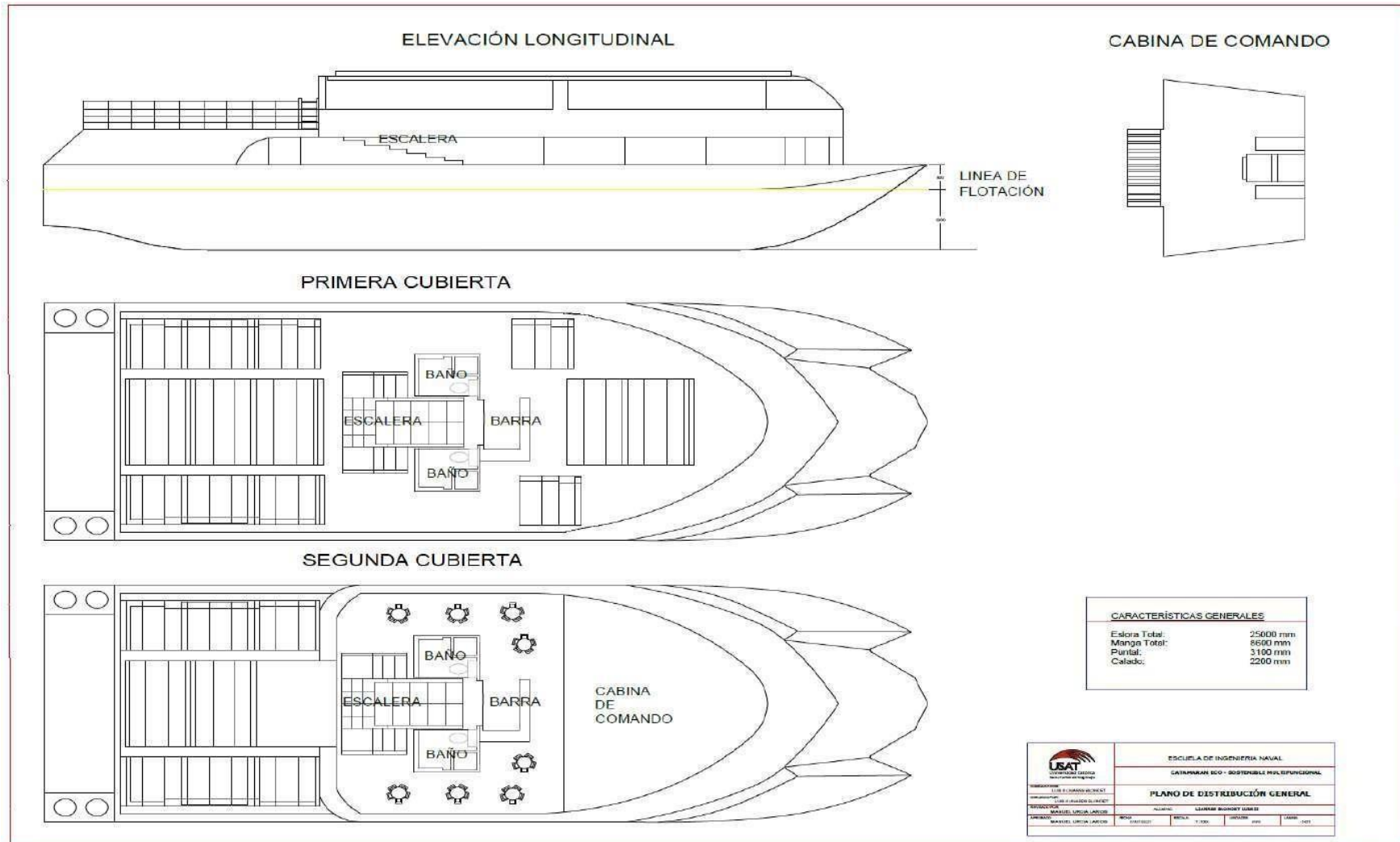
## Anexo N°5. Equipo de achique y contraincendios

5. ACHIQUE Y CONTRAINCENDIOS								
MATERIAL	ZONA DE NAVEGACION							NOTAS
	1	2	3	4	5	6	7	
EXTINTORES PORTÁTILES EN FUNCIÓN DE LA ESIORA	X	X	X	X	X	X	X	Cabina cerrada < 10m uno del tipo 21-B; Con o sin cabina entre 10 y 15 m uno del tipo 21-B; Con o sin cabina entre 15 y 20 m dos del tipo 21-B; Con o sin cabina entre 20 y 24 m tres del tipo 21-B; Para embarcaciones de lista 6° y eslora > 10 m uno más de los indicados. Peso mín. Extintores 2 Kg de polvo seco (peso equivalente si es otro agente extintor).
EXTINTORES PORTÁTILES EN FUNCIÓN DE LA POTENCIA INSTALADA	X	X	X	X	X	X	X	< A 150 kw uno del tipo 21-B; entre 150 y 300 Kw uno del tipo 34-B (con un motor); Dos del tipo 21-B (con dos motores); Entre 300 y 450 Kw uno del tipo 55-B (con un motor) o dos del tipo 34-B (con dos motores); > 450 Kw con un motor uno tipo 55-B y además el número de extintores necesarios para cubrir la potencia del motor por encima de los 450 Kw.; Con dos motores uno del tipo 55-B por cada motor (que puede ser 34-B si la potencia de cada uno es inferior a 300 Kw.) y además el número de extintores necesarios para cubrir la potencia total instalada; Para eslora < 10 m, estos extintores cumplirán con lo exigido en función de la eslora. Para motores fueraborda < 20 kw en zonas 6 y 7, no se exigirá extintor. Con instalación fija de extinción, un extintor por cada cuarta parte de la potencia. Peso mín. de extintores : 2 Kg de polvo seco (peso equiv. Si es otro agente extintor).
INSTALACIÓN FIJA DE EXTINCIÓN DE INCENDIOS	X	X	X	X	X	X	X	En embarcaciones con motores que utilicen combustible del grupo 1°. No son admisibles los gases halógenos como agente extintor.
DETECTOR DE GASES	X	X	X	X	X	X	X	Si tiene n instalaciones de gas combustible.
BALDES CONTRAINCENDIOS	2	2	1	1				Zonas 1 y 2 y eslora > 20 m, tres baldes.
EXTRACTOR DE GASES	X	X	X	X	X	X	X	Extractor antideflagrante en motores interiores que utilicen combustible del grupo 1.
BOMBAS DE ACHIQUE	2	2	2	1	1	1	1	Zonas 1,2 y 3 una manual y otra accionada con cualquier fuente de energía. En las zonas 4,5 y 6 una bomba. En zona 7 una bomba manual o eléctrica, para estoras menores o iguales a 6 m, con cámaras de flotabilidad podrá sustituirse por un achicador. En veleros en Zonas 1-6 al menos una bomba será manual y fija, operable desde la bañera. Capacidades: (a 10 KPa): 10 l/min. eslora <= 6 m.; 15 l/min. para estoras 6-12 m.; 30 l/min. para eslora >= 12m. Manuales: la capacidad indicada con 45 emboladas por minuto. En espacios con motores o tanques de combustible del grupo 1 las bombas serán antideflagrantes.
BALDES DE ACHIQUE	2	2	2	1	1	1		Pueden ser los de contraincendios.

Anexo N° 6. Plano de Línea de formas



Anexo N° 7. Distribución general



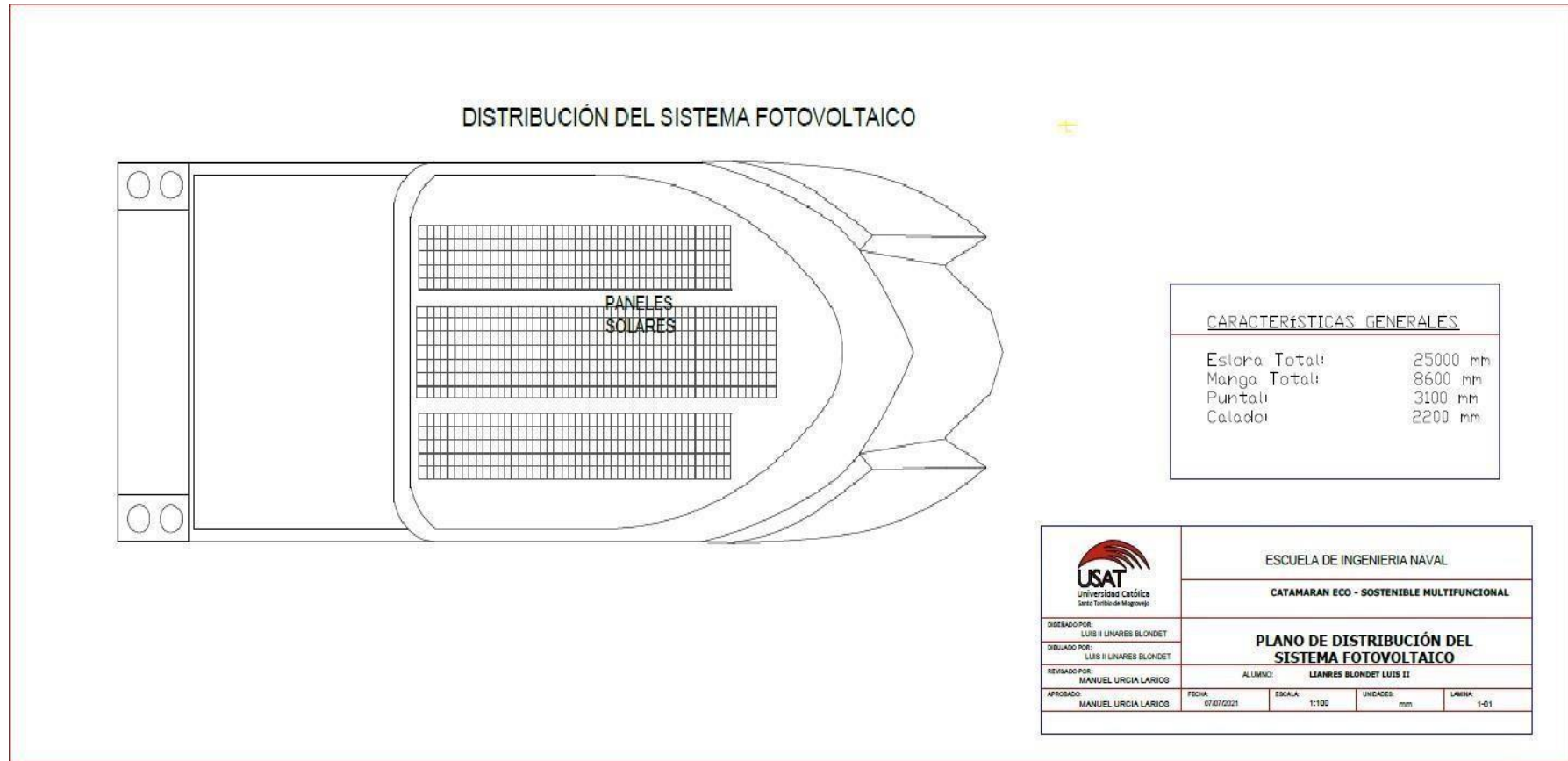
CARACTERÍSTICAS GENERALES	
Estora Total:	25000 mm
Manga Total:	8600 mm
Puntal:	3100 mm
Calado:	2200 mm

 <small>UNIVERSIDAD SUSTENTABLE          AUTÓNOMA DE TAMPICO</small>	ESCUELA DE INGENIERÍA NAVAL CATAPARAN ECO - SOSTENIBLE MULTIFUNCIONAL	
	PLANO DE DISTRIBUCIÓN GENERAL	
<small>PROFESOR:</small> DR. ELIABETH BUSTOS	<small>ALUMNO:</small> GABRIEL RODRIGUEZ RAMOS	<small>FECHA:</small> 1/2024
<small>PROFESOR:</small> MANUEL LUISA LABROS	<small>ALUMNO:</small> MANUEL ORTIZ LABROS	<small>FECHA:</small> 1/2024

## Anexo N°8. Batería de 250 Ah

Part #	BCI Group	Amp Hrs @ 20 HR Rate	32° F CA	0° F CCA	Reserve Cap. 25 Amps	Length Inches (mm)	Width Inches (mm)	Height Inches (mm)	Weight Lbs (kg)	Qty Per Pallet
DC35-12	U1	35	230	190	52	7.72 (196)	5.16 (131)	6.57 (167)	25.4 (11.5)	108
DC55-12	22NF	55	480	400	96	9.02 (229)	5.43 (138)	8.35 (212)	38.8 (17.6)	63
DC85-12	24	85	600	510	145	10.24 (260)	6.65 (169)	9.29 (236)	55.3 (25.1)	48
DC105-12	27	105	820	880	175	12.09 (307)	6.65 (169)	9.29 (236)	66.5 (30.2)	36
DC115-12	31	115	910	780	200	12.91 (328)	6.77 (172)	9.49 (241)	72.1 (32.7)	36
DC140-12	N/A	140	950	795	260	13.54 (344)	6.77 (172)	11.38 (289)	95.0 (43.1)	24
DC150-12	GC12	150	1050	900	295	12.87 (327)	7.17 (182)	11.57 (294)	93.9 (42.6)	24
DC160-12	N/A	160	1070	910	300	19.06 (484)	6.73 (171)	9.49 (241)	100.1 (45.5)	24
DC210-12	4D	210	1425	1180	400	20.87 (530)	8.23 (209)	9.41 (239)	133.4 (60.5)	21
DC215-12	J185	215	1200	1000	420	15.00 (381)	7.00 (178)	14.65 (372)	132.3 (60)	20
DC260-12	8D	250	1830	1525	578	20.51 (521)	10.59 (269)	9.65 (245)	172.4 (78.2)	12

Anexo N°9. Distribución de los paneles solar



## Anexo N°10. Características de los paneles solares

### PANELES POLICRISTALINOS



EFICIENCIA DE LA CÉDULA  
16%

GARANTÍA DE PRODUCTO  
5 AÑOS

TOLERANCIA DE POTENCIA  
0 - 5W

Módulo	TAI 50WP	TAI 80WP	TAI 100WP	TAI 150WP	TAI 200WP	TAI 250WP	TAI 300WP
Potencia nominal (tolerancia $\pm 3\%$ )	50W	80W	100W	150W	200W	250W	300W
Tipo de celda	Policristalina						
Cantidad de celdas en serie	36			54		60	72
Tensión máxima del sistema (V)	1000V						
Coefficiente de temperatura de PMPP	-0.47/°C			-0.47/°C			
Coefficiente de temperatura de Voc	-0.38/°C			-0.38/°C			
Coefficiente de temperatura de Isc (%)	+0.1/°C			+0.1/°C			
Rango de temperatura	-40°C a +80°C						
Capacidad de carga máxima en su superficie	200kg/m <sup>2</sup>						
Resistencia máxima al impacto	23m/s, 7,53g						
Conector	MC4						
Longitud de los cables	900mm						
Tolerancia de salida	+/- 3%						
Bastidor	Aluminio						
Garantía del producto	5 años						
Garantía sobre el rendimiento eléctrico	10 años 90% + 25 años 80% de la entrega de potencia						
Cantidad mínima de unidades por embalaje	1 panel						

1) STC (Condiciones de prueba estándar): 1000W/m<sup>2</sup>, 25°C, AM (masa de aire) 1,5

## Anexo N° 11. Cargas Longitudinales del Catamarán

### □ Cargas Longitudinales del Catamarán

#### Módulo de la sección maestra

$$SM = c_1 c_2 L^2 (Cb + 0.7) K_3 C Q \text{ cm}^2\text{-m}$$

Donde:

$$c_1: 0.044L + 0.375 \quad L < 90 \text{ m}$$

$$c_2: 0.01$$

L: eslora entre perpendiculares

Cb: Coeficiente del bloque

$$K : \left( 0.70 + \frac{0.30 v / \sqrt{L}}{3} \right) \frac{1}{2.36}$$

L: eslora de la embarcación en (m) V:

velocidad máxima

(nudos) C: 0.9 para

aluminio

Q: para aluminio  $0.9 + q_5$  pero no inferior al  $Q_0$   $Q_0$ :

$$635 / (\delta y + Q_u) \quad q_5: 115 / \delta y$$

$\delta y$ : Límite elástico mínimo de aluminio no soldado en  $N/mm^2$   $Q_u$ :

Carga mínima de rotura de aluminio soldado en

$$N/mm^2 \text{ Entonces: } c_1 = 0.044L + 3.75 = 4.80$$

$$c_2 = 0.01$$

$$L = 24.02 \text{ m}$$

$$Cb = 0.73$$

$$K_3 = 0.70 + \frac{0.30 [v / \sqrt{L}]}{2.36} = 1.106$$

$$C = 0.9 \text{ para aluminio}$$

$$Q = 1.82$$

$$SM = 71.84 \text{ cm}^2\text{-m}$$

**Anexo N° 12. Momento de Inercia**

$$I = \frac{L}{Q} \frac{SM}{C} \frac{1}{K} \text{ cm}^2\text{-m}$$

Donde:

$$\frac{M}{C} \frac{1}{K}$$

L: eslora entre perpendiculares

Q: para aluminio 0.9 + q5 pero no inferior al Oo

C: 0.9 para aluminio

SM: Módulo de la sección maestra

K=factor dependiente del tipo de materia y eslora de la embarcación, 50 de tabla del ABS

Entonces:

$$L = 24.02 \text{ m}$$

$$Q = 1.82$$

$$C = 0.9$$

$$SM = 71.84$$

$$K = 50$$

$$I = 21.06 \text{ cm}^2\text{-m}$$

**Anexo N° 13. Aceleración Vertical**

**DEFINICIÓN DE LA ACELERACIÓN VERTICAL**

$ncg$  = Aceleración vertical de una embarcación determinada mediante una prueba modelo, el cálculo teórico se realiza por la siguiente fórmula la cual utiliza las aceleraciones verticales más altas 1/100 promedio en LCG.

$N_2$ : 0.0078 (Dato obtenido del ABS)

$\Delta$ : Desplazamiento en Toneladas, 159,200 Kg

$Bw$ : Máxima manga en metros 8,6 m

$h_{1/3}$ : Altura de ola significativa de diseño para las áreas de operación previstas, m, mostradas en

la siguiente tabla de la sección 3-2- 2/Tabla 5, sería 6 m.

**Motor Yacht Design Significant Wave Heights,  $h_{1/3}$  (1 October 2016)**

Notation	Operational Design Condition $h_{1/3}$	Maximum Design Condition <sup>(2)</sup> $h_{1/3}$
Yachting Service and Commercial Yachting Service	4.0 m (13.1 ft)	6 m (19.7 ft)
Restricted Yachting Service <sup>(2)</sup>	3.5 m (11.5 ft)	4.5 m (14.8 ft)

Notes:

- 1 Speed,  $V$ , for Maximum Design Condition to be taken as 10 knots.
- 2  $h_{1/3}$  for restricted yachting service notation **Yachting Service R** is in association with a maximum operational limit of 200 nautical miles from a place of refuge. See also 1-1-3/1.3.

$r$ : En general no debe tomarse a menos de 4 ° para  $L < 50$  m.

$\beta cg$ : Generalmente no debe tomarse menos de 10 ° ni más de 30 °

$V$ : Velocidad máxima de diseño en aguas calmas, 16 nudos

Reemplazando los valores en la fórmula, tenemos

$$ncg = N_2 \left[ \frac{12 h_{1/3}}{Bw} + 10 \right] r [50 - \beta cg] \frac{V^2 (Bw)^2}{\Delta} = 0.92 \cong 1 \text{ g' s}$$

## Anexo N° 14. Presión en el fondo del catamarán

[ Presiones de diseño en el fondo para multicascos

$$P_{bxx} = \frac{N_1 \Delta}{L_w N_h B_w [1 + ncg] F D FV}$$

Donde:

$ncg$ : Aceleración vertical, definida en Anexo N°13

$B_w$ : Máxima manga de un casco en m.

$N_h$ : Número de cascos

$N_1$ : 0.1 (Valor obtenido del

ABS)  $\Delta$ : Desplazamiento en kg

$L_w$ : Eslora de flotación antes definida

$FD$ : Factor de área de diseño

$FV$ : Factor de la distribución de la aceleración vertical

$$P_{bxx} = \frac{0.1 (159200)}{24.74 \times 2 \times 6.6} [1 + 0.92] (0.6) (1) \text{ kN/m}^2$$

$$P_{bxx} = 56.15 \text{ kN/m}^2$$

Presión hidrostática:

$$P_d = N_3 (H_s - y)$$

## Anexo N° 15. Presión para la parte lateral del catamarán

### Presión del diseño lateral para multicascos

Presión de Slamming

$$P_{sxx} = \frac{N1\Delta}{LwNhBw} \left[ \frac{1+n_{xx} \cos(90-\beta_{sx})}{\cos(90-\beta_{sx})} \right] FD \quad kN/m^2$$

Dónde:

$n_{xx}$ :  $ncgkV$

$Bw$ : Máxima manga de un casco en m.

$Nh$ : Número de cascos

$N1$ : 0.1 (Valor obtenido del ABS)  $\Delta$ :

Desplazamiento en kg

$Lw$ : Eslora de flotación antes definida

$FD$ : Factor de área de diseño, definido

$\beta_{sx}$ : No debe ser mayor que  $55^\circ$

$\beta_{cg}$ : Generalmente no debe tomarse menos de  $10^\circ$  ni más de  $30^\circ$

$$P_{sxx} = \frac{0.1}{(159200)}$$

$$\frac{24.74 \times 2 \times 6}{.6}$$

$$.6$$

$$90-50$$

$$\frac{[1+0.92]}{\cos(90-25)} \times 0.6 \quad kN/m^2$$

$$P_{sxx} = 34.55 \quad kN/m^2$$

**Anexo N° 16. Presión de la cubierta mojada**

**Presión de diseño de la cubierta mojada de catamaranes**

$$p_{wd} = 30 N F D F V V (1 - \frac{0.85 h_a}{6}) kN/m^2$$

Donde:

- N1: 0.1 (Valor obtenido del ABS)
- FD: Factor de área de diseño
- F1: 1 Factor obtenido del ABS
- V: 16 nudos
- h<sub>a</sub>: Distancia vertical en m.
- h13: Altura de ola de diseño para las áreas de operación

v<sub>r</sub>: Impacto relativo de velocidad, viene dado de:

$$v_r = \frac{v}{\sqrt{L}} = 5.8 \text{ m/s}$$

$$\sqrt{L}$$

$$2 (1 - \frac{0.85 \times 2.6}{6}) kN/m^2$$

$$p_{wd} = 30 \times 0.1 \times 0.6 \times 1 \times 16 \times 5.8$$

$$p_{wd} = 114.97 \text{ kN/m}^2$$

## Anexo N° 17. Presión de la cubierta

### □ Presión de diseño de la cubierta

<i>Location</i>	<i>kN/m<sup>2</sup></i>
Main Weather Deck	0.20L + 4.5
Superstructure and deckhouse decks forward of 0.25L	
Superstructure and deckhouse decks elsewhere Internal decks (included in hull-girder section modulus)	0.10L + 4.5
Internal accommodation only decks (not included in hull-girder section modulus.)	3.4

$$Pd=0.10L+4.5+3.4+0.20 L +4.5$$

$$\mathbf{Pd=19.9\ kN/m^2}$$

**Anexo N°1 8. Presión de Mamparos**

- ✓ Presión de diseño de mamparos

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

Donde:

$N_3$ : 9.8 (Valor obtenido del ABS) $h$ :

0.46 (Valor obtenido del ABS)

$$P_t = 4.508 \text{ kN/m}^2$$

**Anexo N° 19.** Espesores mínimos

$$t_s = 0,44\sqrt{Lq_s} + 2,0 \text{ mm}$$

Donde:

*L*: Eslora en m

*q<sub>s</sub>*: Mínima resistencia sin soldar para aleaciones de aluminio, en  $kN/m^2$ , no debe ser menor de 0.7 de la resistencia a la tracción en la condición del material a soldar.

*q<sub>s</sub>*: 0.92

## Anexo N°20. Especificaciones del Motor Elegido

### General Specifications

<b>Configuration</b>	V-12 cylinder, 4-stroke diesel
<b>Aspiration</b>	Turbocharged / Aftercooled
<b>Displacement</b>	38 L (2300 in <sup>3</sup> )
<b>Bore &amp; Stroke</b>	159 X 159 mm (6.25 X 6.25 in)
<b>Rotation</b>	Counterclockwise facing flywheel
<b>Fuel System</b>	Pressure Time (PT)



### Product Dimensions and Weight

<b>Overall Length</b>	mm (in)	2152	(84)
<b>Length of Block</b>	mm (in)	1547	(61)
<b>Overall Width</b>	mm (in)	1462	(58)
<b>Overall Height</b>	mm (in)	2083	(82)
<b>Weight</b>	kg (lb)	4218	(9300)

Dimensions and weight may vary based on selected engine configuration.

### Power Ratings

Engine Model	Output Power			Engine Speed RPM	Rating Definition	Fuel Consumption		Emissions			
	kW	MHP	BHP			Rated Speed L/hr (gal/hr)	ISO* L/hr (gal/hr)	IMO	EPA	EU	RCD
<b>Variable Speed</b>											
KTA38-M0	559	761	750	1600	Continuous	145.4 (38.4)	102.6 (27.1)	1	-	-	-

**Anexo 21.** Características de los propulsores azimutales**CARACTERÍSTICAS**

<b>Tipo</b>	acimutal
<b>Uso previsto</b>	para buque
<b>Tipo de alimentación</b>	eléctrico
<b>Potencia</b>	Mín.: 190 kW (258,3 hp) Máx.: 5.300 kW (7.206 hp)