

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Mecánica



TESIS

**Análisis de estabilidad de una lancha modificada de 8.8 metros
de eslora para el transporte de pasajeros de 230 Hp de potencia
de propulsión**

Para obtener el título profesional de Ingeniero Naval.

Elaborado por

Pablo Baldomino Quispe Sosa

 [0009-0002-9283-2447](https://orcid.org/0009-0002-9283-2447)

Asesor

DSc. Juan José Uchuya López

 [0000-0002-6810-1065](https://orcid.org/0000-0002-6810-1065)

TOMO I DE I

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a mi familia, quienes siempre demostraron su confianza en mí persona con su apoyo incondicional a pesar de las adversidades. Además, a mis amigos de la empresa Rivera Diesel, quienes fueron un pilar importante en mi desarrollo profesional. Eternamente agradecido con todos ellos.

Pablo Quispe

AGRADECIMIENTOS

Agradezco en primer lugar a Dios, quien ha sido, es y será la guía y refugio en los momentos más difíciles de mi vida.

A mi madre Marcela, mi padre Pablo y hermano Luiggi que me brindan su amor y apoyo incondicional.

En ese sentido a mí maestro y asesor, el Dr. Juan José Uchuya López, por sus enseñanzas, apoyo y tiempo brindado en la elaboración de esta tesis.

Por último, quiero agradecer a mis amigos de la universidad y compañeros de trabajo de los cuales he aprendido y mejorado en el ámbito personal y profesional.

*“Nuestra mayor debilidad es rendirse, la única manera
de tener éxito es intentarlo siempre una vez más”*

Thomas A. Edison

RESUMEN

La tesis se enfoca en evaluar la estabilidad y viabilidad de un diseño de lancha modificada para el transporte de pasajeros. A través de medidas paramétricas y modelado en 3D, se determina que la lancha puede acomodar con seguridad a 40 tripulantes, distribuidos en dos cubiertas. Además, se analiza el peso y el centro de gravedad de la lancha, asegurando la estabilidad estática y dinámica empleando las curvas hidrostáticas y cruzadas. Adicionalmente, se evalúa que la selección de dos motores fuera de borda de 115 hp es adecuada para alcanzar una velocidad máxima de 16.5 nudos sin comprometer la estabilidad de la embarcación evaluando la resistencia al avance y potencia-velocidad. Se destaca la importancia de obtener información precisa y documentación adicional para cumplir con los requisitos de estabilidad. Este trabajo es un aporte metodológico para las modificaciones de lanchas de transporte de pasajeros respecto al aumento de pasajeros.

ABSTRACT

The thesis focuses on evaluating the stability and viability of a modified boat design for passenger transportation. Through parametric measurements and 3D modeling, it is determined that the boat can safely accommodate 40 crew members, distributed over two decks. In addition, the weight and center of gravity of the boat are analyzed, ensuring static and dynamic stability using hydrostatic and cross curves. Additionally, it is evaluated that the selection of two 115 hp outboard motors is adequate to reach a maximum speed of 16.5 knots without compromising the stability of the boat by evaluating the resistance to progress and power-speed. The importance of obtaining accurate information and additional documentation to meet stability requirements is highlighted. This work is a methodological contribution for the modifications of passenger transport boats with respect to the increase in passengers.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| PRÓLOGO | 1 |
| CAPITULO I INTRODUCCIÓN | 3 |
| 1.1 GENERALIDADES | 3 |
| 1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA | 3 |
| 1.2.1 Problema | 5 |
| 1.2.2 Problemas Específicos | 5 |
| 1.2.3 Solución..... | 6 |
| 1.3 OBJETIVOS | 6 |
| 1.3.1 Objetivo General..... | 6 |
| 1.3.2 Objetivos Específicos | 6 |
| 1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS | 6 |
| CAPITULO II MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL | 12 |
| 2.1 MARCO TEÓRICO GENERAL | 12 |
| 2.1.1 Lancha turística de pasajeros | 12 |
| 2.1.2 Materiales compuestos..... | 13 |
| 2.1.3 Fibra de Vidrio | 14 |
| 2.1.4 Formas comerciales de la fibra de vidrio..... | 14 |
| 2.1.5 Elemento estructural..... | 15 |
| 2.1.6 Resistencia estructural | 15 |
| 2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL | 16 |
| 2.2.1 Hidrodinámica Naval..... | 16 |
| 2.2.2 Estabilidad Estática | 16 |
| 2.2.3 Estabilidad Dinámica | 16 |
| 2.2.4 Curvas Hidrostáticas..... | 17 |
| 2.2.5 Diseño de Casco | 17 |

| | | |
|--|---|----|
| 2.2.6 | Mantenimiento y Seguridad | 17 |
| CAPITULO III HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES | | 18 |
| 3.1 | FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS | 18 |
| 3.1.1 | Hipótesis General | 18 |
| 3.1.2 | Hipótesis Específicas..... | 18 |
| 3.2 | OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 18 |
| CAPITULO IV METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN | | 20 |
| 4.1 | TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN | 20 |
| 4.1.1 | Tipo de Investigación..... | 20 |
| 4.1.2 | Diseño de la Investigación | 20 |
| 4.2 | UNIDAD DE ANÁLISIS | 20 |
| 4.3 | MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 20 |
| CAPITULO V DESARROLLO DE LA TESIS..... | | 22 |
| 5.1 | EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS MEDIDAS PARAMÉTRICAS..... | 22 |
| 5.2 | MODELAMIENTO DE LA GEOMETRÍA 3D DEL CASCO | 24 |
| 5.3 | CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD | 26 |
| 5.4 | ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INICIAL EN LAS CURVAS HIDROSTÁTICAS | 27 |
| 5.5 | ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DINÁMICA DE LAS CURVAS CRUZADAS | 29 |
| 5.6 | SELECCIÓN DEL MOTOR..... | 31 |
| 5.7 | EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y VELOCIDAD | 33 |
| 5.8 | MANTENIMIENTO DEL MOTOR (ADICIONAL) | 34 |
| CAPITULO VI ANÁLISIS Y RESULTADOS | | 37 |
| 6.1 | RESULTADO DE LAS MEDIDAS PARAMÉTRICAS | 38 |
| 6.2 | RESULTADO DE LA GEOMETRÍA 3D DEL CASCO | 42 |
| 6.3 | RESULTADO DEL CENTRO DE GRAVEDAD | 45 |
| 6.4 | RESULTADO DE ESTABILIDAD INICIAL EN CURVAS HIDROSTÁTICAS | 47 |
| 6.5 | RESULTADOS DE ESTABILIDAD DINÁMICA EN CURVAS CRUZADAS | 49 |
| 6.5.1 | Estabilidad dinámica..... | 52 |

| | | |
|-------|---|----|
| 6.5.2 | Criterios de estabilidad dinámica | 54 |
| 6.5.3 | Criterios especiales de estabilidad dinámica..... | 55 |
| 6.5.4 | Discusión final sobre la estabilidad dinámica..... | 56 |
| 6.6 | RESULTADO DE SELECCIÓN DEL MOTOR | 57 |
| 6.7 | RESULTADOS DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y VELOCIDAD | 60 |
| 6.8 | PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE MOTOR DE 4 TIEMPOS (ADICIONAL) . | 62 |
| | CONCLUSIONES | 65 |
| | RECOMENDACIONES..... | 67 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 68 |
| | ANEXO A..... | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1.1 Formación de olas vista 3D..... | 8 |
| Figura 1.2 Campo de deformaciones. | 9 |
| Figura 1.3 Simulación por elementos finitos..... | 11 |
| Figura 2.1 Lancha típica de turismo en Máncora..... | 13 |
| Figura 6.1 Bosquejo de Lancha. | 38 |
| Figura 6.2 Vista exterior de estructura de casco. | 40 |
| Figura 6.3 Lancha turística típica. | 40 |
| Figura 6.4 Forma isométrica 3D del casco de la lancha. | 42 |
| Figura 6.5 Línea de forma longitudinal del casco de la lancha. | 43 |
| Figura 6.6 Línea de forma longitudinal del casco de la lancha. | 43 |
| Figura 6.7 Línea de forma longitudinal del casco de la lancha. | 43 |
| Figura 6.8 Estructura 3D de la lancha. | 44 |
| Figura 6.9 Cuadernas estructurales 3D de la lancha..... | 45 |
| Figura 6.10 Diseño de lancha en 3D con análisis de costados..... | 45 |
| Figura 6.11 Distribución de pasajeros 3D de la lancha..... | 46 |
| Figura 6.12 Modelamiento de casco para simulación y resultados..... | 48 |
| Figura 6.13 Curva hidrostática del casco de la lancha. | 49 |
| Figura 6.14 Curvas cruzadas del casco de la lancha. | 50 |
| Figura 6.15 Curva de brazos adrizantes del casco de la lancha..... | 52 |
| Figura 6.16 Trabajo del par de estabilidad. | 53 |
| Figura 6.17 Curva de estabilidad dinámica (rojo). | 54 |
| Figura 6.18 Posicionamiento del motor SUZUKI según largura de transmisión..... | 58 |
| Figura 6.19 Vista longitudinal de estructura de Tanque de combustible en forma de grada. | 59 |
| Figura 6.20 Vista planta de estructura de doble fondo. | 60 |
| Figura 6.21 Vista planta de estructura de Tanque de combustible en forma de grada. .. | 60 |

| | |
|--|----|
| Figura 6.22 Curva de relación Potencia vs Velocidad, sin tripulantes a calado 0.14m.... | 61 |
| Figura 6.23 Curva de relación Potencia vs Velocidad, con tripulantes a calado 0.325m. | 61 |
| Figura 6.24 Curva de relación Potencia vs Velocidad, con tripulantes a calado 0.7m. ... | 62 |
| Figura A.1 Vista de estructura transversal de Cuadernas 1 al 3 mirando a popa. | 71 |
| Figura A.2 Vista de estructura transversal de Cuadernas 4 al 5 mirando a popa. | 71 |
| Figura A.3 Vista de estructura transversal de Cuadernas 6 al 8 mirando a popa. | 71 |
| Figura A.4 Vista de estructura transversal de Cuadernas 9 al 10 mirando a popa. | 71 |
| Figura A.5 Vista de estructura transversal de Cuadernas 11 al 13 mirando a popa. | 72 |
| Figura A.6 Vista de estructura transversal de Cuadernas 14 al 15 mirando a popa. | 72 |
| Figura A.7 Vista de estructura longitudinal. | 73 |
| Figura A.8 Vista de corte A-A de estructura longitudinal. | 73 |
| Figura A.9 Vista de estructura de fondo. | 73 |

LISTA DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 2.1 Valores de las propiedades de la fibra de vidrio..... | 14 |
| Tabla 3.1 Matriz de operacionalización de variables..... | 19 |
| Tabla 4.1 Matriz de consistencia. | 21 |
| Tabla 6.1 Distribución de pesos y C.G sin tripulantes..... | 47 |
| Tabla 6.2 Distribución de pesos y C.G con tripulantes..... | 47 |
| Tabla 6.3 Velocidades para la condición con tripulantes. | 62 |

PRÓLOGO

El estudio se centra en el turismo marítimo en Máncora, Piura, una región donde se pueden avistar ballenas migratorias en sus aguas. Empresas de turismo ofrecen paseos en lanchas, las cuales suelen ser construidas artesanalmente, algunas de madera y otras con mezcla de madera y fibra de vidrio. La mayoría carece de planos estructurales y líneas de forma precisas, lo que genera incertidumbre en su diseño y construcción.

La seguridad y estabilidad de estas lanchas son fundamentales, especialmente considerando los riesgos de vuelco. Para operar legalmente, estas embarcaciones deben contar con autorizaciones de navegación y planos de líneas de forma, disposición general, estructura y descripción.

Este estudio se propone evaluar el diseño de la lancha, su estabilidad y el sistema propulsivo basado en la resistencia al avance. Sin embargo, se basa en bosquejos e imágenes proporcionados por el armador, lo que implica ciertas limitaciones.

En el desarrollo de este trabajo, la presente tesis se divide en los siguientes capítulos:

Capítulo I: Introducción: aquí se presentan los antecedentes investigativos, las generalidades, una descripción de la problemática y objetivos del trabajo de investigación.

Capítulo II: Marco Teórico y Conceptual: se presenta en este capítulo las teorías y conceptos sobre la lancha turística de pasajeros, elementos estructurales y resistencia, sobre la hidrodinámica naval, estabilidad estática, estabilidad dinámica, curvas hidrostáticas, diseño de casco y, finalmente, sobre el mantenimiento y seguridad.

Capítulo III: Hipótesis y operacionalización de variables: se presentan los supuestos y el tratamiento de las variables objeto de estudio.

Capítulo IV: Metodología de investigación: se presenta el tipo y diseño de la investigación, la unidad de análisis y la matriz de consistencia.

Capítulo V: Desarrollo de la tesis: se presenta los pasos que involucran la evaluación técnica de las medidas paramétricas del casco, modelamiento en 3D, el centro de gravedad, análisis de estabilidad inicial en curvas hidrostáticas y estabilidad dinámica en curvas cruzadas, selección del motor respecto a la resistencia al avance y velocidad de servicio y, por último, un adicional de mantenimiento de motor.

Capítulo VI: Análisis y resultados: Se presenta los resultados asegurados con la aplicación del desarrollo de la tesis en un caso específico.

Finalmente, se presentan las conclusiones donde se ratifica el cumplimiento de los objetivos planteados y las recomendaciones.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 GENERALIDADES

El objetivo de una embarcación moviéndose a través de las olas es controlar la resistencia al avance, para ello debe estudiarse el comportamiento de las olas, quiere decir el patrón de las olas generadas. Las olas contienen energía que deben disiparse por el casco para disminuir la fuerza contraria al movimiento, siendo el componente más sobresaliente el de la resistencia del buque. Las ecuaciones paramétricas que describen el casco y alteran la definición de sus formas o complejidad estructural por una ecuación, se utilizan para interactuar con las olas a través de métodos de flujo potencial y turbulento que simula el patrón del flujo alrededor del casco, como flujo circulante, utilizado para estudiar la superficie libre e interacción de proa con bulbo con olas. En este tipo de estudio se desprecian los efectos viscosos del fluido para que el cálculo del flujo sea relativamente simple, rápido y preciso. El casco del barco y la superficie del agua en los códigos de flujo potencial generalmente se diferencian mediante paneles triangulares o cuadriláteros; por lo tanto, el fluido se comportará bajo el modelo RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes), que son ecuaciones del fluido variado que pasan por una promediación de la suma de todas las magnitudes del valor medio de los componentes fluctuacionales.

1.2 REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el norte del Perú se realizan actividades en el ámbito marítimo como la pesca, el turismo, entre otras. Pero es el avistamiento de ballenas una de las atracciones por lo

turistas. En Máncora se realizan tours para apreciar la fauna marina, siendo realizadas por lanchas, muchas de ellas, artesanales y no cuentan con el debido licenciamiento por la Capitanía de Puertos y no han tenido en consideración la mejora del diseño, prevaleciendo la tradición con las faltas de criterios técnicos/profesionales que se necesita para explotar el servicio turístico a un nivel competitivo.

Estos viajes turísticos en el mar para el avistamiento de ballenas pueden durar 2 a 4 horas, dependiendo de las características principales de la lancha y las condiciones de navegación respecto a número de tripulantes, el motor, autonomía, entre otras. En ese transcurso en seguir la ruta de las ballenas y acercarse, el tiempo y velocidad son factores importantes para el éxito del servicio. Sin duda alguna, ningún tripulante quiere dejar de ver una ballena por el servicio que ha pagado, es por ello que las empresas de transporte turísticas quedan relegadas de los avances y las tecnologías al no contemplar alternativas de mejoras en sus lanchas para entregar un adecuado servicio.

Un problema es la acostumbrada manera de construirse las lanchas, éstas muchas veces hechas por carpinteros artesanales que no siguen una proporción, simetría, un estándar de procesos que califique la construcción en una obra adecuada, segura y versátil. Estos personajes no cuentan con una profesión o formación técnica, construyen bajo la instrucción e indicaciones de generación en generación, basados en las tradiciones con una aversión a los cambios y el empleo de tecnología y técnicas modernas. Es en definitiva, el diseño donde más adolecen, pues estos constructores no se ciñen a un plano detallado, elaborado por un ingeniero con experiencia y conocimientos de la arquitectura naval, diseño hidrodinámico, entre otros. La experiencia de estos constructores artesanales ha demostrado falencias reflejadas en sus alto costos de mantenimiento y una ineficiente operación por la falta de estudios y aplicación de principios que rigen el diseño e la ingeniería naval.

Además, otro problema es el siniestro de lanchas en el mar, más allá por una indebida operación, es la falta de estudio de estabilidad de la embarcación e integridad

estructural. El alto riesgo de ocurrencia de una volcadura de la lancha es la exposición de los tripulantes a aguas abiertas en zona tropical que podría llamar la atención de depredadores naturales de la fauna marina, ahogamiento, entre otros riesgos asociados que afecten el bien como a la integridad de la persona.

La seguridad en el mar es subestimada por los armadores de estas lanchas turísticas, exponiendo a personas al riesgo, pero esto no para a los armadores a invertir recursos en ampliar la capacidad de tripulantes en sus lanchas, realizar adaptaciones o adecuaciones con el objetivo de captar mayor número de turistas pero con la presión de minimizar costos, siendo este último lo que genera incertidumbre debido a que se puede estar omitiendo cosas importantes para garantizar la seguridad del bien y de las personas a cambio de no afectar el flujo de caja.

Lidiar con la incertidumbre, la aversión al cambio y la inseguridad en la construcción y operación de lanchas dedicadas al turismo marítimo, de transporte de pasajeros, es complicado y más complejo cuando los requerimientos de los armadores de estas lanchas cargan ambición y expectativa asociado al lucro que asociado a la integridad y seguridad de las personas. Ese es el desafío por el que se trabaja la presente tesis exponiendo un caso y buscando resolver para minimizar los riesgos de pérdida de la lancha (activo) y exposición de las personas a la inseguridad en el mar.

1.2.1 Problema

¿En qué medida puede ser modificada una lancha de transporte turístico de pasajeros de una cubierta a dos cubiertas que presente condiciones de estabilidad y sea segura en la operación de embarque y navegación, que minimice los riesgos de accidentes en el mar?

1.2.2 Problemas Específicos

- ¿Cuál es la complejidad de levantar la forma del casco desde un bosquejo de plano de lancha de transporte turístico?

- ¿Cuán complejo es modificar la disposición y estructura de una lancha para reconfigurarla de una a dos cubiertas para el aumento de número de pasajeros?
- ¿De qué manera la reconfiguración de una lancha de una a dos cubiertas con aumento de pasajeros afecta su estabilidad estática y dinámica y centro de gravedad?

1.2.3 Solución

Levantar la geometría de una lancha de transporte de pasajeros en base a toma de puntos, redefinir los alcances de la lancha para el aumento de número de pasajeros, aumentar una cubierta para pasajeros, probar la condición que presente mejor estabilidad y mayor número de pasajeros y se presente segura.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo General

Analizar la estabilidad de una lancha modificada de 8.8 metros de eslora, de material mixto, para el transporte turístico de pasajeros de 230 Hp de potencia de propulsión.

1.3.2 Objetivos Especificos

- Levantar la forma del casco de una lancha de transporte turístico de pasajeros.
- Modificar la disposición y estructura de la lancha de una a dos cubiertas para el aumento de número de pasajeros.
- Evaluar las condiciones de estabilidad estática y dinámica respecto al peso y centro de gravedad de la lancha modificada de dos cubiertas.

1.4 ANTECEDENTES INVESTIGATIVOS

En esta sección se revisan artículos y tesis relacionados a proyección de lanchas turísticas de pasajeros, a materiales compuestos en especial la fibra de vidrio y su efecto estructural, y finalmente, la estabilidad y seguridad de la embarcación.

CORDOBA, B. “DISEÑO DE UNA LANCHA FLUVIAL DE MATERIALES COMPUESTOS PARA EL TRANSPORTE DE PASAJEROS PROPULSADA POR ENERGÍA FOTOVOLTAICA”, (2022) UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, PERÚ.

Córdoba (2022), en su tesis de pregrado, identifica la dificultad que atraviesa el transporte fluvial en la Amazonía peruana, la carencia de estudios técnicos en la construcción de lanchas fluviales, la inseguridad e incertidumbre en la estabilidad por una predominante construcción tradicional, artesanal, en la zona.

Su análisis se enfoca en el “peque peque”, de 10 metros de eslora, lancha ligera de la zona que sirve para el transporte entre aldeas ribereñas del río Amazonas y afluentes. Estas vías fluviales no son dragadas con normalidad, por lo que se presentan riesgos de inestabilidad y proclividad de contaminación de los ríos.

Su propuesta es diseñar una lancha ligera de transporte fluvial, es una lancha de una cubierta, optimizada bajo los criterios de diseño y escantillonado a base de material compuesto, por ejemplo, de fibra de vidrio, además de diseñar la lancha con una propulsión alimentada por energía fotovoltaica.

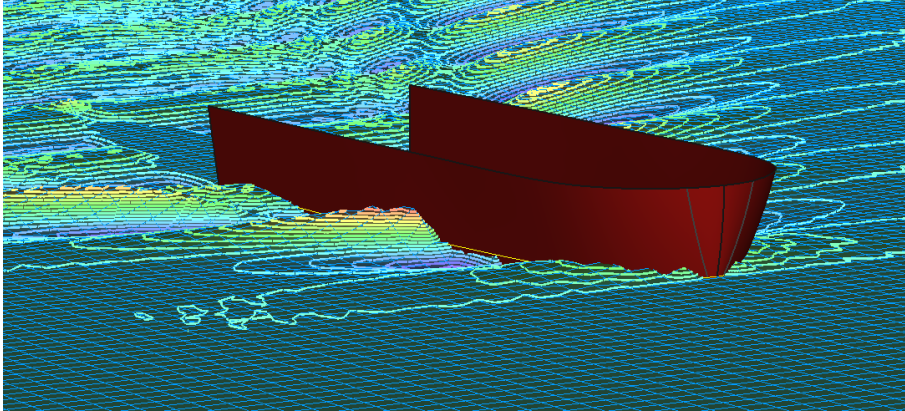
El diseño se realizó con un levantamiento de puntos, la elaboración de la geometría del casco en Rinhozeros, someterlo a los cálculos hidrodinámicos en el software Maxsurf para, por ejemplo, evaluar la resistencia al avance, y, luego de probarse el cumplimiento de los criterios de estabilidad, se evalúan las condiciones de navegación para la implementación de la lancha, pues se realiza el escantillonado de refuerzos en fibra de vidrio tipo sándwich o laminado bajo la norma ISO 12215, y se verificó la autonomía para dimensionar los paneles, el motor, siguiendo una ruta establecida.

El trabajo tiene un aporte sustancial en el marco de la utilización de material compuesto, las técnicas de escantillonado y aplicación de los criterios de estabilidad de una embarcación. Por último, resuelve con una recomendación de elaborar una norma

reguladora para la construcción de lanchas en fibra de vidrio, debido a que la norma ISO 12215 no es un aporte nacional, por lo que se deje espacio a realizarse estudios en beneficio de la industria naval.

Figura 1.1

Formación de olas vista 3D.



Nota: fuente Córdoba (2022)

FERNANDEZ, L. “ESTUDIO DE INTEGRIDAD ESTRUCTURAL DE UNA EMBARCACIÓN PESQUERA ARTESANAL UTILIZANDO MATERIALES COMPUESTOS”, (2021) UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA, PERÚ.

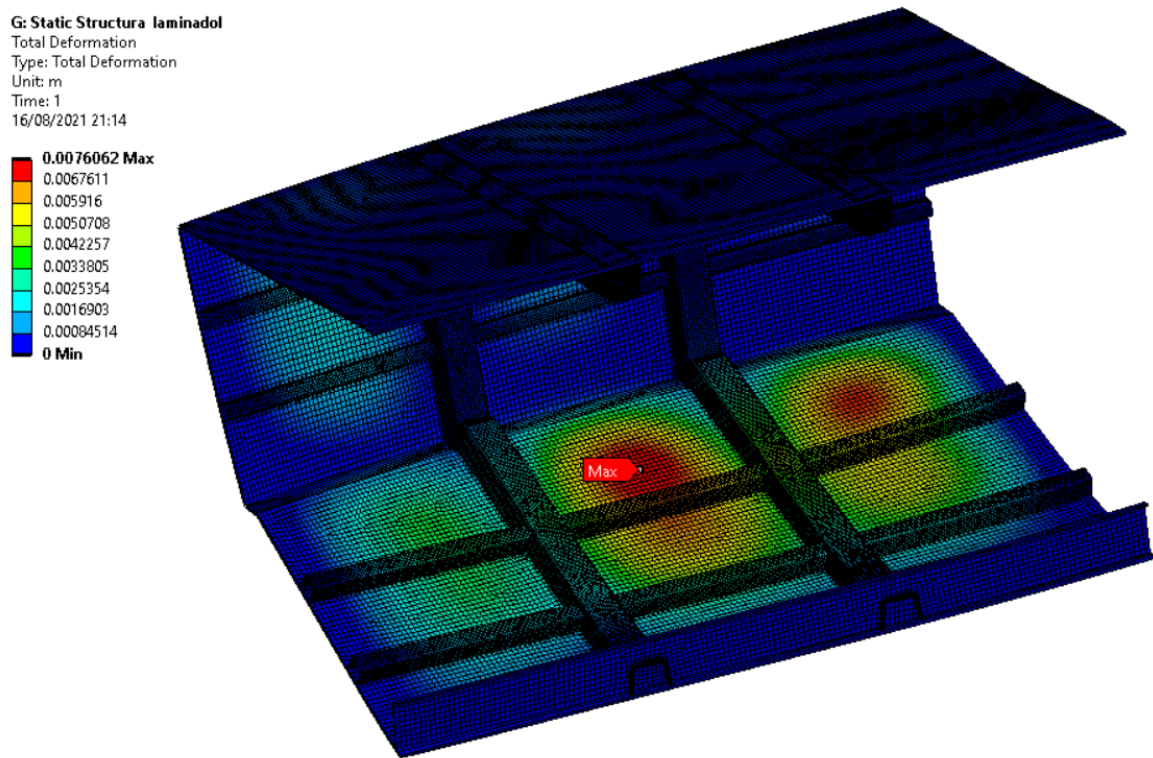
Fernandez (2021), en su tesis de pregrado, presenta la problemática que arrastran en diseño las construcciones artesanales, que carecen de capacitaciones técnicas y desconocen los principios hidrodinámicos y dinámica de embarcaciones para la estabilidad y seguridad de la embarcación. A esa realidad se le suma los riesgos estructurales que pueden sufrir los refuerzos al no dimensionarse adecuadamente los elementos en base a las dimensiones principales de la embarcación.

El autor emplea la simulación numérica basada en elementos finitos, utilizando la dinámica de fluidos computacional (en siglas en ingles CFD), para analizar la integridad estructural de una embarcación artesanal construida a base de fibra de vidrio. Siendo la fibra de vidrio un material compuesto, está puede ser de tipo laminado y sándwich. El autor estudia la estructura central, la zona de bodega, de una embarcación artesanal pesquera con un diseño y dimensiones principales preestablecido a la que realiza el escantillonado de los refuerzos aplicando la norma ISO 12215 para fibra de vidrio en los tipos laminado y

sándwich, luego somete las estructuras a esfuerzos en condición de arrufo y quebranto, para finalmente comparar el estado de integridad estructural respecto a la deformación y esfuerzo cortante de los refuerzos y el casco, para concluir que para escantillonar una embarcación artesanal, se ha demostrado que la mejor opción es emplear el tipo sándwich, porque requiere menores espesores, provee mayor resistencia, protegiendo el fondo y costados del casco y refuerzos, además de conseguirse mayor espacio en los compartimentos y reducir el peso comparado con el laminado.

Figura 1.2

Campo de deformaciones.



Nota: fuente Fernández (2021)

ALVARADO PONCE, Lenny. (2017). Estudio del potencial de las embarcaciones solares en la Amazonía: Caso de estudio Río Napo. Universidad Politécnica Madrid. España, Madrid.

Alvarado (2017), en su tesis de maestría, propone una alternativa de energía para reducir la predominancia de los combustibles fósiles, es así que para la utilización de la energía fotovoltaica, es necesario la evaluación de la energía solar. Su estudio es para el

ámbito fluvial en la Amazonia, especialmente en el río Napo en la Región de Loreto, Perú. Este río se caracteriza por tener un buen tráfico de embarcaciones, pero también, hay un alto aprovechamiento de la energía solar, por ser una zona tropical. En ese sentido, realiza una evaluación de la factibilidad de construir embarcaciones propulsadas por energía solar, con sistemas fotovoltaicos para alimentar la propulsión.

Inicia con la caracterización energética de la región, los servicios fluviales sobresalientes, evaluar la relación entre capacidad de carga y potencia que resulta en 3CV por tonelada. También se evalúa la tecnología empleable para sustituir sistemas convencionales de propulsión para incorporar un sistema fotovoltaico con sus baterías a través el método numérico, utilizando el diseño con herramientas computacionales como el PVsyst.

El aporte sustancial es conocer las condiciones de navegación, que es un punto de análisis pues contextualiza los proyectos navales, analizar la sostenibilidad de los proyectos conservando la biodiversidad marina. Las técnicas y consideraciones que emplea son útiles que deben tomarse en un contexto de lanchas turísticas en el mar, donde la diversidad marina es mayor y los riesgos sucedidos decantan en las costas afectando las actividades económicas y sociales de la región.

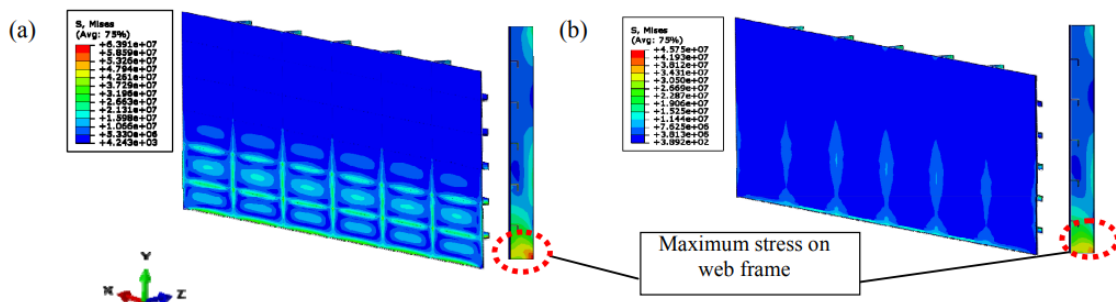
TUSWAN TUSWAN, KHARIS ABDULLAH, ACHMAD ZUBAYDI, AGUNG BUDIPRIYANTO (2019) FINITE-ELEMENT ANALYSIS FOR STRUCTURAL STRENGTH ASSESSMENT OF MARINE SANDWICH MATERIAL ON SHIP SIDE-SHELL STRUCTURE.

Tuswan et al (2019), en su artículo, analiza la resistencia estructural y peso del casco de un buque por el método de elementos finitos, aplicando dinámica de fluidos computacional (CFD) para comparar dos tipos de materiales para la construcción, uno es de acero naval convencional y otro de material compuesto de tipo sándwich, pero este último es con la prueba de varios materiales de núcleo y diferentes revestimientos, unidos con capa de epoxi.

Para conseguir los resultados comparativos, se partió desde un diseño preestablecido y se trabajó con el escantillonado para el acero naval con la norma Lloyd's Register y para el material compuesto tipo sándwich se hicieron de una combinación de Lloyd's Register y DNV-GL. Las tensiones y deflexiones fueron evaluados según DNV-GL, resultando que la construcción aplicada con materiales compuestos obtuvo menores valores de tensión y deflexión, además de disminuir el peso del buque al emplear el tipo sándwich en vez del laminado. Sin embargo, en el caso de los refuerzos estructurales de la capa lateral provocó un aumento de tensión y deflexión. La reducción del marco del alma resulto más significativo que eliminar el lateral longitudinal, según el estudio, se podría disminuir todo el lado longitudinal sin necesidad de cambiar el espaciado de los refuerzos, significando una reducción del peso en 17% y aun así cumpliendo los criterios mínimos aceptables de tensión y deflexión.

Figura 1.3

Simulación por elementos finitos.



Nota: fuente Tuswan (2019)

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

El marco teórico es una sección fundamental de cualquier investigación académica. En este capítulo, se presentará una breve introducción que servirá como punto de partida para la comprensión de los conceptos teóricos y fundamentales que sustentan el estudio. Aquí, se expondrán las bases teóricas sobre las cuales se construirá el análisis y la interpretación de los resultados obtenidos en la investigación. Este marco teórico proporcionará el contexto necesario para abordar el problema de investigación y establecerá las conexiones entre las teorías existentes y la investigación actual. A lo largo de este capítulo, se explorarán las principales teorías, modelos y conceptos relevantes que contribuyen a la comprensión integral del tema de estudio, brindando una base sólida para el desarrollo y la argumentación de la investigación.

2.1 MARCO TEÓRICO GENERAL

2.1.1 Lancha turística de pasajeros

Las lanchas turísticas de pasajeros son aquellas embarcaciones que pueden operar en mar, ríos y lagos, se caracterizan por transportar pasajeros y carga para fines turísticos. Estos fines turísticos pueden ser actividades de paseo, avistamientos de especies marinas, buceo, entre otras. Estas lanchas suelen ser construidas de forma artesanal y se clasifican por ser lanchas de proa abierta, semirrígidas, cabinadas y de crucero, además de caracterizarse por el uso de motor fuera de borda, principalmente. Son construidas de fibra de vidrio, mixto (madera fibra de vidrio) y metálicos.

Figura 2.1

Lancha típica de turismo en Máncora.



Nota: fuente internet

2.1.2 Materiales compuestos

Es un tipo de material usado comúnmente en el transporte de pasajeros y cargas por capacidad de crearse por la unión de dos materiales siendo uno de ellos quién rige como material base, evitándose la reacción química entre ellos, al contrario, la suma de los componentes busca mejorar las propiedades como es la rigidez, dureza, resistencia, entre otras propiedades mecánicas de desempeño. En términos de fase, Según Peinado (2015), el casco y refuerzo de la embarcación es recubierto por una matriz (fase continua) para absorber y soportar los esfuerzos transferidos que pueden causar fisuras, cargas estáticas y dinámicas, debido a que esta combinación de materiales provee mayor resistencia a la tracción, compresión y corte, propiedades mecánicas que garantizan en el refuerzo mayor fijación en su posición de los refuerzos, protección frente al deterioro o ataque químico y evita el agrietamiento, ofreciendo mayor seguridad en el mar. (Peinado, 2015; Poveda, 2010)

2.1.3 Fibra de Vidrio

La fibra de vidrio es un material hecho de formulaciones especiales de vidrio o de fibras delgadas a base de sílice, de peso liviano y químicamente estables, extruidas a base de filamentos de diámetro reducidos, no absorbentes e incombustibles, usado originalmente como aislante de construcción de edificios, pero actualmente tiene muchas aplicaciones en otros segmentos o campos según la fabricación de vidrio con composición variable de álcali. Aunque no es tan fuerte como la fibra de carbono o rígida, presenta cualidades como el aislamiento térmico o baja acústica, el precio de este material es más económico y menos quebradizo. (Morales, 2008)

Tabla 2.1

Valores de las propiedades de la fibra de vidrio.

| PROPIEDADES | Vidrio E | Vidrio R/S | Vidrio C |
|---|-----------|------------|----------|
| Resistencia a la tracción (GPa) | 3.4-3.5 | 3.4-4.6 | 3.1 |
| Módulo Elástico (GPa) | 72-73 | 85-87 | 71 |
| Densidad (Kg/m ³) | 2600 | 2500-2530 | 2450 |
| Alargamiento de rotura (%) | 3.3-4.8 | 4.2-5.4 | 3.5 |
| Resistencia específica (GPa x cm ³ /g) | 1.3-1.35 | 1.7-1.85 | 1.3 |
| Módulo E específico (GPa x cm ³ /g) | 27.7-28.2 | 34.-34.9 | 29 |
| Diámetro del filamento (µm) | 8-20 | 10 | 20 |

Nota: fuente Busto (2008)

2.1.4 Formas comerciales de la fibra de vidrio

a) Roving:

El roving es un tejido de fibra de vidrio con propiedades mecánicas de alta resistencia y se configura en dos aspectos respecto a la torsión: a) con torsión, es una hebra de hilos continuos de filamentos, hecho generalmente con un vidrio tipo E, utilizado para bobinados filamentosos y pultrusión; y b) sin torsión, es vidrio libre de boro, flúor y ecológico, hecho por laminado por spray.

b) Hilos cortados:

A diferencia del roving con torsión, este es cortado a longitudes determinadas, las cuales son usadas como compuestos moldeables y son a base de resinas epoxi y de poliéster.

c) Fibra molida:

Está compuesto por filamentos recubiertos con agentes especiales con alta compatibilidad con resinas según las características mecánicas deseadas y pasan por un proceso de molido para obtener densidades adecuadas.

d) Tejidos:

Sin a base de rovings tejidos, se utilizan para estructuras complejas y solidas de alto rendimiento y resistencia.

2.1.5 Elemento estructural

La embarcación es dividida estructuralmente en elementos estructurales principales y secundarios desde el fondo de la estructura hasta la superestructura. Tenemos tracas, varengas, vagras, longitudinales de cubierta y costa, esloras, baos, entres otros. Todos los elementos estructurales son dimensionados según la característica del material, resistencia y función para lo que es diseñado, prácticamente, es la aplicación de la ingeniería en el aspecto naval. Sobre el respecto se puede desarrollar.

2.1.6 Resistencia estructural

Las clasificadores trabajan con normas para calcular y dimensionar los elementos estructurales, sujetos a variables que el proyectistas debe considerar para obtener los resultados de conformidad con la aplicación de la norma. Estos cálculos, inherentemente, fueron evaluados con cálculos de resistencia de los materiales y estructurales.

El artefacto naval o la embarcación es sometida a la gravedad y a las cargas hidrostáticas e hidrodinámicas, por lo que, al generarse una fuerza, un esfuerzo, sobre la estructura, el diseño estructural debe superar la criticidad de provocarse deformaciones y/o fallas estructurales.

La embarcación es considerada para el análisis como un buque viga, de modo continuo, y puede proyectarse utilizando las recomendaciones de las Clasificadoras en sus normas de construcción, además, se evalúa estructuralmente en condiciones de arrufo y quebranto.

La evaluación de la resistencia estructural puede ser de forma analítica, utilizando cálculos, formulas preestablecidas, métodos numéricos o se puede evaluar de forma experimental, a través de ensayos para verificar la confiabilidad de la estructura, además de correlacionar con la evaluación analítica. Estas evaluaciones son contrastables con la norma.

2.2 MARCO CONCEPTUAL GENERAL

El marco conceptual es esencial en el análisis de la estabilidad de una lancha modificada. Este marco conceptual proporcionará una base sólida para comprender los conceptos y principios fundamentales que subyacen al estudio. A continuación, se presenta un resumen de los elementos clave del marco conceptual:

2.2.1 Hidrodinámica Naval

La hidrodinámica naval se refiere al estudio de cómo los barcos interactúan con el agua. En este contexto, exploraremos los principios de flotación, resistencia al avance y la forma del casco, que son fundamentales para la estabilidad y el rendimiento de la lancha.

2.2.2 Estabilidad Estática

La estabilidad estática se refiere a la capacidad de la embarcación para mantenerse en posición vertical cuando está en reposo o en condiciones de navegación normal. Se analizarán conceptos como el centro de gravedad (CG) y el centro de flotación (CF) y cómo su relación influye en la estabilidad estática.

2.2.3 Estabilidad Dinámica

La estabilidad dinámica se refiere a la capacidad de la embarcación para recuperarse de una inclinación o movimiento brusco, como una ola. Se explorarán los conceptos de metacentro y momentos de inercia, que son críticos para comprender y calcular la estabilidad dinámica.

2.2.4 Curvas Hidrostáticas

Las curvas hidrostáticas proporcionan información detallada sobre cómo se comporta una embarcación en el agua en función de su forma y diseño. Se estudiará cómo interpretar estas curvas para evaluar la estabilidad de la lancha.

2.2.5 Diseño de Casco

El diseño del casco es un factor clave en la estabilidad y el rendimiento de una lancha. Se abordará los principios de diseño de casco y cómo afectan la navegación y la estabilidad.

2.2.6 Mantenimiento y Seguridad

La seguridad es una preocupación fundamental en el transporte de pasajeros en el agua. Se discutirán las prácticas de mantenimiento y las medidas de seguridad necesarias para garantizar un viaje seguro.

Este marco conceptual permitirá comprender los desafíos y las consideraciones relacionados con la estabilidad de una lancha. A medida que se avanza en la investigación, se utilizarán estos conocimientos teóricos para evaluar y analizar la estabilidad de la embarcación y proponer recomendaciones para mejorar su seguridad y rendimiento en el transporte de pasajeros

CAPITULO III

HIPÓTESIS Y OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

3.1 FORMULACIÓN DE HIPÓTESIS

3.1.1 Hipótesis General

Es factible modificar una lancha de transporte turístico de pasajeros de una cubierta para una de dos cubiertas de material mixto que con una potencia de propulsión de 230 hp y tenga condiciones de estabilidad.

3.1.2 Hipótesis Específicas

- Es posible diseñar la forma del casco de una lancha de transporte turístico con la toma de puntos sin que se cuente con un plano de líneas de forma.
- Es posible hacer modificaciones de la forma, disposición general y estructural de una lancha de transporte turístico de pasajeros para obtener una lancha de dos cubiertas para aumentar el número de pasajero.
- Es posible tener una lancha modificada de transporte turístico de pasajeros de dos cubiertas que sea estable y sea segura para operación de embarque y navegación.

3.2 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

En esta sección se presentan las variables, mediante la tabla 3.1, su definición, dimensión e indicadores, así como el instrumento de análisis.

Tabla 3.1*Matriz de operacionalización de variables.*

| VARIABLES | DEFINICIÓN | DIMENSIONES | INDICADORES |
|------------------|---|---|--|
| Estabilidad | Se refiere a su capacidad para mantenerse en posición vertical y resistir la inclinación o el vuelco, asegurando la seguridad de la tripulación y la carga a bordo. | Curvas hidrostáticas Curvas cruzadas | Características Hidrostáticas Brazo adrizante |
| Casco | Es la estructura principal que forma su cuerpo y flota en el agua. Proporciona la forma y la resistencia necesaria para la navegación, protegiendo la carga y la tripulación. | Forma Carga Resistencia | L, B, D y T. Pesos y C.G Resistencia al avance, potencia y velocidad |

Nota: elaboración propia.

CAPITULO IV

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 TIPO Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1.1 Tipo de Investigación

Es aplicada por los trabajos realizados para representar las líneas de forma de una lancha turística de pasajeros, la modificación en el diseño y estructura y la aplicación de herramientas computacionales para evaluación de condiciones de estabilidad.

4.1.2 Diseño de la Investigación

Es un estudio no experimental, pues no se manipulan variables, sin embargo, es explicativo, pues en base a un problema de realizar una modificación, pero a su vez garantizar la estabilidad estática y dinámica y seguridad de la lancha turística de pasajeros, esta tesis debe explicar los procedimientos y criterios para realizar modificaciones adecuadas aplicando los conocimientos de la ingeniería naval.

4.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis es una lancha modificada de 8.8 metros de eslora, de material mixto, para el transporte turístico de pasajeros de 230 Hp de potencia de propulsión.

4.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Para el presente trabajo de investigación se elaboró la siguiente matriz de consistencia, plasmada en la tabla 4.2.

Tabla 4.1

Matriz de consistencia.

| FORMULACIÓN DE PROBLEMA | OBJETIVOS | HIPÓTESIS | VARIABLES E INDICADORES |
|--|---|--|---|
| <p>PROBLEMA GENERAL: ¿En qué medida puede ser modificada una lancha de transporte turístico de pasajeros de una cubierta a dos cubiertas que presente condiciones de estabilidad y sea segura en la operación de embarque y navegación, que minimice los riesgos de accidentes en el mar?</p> <p>PROBLEMA ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ¿Cuál es la complejidad de levantar la forma del casco desde un bosquejo de plano de lancha de transporte turístico? ➤ ¿Cuán complejo es modificar la disposición y estructura de una lancha para reconfigurarla de una a dos cubiertas para el aumento de número de pasajeros? ➤ ¿De qué manera la reconfiguración de una lancha de una a dos cubiertas con aumento de pasajeros afecta su estabilidad estática y dinámica y centro de gravedad? | <p>OBJETIVO GENERAL: Analizar la estabilidad de una lancha modificada de 8.8 metros de eslora, de material mixto, para el transporte turístico de pasajeros de 230 Hp de potencia de propulsión.</p> <p>OBJETIVOS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Levantar la forma del casco de una lancha de transporte turístico de pasajeros. ➤ Modificar la disposición y estructura de la lancha de una a dos cubiertas para el aumento de número de pasajeros. ➤ Evaluar las condiciones de estabilidad estática y dinámica respecto al peso y centro de gravedad de la lancha modificada de dos cubiertas. | <p>HIPÓTESIS GENERAL: Es factible modificar una lancha de transporte turístico de pasajeros de una cubierta para una de dos cubiertas de material mixto que con una potencia de propulsión de 230 hp y tenga condiciones de estabilidad.</p> <p>HIPÓTESIS ESPECIFICOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Es posible diseñar la forma del casco de una lancha de transporte turístico con la toma de puntos sin que se cuente con un plano de líneas de forma. ➤ Es posible hacer modificaciones de la forma, disposición general y estructural de una lancha de transporte turístico de pasajeros para obtener una lancha de dos cubiertas para aumentar el número de pasajero. ➤ Es posible tener una lancha modificada de transporte turístico de pasajeros de dos cubiertas que sea estable y sea segura para operación de embarque y navegación. | <p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Estabilidad ➤ Características Hidrostáticas ➤ Brazo adrizante <p>VARIABLE INDEPENDIENTE:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Casco ➤ L, B, D y T. ➤ Pesos y C.G ➤ Resistencia al avance, potencia y velocidad |

Nota: elaboración propia.

CAPITULO V

DESARROLLO DE LA TESIS

En este capítulo, se presentará la metodología de evaluación técnica detallada de diversas medidas paramétricas y elementos esenciales para el diseño y operación efectiva de la embarcación. Comenzaremos explorando la importancia de medir y verificar los parámetros clave relacionados con la geometría y el desempeño de la embarcación. Luego, se abordará el modelado tridimensional del casco, cálculo el centro de gravedad y verificaremos las curvas hidrostáticas y cruzadas para garantizar la estabilidad y seguridad de la embarcación.

Además, se abordará la selección del motor, un componente crucial que influye en la propulsión y eficiencia de la embarcación. Se evaluará la resistencia al avance y la velocidad para comprender mejor el rendimiento en diversas condiciones de navegación. Por último, se revisará la importancia de un programa de inspección y mantenimiento del motor para garantizar la confiabilidad y longevidad de la embarcación. Este capítulo proporciona una visión completa de los aspectos técnicos esenciales en la planificación y operación de la embarcación.

5.1 EVALUACIÓN TÉCNICA DE LAS MEDIDAS PARAMÉTRICAS

La metodología para la evaluación técnica de las medidas paramétricas de una lancha existente se divide en pasos fundamentales para garantizar la estabilidad y seguridad de la embarcación. A continuación, se presenta una guía detallada:

1. **Recopilación de datos y especificaciones:** Reunir toda la información relevante sobre la lancha, incluyendo planos de diseño, especificaciones

técnicas del motor, y cualquier dato sobre modificaciones realizadas en la embarcación.

2. **Determinación de la capacidad de carga:** Calcular la capacidad de carga máxima de la lancha, teniendo en cuenta el peso de los pasajeros, el equipo, los combustibles y otros elementos a bordo. Asegurarse de que la capacidad de carga sea adecuada para el uso previsto.
3. **Medición de dimensiones del casco:** Medir con precisión las dimensiones del casco de la lancha, incluyendo la eslora, manga, puntal, y calado. Estos valores son cruciales para determinar la forma del casco y para calcular las características hidrostáticas.
4. **Cálculo del centro de gravedad (CG):** Determinar la ubicación del centro de gravedad de la lancha, que incluye el peso de los pasajeros, el motor, el equipo y otros elementos. El CG debe estar ubicado dentro de límites específicos para garantizar la estabilidad.
5. **Cálculo de las curvas hidrostáticas:** Utilizar los datos de dimensiones del casco y el CG para calcular las curvas hidrostáticas, que representan cómo se comporta la embarcación bajo la influencia de la flotación y la gravedad. Esto incluye la curva de áreas de sección transversal, la curva de cruzadas, y otras curvas relevantes.
6. **Análisis de estabilidad inicial:** Utilizar las curvas hidrostáticas para realizar un análisis preliminar de la estabilidad de la lancha. Verificar que la embarcación cumple con los requisitos de estabilidad, como el ángulo de inclinación admisible.
7. **Modelado en software de diseño naval:** Utilice software especializado de diseño naval para crear un modelo digital del casco de la lancha y realizar análisis de estabilidad más avanzados. Estos programas pueden simular diversas condiciones de carga y escenarios en el agua.

8. **Análisis de resultados:** Analice los resultados de las simulaciones y verifique que la lancha cumple con los estándares de estabilidad y seguridad marítima aplicables.
9. **Evaluación de ajustes y mejoras:** Si se identifican problemas de estabilidad, realice los ajustes necesarios en el diseño del casco, la distribución de carga o el tamaño del motor para garantizar un nivel adecuado de estabilidad.

Esta metodología de evaluación técnica de las medidas paramétricas del casco de la lancha asegura que la embarcación evaluada antes y después de cualquier modificación sea segura y cumpla con los estándares de estabilidad requeridos para el transporte de pasajeros.

5.2 MODELAMIENTO DE LA GEOMETRÍA 3D DEL CASCO

La metodología para el modelamiento de la geometría 3D del casco de una lancha es un paso crucial en el análisis de estabilidad. A continuación, se presenta una guía detallada para llevar a cabo este proceso:

1. **Recopilación de datos y planos:** Recolectar planos y datos técnicos relevantes sobre la lancha, incluyendo detalles de diseño original, modificaciones realizadas y especificaciones del motor. Esta información servirá como base para el modelamiento.
2. **Elección de software de modelamiento 3D:** Seleccionar un software de modelamiento 3D adecuado para crear el modelo digital del casco de la lancha. Herramientas como AutoCAD, Rhino, SolidWorks o programas específicos de diseño naval son opciones comunes.
3. **Creación de un boceto inicial:** Utilizar el software de modelamiento 3D para crear un boceto inicial del casco de la lancha, basado en los planos y datos recopilados. Este boceto debe reflejar con precisión la forma y dimensiones del casco.

4. **Incorporación de modificaciones:** Si la lancha ha sido modificada, realice las adaptaciones necesarias en el modelo para reflejar las alteraciones realizadas. Esto puede incluir cambios en la forma del casco como la estructural, así como la ubicación de equipos o la distribución de carga.
5. **Inclusión de detalles y componentes:** Agregar los detalles importantes al modelo, como escotillas, propulsor, sistema de dirección, y otros componentes relevantes. Asegúrese de que el modelo refleje fielmente la estructura de la lancha.
6. **Definición de materiales:** Asigne materiales realistas a las partes del casco, teniendo en cuenta el tipo de material utilizado en la construcción real de la lancha. Esto es esencial para realizar cálculos precisos de estabilidad.
7. **Generación de superficies sólidas:** Utilizar las herramientas del software para generar superficies sólidas que representen con precisión la geometría del casco en 3D. Estas superficies servirán como base para los análisis posteriores.
8. **Verificación y corrección:** Realizar una revisión minuciosa del modelo 3D para verificar que coincida con los datos técnicos y las modificaciones realizadas en la lancha. Corrija cualquier discrepancia o error en el modelo.
9. **Exportación del modelo:** Exporte el modelo 3D en el formato adecuado para su posterior análisis de estabilidad. Los formatos comunes incluyen STL, IGES o STEP, dependiendo de las necesidades de su software de análisis.
10. **Validación del modelo:** Antes de proceder con el análisis de estabilidad, realizar una validación del modelo comparando sus dimensiones y características con la lancha real y los planos originales. Asegurar de que el modelo sea preciso y representativo.

Una vez completada esta metodología, estará listo para utilizar el modelo 3D del casco en análisis de estabilidad, simulaciones y cálculos específicos relacionados con el comportamiento de la lancha en el agua. El modelamiento 3D es esencial para comprender

y garantizar la seguridad y estabilidad de la embarcación en diversas condiciones de operación.

5.3 CÁLCULO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

El cálculo del centro de gravedad (CG) del casco de una lancha es un paso crucial en el análisis de estabilidad. A continuación, se presenta una metodología para llevar a cabo este cálculo de manera efectiva:

1. **Recopilación de datos:** Reunir toda la información relevante sobre la lancha, incluyendo planos de diseño, especificaciones técnicas, detalles de las modificaciones realizadas y datos sobre los componentes y la carga a bordo.
2. **Identificación de los componentes principales:** Identificar y listar todos los componentes principales que afectan la ubicación del CG, como el motor, el sistema de combustible, el sistema eléctrico, los pasajeros, el equipaje y otros equipos a bordo.
3. **Determinación de las masas y ubicaciones de los componentes:** Para cada componente, determine su masa (en kilogramos) y su ubicación longitudinal y lateral con respecto a un punto de referencia, que generalmente se toma como la proa de la lancha o desde la sección media. Anotar estos valores en una tabla.
4. **Cálculo de las masas parciales:** Calcular la masa parcial de cada grupo de componentes que afecten al CG. Esto puede incluir la masa de los pasajeros, la masa de los equipos, la masa del combustible, etc.
5. **Cálculo de los momentos parciales:** Para cada grupo de componentes, calcular el momento parcial alrededor del punto de referencia. El momento se calcula multiplicando la masa parcial por la distancia desde el punto de referencia.

6. **Suma de momentos parciales:** Sumar todos los momentos parciales en sentido longitudinal y lateral para obtener el momento total en ambas direcciones.
7. **Suma de masas parciales:** Sumar todas las masas parciales para obtener la masa total de la lancha.
8. **Cálculo del centro de gravedad:** Para determinar la ubicación del CG en sentido longitudinal y lateral, dividir el momento total en ambas direcciones por la masa total. Esto se hace utilizando las siguientes fórmulas:
 - **CG Longitudinal (X):** $X = \text{Momento Total Longitudinal} / \text{Masa Total}$
 - **CG Lateral (Y):** $Y = \text{Momento Total Lateral} / \text{Masa Total}$
9. **Registro de resultados:** Registrar las coordenadas del CG en un sistema de referencia específico, generalmente ubicado en la proa de la lancha.
10. **Validación y ajustes:** Revisar y validar los resultados calculados comparándolos con los datos de diseño y las especificaciones de la lancha. Si es necesario, realizar ajustes en las ubicaciones de los componentes o las masas para mejorar la precisión del cálculo del CG.

Una vez completada esta metodología, tendrá una ubicación precisa del centro de gravedad del casco de la lancha, lo que es esencial para evaluar su estabilidad y comportamiento en el agua. El cálculo del CG es fundamental en el análisis de estabilidad y seguridad de la embarcación, especialmente en condiciones variables de carga y operación.

5.4 ANÁLISIS DE ESTABILIDAD INICIAL EN LAS CURVAS HIDROSTÁTICAS

El análisis de la estabilidad inicial de las curvas hidrostáticas del casco de una lancha es esencial para comprender su comportamiento en el agua y garantizar su estabilidad. A continuación, se presenta una metodología para llevar a cabo esta verificación de manera efectiva:

1. **Recopilación de datos preliminares:** Reunir toda la información relevante sobre la lancha, incluyendo planos de diseño, especificaciones técnicas, dimensiones del casco y detalles de las modificaciones realizadas.
2. **Identificación de los parámetros clave:** Determinar los parámetros clave necesarios para la verificación de las curvas hidrostáticas. Estos incluyen el desplazamiento, el centro de gravedad (CG), la longitud de flotación, la manga, la altura del francobordo y otros datos relacionados con la geometría del casco.
3. **Cálculo del desplazamiento:** Calcular el desplazamiento de la lancha, que es la masa de agua desplazada por el casco cuando está inmerso. Esto se puede hacer mediante cálculos hidrostáticos o utilizando mediciones físicas directas, como la pesada de la embarcación.
4. **Determinación del centro de gravedad (CG):** Utilizando la metodología previamente desarrollada para calcular el CG del casco, determinar su ubicación en relación con la longitud de flotación.
5. **Obtención de las curvas hidrostáticas:** Utilizar un software de diseño naval o un programa de cálculo hidrostático para generar las curvas hidrostáticas del casco.
6. **Verificación de las curvas hidrostáticas:** Comparar las curvas hidrostáticas generadas con las especificaciones de diseño y los datos calculados. Asegúrese de que las curvas sean coherentes con las características reales de la lancha.
7. **Análisis de estabilidad:** Utilizar las curvas hidrostáticas verificadas para realizar un análisis de estabilidad. Esto implica evaluar la estabilidad inicial, la metacentricidad, el ángulo de inclinación máxima admisible y otros parámetros relacionados con la estabilidad de la lancha.
8. **Ajustes y recomendaciones:** Si se identifican discrepancias significativas entre las curvas hidrostáticas y los resultados esperados, realizar los ajustes

necesarios en el diseño o la carga de la lancha. Proporcionar recomendaciones para garantizar la estabilidad y seguridad de la embarcación.

La verificación de las curvas hidrostáticas es esencial para garantizar que la lancha cumpla con los estándares de seguridad y estabilidad necesarios para el transporte de pasajeros. Este proceso contribuye a la seguridad de la embarcación y al bienestar de quienes la utilizan.

5.5 ANÁLISIS DE LA ESTABILIDAD DINÁMICA DE LAS CURVAS CRUZADAS

La estabilidad dinámica de una lancha es un concepto crucial que se rige por criterios establecidos por la Organización Marítima Internacional (OMI) para garantizar la seguridad en el mar. Esta estabilidad se refiere a la capacidad de una embarcación para mantener una posición equilibrada y resistir perturbaciones externas mientras navega en diversas condiciones. Los criterios de la OMI para la estabilidad dinámica se centran en varios aspectos:

1. **Ángulo de estabilidad:** Se evalúa la inclinación máxima permisible que puede experimentar la embarcación y su capacidad para regresar a una posición vertical después de una inclinación debido a fuerzas externas como olas, viento o cambios bruscos en la carga.
2. **GZ Curve:** Se emplea para representar gráficamente la estabilidad transversal de la embarcación. La curva GZ muestra la relación entre el brazo de palanca (GZ) y el ángulo de escora, determinando así la estabilidad a diferentes ángulos de inclinación. La diferencia de la curva KN vs el GZ es si el KG = 0 es llamado Curva cruzada de estabilidad (KN) pero si la curva es construida del KG es llamada curva cruzada.
3. **Estabilidad en condiciones extremas:** Se analiza la capacidad de la embarcación para mantener su estabilidad en situaciones críticas, como durante tormentas, maniobras de emergencia o en presencia de condiciones climáticas adversas.

4. **Heeling moment:** Se considera la distribución del peso y la resistencia al viento para determinar la estabilidad de la embarcación ante fuerzas que puedan causar una inclinación no deseada.
5. **Estabilidad residual:** Es fundamental para garantizar que, en caso de daño o avería, la embarcación conserve suficiente estabilidad para prevenir un vuelco catastrófico.
6. **Normas y regulaciones de la OMI:** Estas normativas establecen los requisitos mínimos de estabilidad que las embarcaciones deben cumplir, incluyendo el Código Internacional de Estabilidad (IS Code) que define los estándares y procedimientos para evaluar la estabilidad de diversos tipos de buques. La Organización Marítima Internacional (OMI) establece requisitos cuantificables para la estabilidad de las lanchas de pasajeros a través de diferentes códigos y normativas. Algunos de los requisitos mínimos cuantificables relacionados con la estabilidad de las lanchas de pasajeros según la OMI son:
 - *Ángulo máximo de escora:* Se establece un límite cuantificable para el ángulo máximo de inclinación que puede alcanzar una lancha de pasajeros en condiciones normales de operación. Este límite se define en términos de grados de inclinación, por ejemplo, un ángulo máximo de escora de 15° o 20°, dependiendo del tipo y tamaño de la embarcación.
 - *Estabilidad intacta - GZ Curve:* La OMI establece criterios específicos para la curva GZ, que representa la estabilidad transversal de la embarcación. Estos criterios pueden incluir valores mínimos de GZ en función del ángulo de escora para asegurar que la embarcación tenga una estabilidad adecuada en una gama específica de condiciones de carga y operación.
 - *Estabilidad residual:* Se definen criterios cuantificables para la estabilidad residual que debe mantener la lancha de pasajeros en situaciones de daño o inundación parcial. Esto podría incluir requisitos específicos de capacidad

de flotación residual o criterios sobre la estabilidad inicial y final después de ciertos escenarios de daño.

- *Cumplimiento con el Código Internacional para la Seguridad de Buques de Alta Velocidad (HSC Code)*: Para lanchas de pasajeros de alta velocidad, se establecen parámetros específicos relacionados con la estabilidad en el HSC Code. Estos pueden incluir requisitos de diseño, límites de inclinación en operaciones de alta velocidad y criterios de estabilidad bajo ciertas condiciones de carga.

La OMI establece diferentes criterios de estabilidad para distintos tipos de embarcaciones, incluyendo lanchas de pasajeros. Sin embargo, los valores específicos de la curva GZ para lanchas de pasajeros menores a 10 metros de eslora pueden variar y depender de varios factores, incluyendo el diseño, la capacidad de pasajeros, la velocidad y otras características de la embarcación. Los requisitos de estabilidad podrían estar basados en los principios generales de estabilidad y seguridad marítima. En general, pueden no estar directamente definidos en las regulaciones de la OMI de manera explícita para este tamaño de embarcaciones. Los criterios específicos para estas lanchas pueden estar cubiertos por regulaciones nacionales o por estándares de diseño establecidos por las autoridades marítimas locales. Por lo que se utilizará la Resolución Directoral N° 225-23 MGP/DICAPI para el Anexo A “Normas para la reparación y ejecución de las pruebas de estabilidad a naves nacionales, que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables”.

5.6 SELECCIÓN DEL MOTOR

La selección adecuada del motor para cumplir con el requerimiento de la potencia propulsiva de una lancha es fundamental para garantizar un rendimiento eficiente y seguro. A continuación, se presenta una metodología para llevar a cabo este proceso de selección:

1. **Evaluación de requisitos de operación:** Comprender las necesidades específicas de la lancha, como la capacidad de pasajeros, la velocidad de operación deseada, las condiciones ambientales y las restricciones de peso.
2. **Determinación de la potencia requerida:** Calcular la potencia necesaria del motor en función de la velocidad máxima que se desea alcanzar y la resistencia al avance del casco, que depende de factores como la forma del casco y las condiciones del agua.
3. **Consideración de las condiciones de carga:** Tener en cuenta las condiciones de carga típicas, incluyendo el número de pasajeros, el equipo adicional y cualquier carga de mercancía. Esto influirá en la potencia requerida.
4. **Elección del tipo de motor:** Considerar si se necesita un motor de combustión interna (diésel o gasolina) o un motor eléctrico, teniendo en cuenta factores como la disponibilidad de combustible, las restricciones ambientales y la eficiencia energética. Tomar en cuenta el requerimiento del armador y capacidad de adquisición de motor.
5. **Evaluación de la marca y modelo:** Investigar y comparar diferentes marcas y modelos de motores que se ajusten a los requisitos de potencia y operación de la lancha. Considerar la reputación del fabricante y la disponibilidad de repuestos y servicio técnico.
6. **Análisis de eficiencia y consumo de combustible:** Evaluar la eficiencia del motor y su consumo de combustible en las condiciones de operación previstas. Buscar motores que ofrezcan un equilibrio óptimo entre potencia y eficiencia.
7. **Revisión de las especificaciones técnicas:** Revisar detenidamente las especificaciones técnicas del motor seleccionado, incluyendo su capacidad de arranque, sistema de enfriamiento, sistemas de escape y otras características relevantes.

8. **Adaptación al casco:** Asegurarse de que el motor seleccionado sea compatible con el diseño y la disposición del casco de la lancha. Verificar si se requieren modificaciones estructurales para la instalación.
9. **Cumplimiento de regulaciones y normativas:** Verificar que el motor cumpla con todas las regulaciones y normativas locales y nacionales, especialmente en lo que respecta a emisiones y seguridad marítima.

La selección del motor adecuado es esencial para el funcionamiento seguro y eficiente de la lancha de transporte de pasajeros. Esta metodología ayuda a garantizar que el motor cumpla con los requisitos de potencia y operación, así como con las normativas y regulaciones aplicables.

5.7 EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y VELOCIDAD

La evaluación de la resistencia al avance y la velocidad respecto a la potencia de propulsión de una lancha es esencial para determinar su rendimiento y eficiencia en el transporte de pasajeros. A continuación, se presenta una metodología detallada para llevar a cabo esta evaluación de manera efectiva:

1. **Recopilación de datos preliminares:** Reunir toda la información relevante sobre la lancha, incluyendo planos de diseño, especificaciones técnicas, dimensiones del casco, características del motor, hélice y datos sobre la carga máxima y pasajeros previstos.
2. **Identificación de parámetros clave:** Determinar los parámetros clave necesarios para la evaluación de la resistencia al avance y velocidad. Estos incluyen la potencia del motor (HP), el coeficiente de resistencia al avance del casco (CR), el área mojada del casco y la eficiencia de la hélice.
3. **Cálculo de la resistencia al avance:** Utilizar la metodología de cálculo de resistencia al avance, que involucra el coeficiente de resistencia al avance (CR), el área mojada y la densidad del agua. Calcular la resistencia al avance en

función de la velocidad de la lancha para diferentes condiciones de carga y operación.

4. **Determinación de la velocidad máxima:** Estimar la velocidad máxima alcanzable por la lancha a partir de la potencia del motor (HP), la resistencia al avance calculada y otros factores como la eficiencia de la hélice. Considerar también la carga máxima y la distribución de pasajeros.
5. **Simulación numérica:** Utilizar software de simulación naval o cálculos numéricos para modelar el comportamiento de la lancha en condiciones de operación específicas. Ajuste los parámetros de entrada, como la velocidad, la potencia del motor y la carga, para evaluar su impacto en la resistencia al avance y la velocidad.
6. **Análisis de datos y resultados:** Analizar los datos recopilados y evaluar la eficiencia de la lancha en términos de su velocidad máxima y consumo de combustible en diferentes escenarios de carga.
7. **Ajustes y recomendaciones:** Si se identifican discrepancias significativas entre los resultados teóricos y las pruebas en condiciones reales, realizar los ajustes necesarios en el diseño, la propulsión o la distribución de carga para optimizar el rendimiento y la eficiencia de la lancha.

La metodología descrita proporciona una base sólida para la evaluación precisa de la resistencia al avance y la velocidad de una lancha modificada, asegurando un rendimiento óptimo y eficiente en el transporte de pasajeros.

5.8 MANTENIMIENTO DEL MOTOR (ADICIONAL)

El desarrollo de un programa de inspección y mantenimiento para el motor fuera de borda de una lancha es crucial para garantizar su funcionamiento seguro y eficiente a lo largo del tiempo. Aquí se presenta una metodología para elaborar dicho programa:

1. **Recopilación de información técnica:** Reunir toda la información técnica relevante sobre el motor, incluyendo manuales de usuario, especificaciones del

fabricante, cronogramas de mantenimiento recomendados y registros de mantenimiento anteriores, si los hubiera.

2. **Establecimiento de frecuencia de inspección:** Definir la frecuencia con la que se llevarán a cabo las inspecciones y el mantenimiento preventivo. Esto puede variar según las recomendaciones del fabricante, pero también debe considerar la intensidad de uso de la lancha y las condiciones de operación.
3. **Creación de una lista de verificación de inspección:** Desarrollar una lista detallada de verificación que incluya todos los puntos a inspeccionar durante cada mantenimiento programado. Esto puede incluir la revisión de niveles de fluidos, inspección visual de componentes, pruebas de funcionamiento y cualquier otro procedimiento necesario.
4. **Programación de mantenimientos regulares:** Establecer un calendario específico para cada inspección y mantenimiento programado. Esto podría ser trimestral, semestral o anual, dependiendo de las necesidades del motor y la lancha.
5. **Designación de personal responsable:** Asignar a un miembro del equipo o personal técnico responsable de llevar a cabo las inspecciones y el mantenimiento programado. Asegurarse de que estén capacitados y certificados para realizar estas tareas.
6. **Adquisición de herramientas y repuestos:** Asegurar de que se disponga de todas las herramientas y repuestos necesarios para llevar a cabo las inspecciones y el mantenimiento.
7. **Procedimientos de seguridad:** Establecer procedimientos de seguridad para garantizar que el personal realice el mantenimiento de manera segura.
8. **Análisis de datos y ajustes:** Utilizar los registros para llevar a cabo un seguimiento de la salud del motor a lo largo del tiempo. Si se identifican tendencias o problemas recurrentes, ajuste el programa de inspección y mantenimiento según sea necesario.

9. **Evaluación periódica del programa:** Revisar y evaluar periódicamente el programa de inspección y mantenimiento para garantizar su efectividad y eficiencia. Realizar ajustes según sea necesario para mejorar el rendimiento y la confiabilidad del motor.

Un programa de inspección y mantenimiento bien diseñado y ejecutado garantizará que el motor de la lancha funcione de manera óptima y segura, lo que es esencial para el transporte de pasajeros de manera confiable y sin problemas.

CAPITULO VI

ANÁLISIS Y RESULTADOS

En este capítulo, el ámbito de investigación es el turismo marítimo en la ciudad de Máncora de la Región Piura, donde pueden ser avistadas ballenas migratorias en aguas frente a la costa, por lo que empresas de turismo ofrecen el servicio de paseo con lanchas.

Las lanchas turísticas son tradicionalmente construidas de manera artesanal, algunas de madera y otras mixtas (madera y fibra de vidrio), y en su mayoría no cuentan con una línea de forma y planos estructurales para su construcción, lo que implica una incertidumbre en la exactitud de los puntos en el trazado de las secciones de la forma de la lancha, y una inconsistencia en el levantamiento de la estructura.

La lancha de turismo debe asegurar la estabilidad e integridad de la embarcación, además de asegurar la vida de los tripulantes frente al riesgo de una volcadura. Para ofrecer un servicio de calidad, la lancha debe contar con las autorizaciones de navegación de la Dirección General de Capitanías y Guardacostas, la misma que requiere de los planos de líneas de forma, disposición general, estructural y la memoria descriptiva de la lancha.

Con todo lo expuesto, el presente estudio de caso sigue los requerimientos del armador y tiene como objetivos el evaluar el diseño de la forma de la lancha, evaluar la estabilidad estática y dinámica de la lancha respecto a la Resolución Directoral N° 225-23 MGP/DICAPI para el Anexo A “Normas para la reparación y ejecución de las pruebas de estabilidad a naves nacionales, que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables” y evaluar la selección del sistema propulsivo basado en la resistencia al avance del diseño. Sin embargo, este estudio es aproximado pues se basa en bosquejos

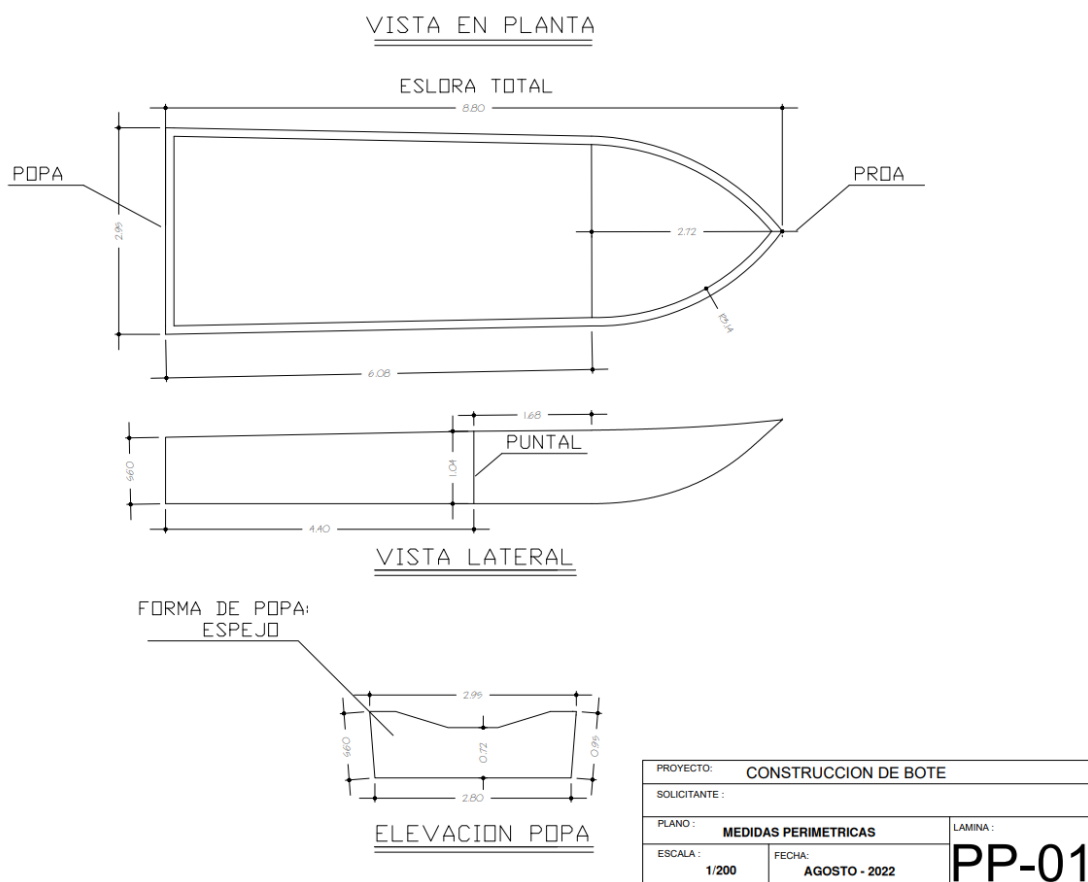
e imágenes de la embarcación proporcionado por el armador, siendo tal que debe ser sincerados todas las consideraciones tomadas para un mejor resultado y cumplir con la entrega de documentos que requiere DICAPI para el licenciamiento de la embarcación.

6.1 RESULTADO DE LAS MEDIDAS PARAMÉTRICAS

Se cuenta para el estudio, preliminarmente, un bosquejo del plano de la lancha de turismo con el que armador cuenta, ver figura 6.1.

Figura 6.1

Bosquejo de Lancha.



Nota: elaboración propia.

Las dimensiones principales son $L=8.8\text{m}$, $B=2.95\text{m}$ y $D=1.04\text{m}$, y se desprende algunas observaciones a respecto de su diseño:

- Respecto al puntal $D=1.04\text{m}$, no es el punto más bajo, lo que sí podría corresponder a la elevación de la popa, donde se indica el punto menor del costado $D=0.95\text{m}$, pero, sería lo correcto hasta la altura de colocación del

motor, $D=0.72\text{m}$. Esto es importante observar, pues desde ese punto se evaluará el calado máximo de la lancha.

- El costado tiene una inclinación de 5° con la vertical y se infiere que es así desde popa a proa.
- Se observa que la manga máxima corresponde al inicio de la popa que, en dirección a proa, viene reduciendo su manga en razón a un ángulo de depresión de 1° . Es importante observar la manga de la base, siendo de proyección plana, comienza con 2.80 metros.
- El pie de roda se desarrolla a 6.08 metros de longitud desde popa.

Se cuenta con imágenes referenciales de la construcción del casco de la lancha, ver figura 6.2, y se desprende que:

- Se aprecia en 1 el forro externo, una cuaderna expuesta y sin forro interno. Implica que el costado es conformado por cuadernas y forros para luego un recubrimiento con fibra de vidrio.
- Se aprecia en 2 la forma de la popa y el asiento con espacio para un motor fuera de borda. Desde esa figura se ha tomado medidas aproximadas para examinar la proporción y separación entre cuadernas, no se tiene dato de ello.
- Se aprecia en 3 la falta de forro externo (traca), pero tiene la cuaderna. Infiere la falta de forro interno para disponer en esa zona los tanques de combustible.
- Se aprecia en 4 líneas que conforman el costado, permitiendo contar el número de secciones y el distanciamiento entre ellas.
- Se aprecia en 5 una línea horizontal con curva en proa representando la cubierta interna de la lancha, que serviría de base para la disposición de los asientos de los turistas.
- Se aprecia en 6 una roda inclinada y pronunciada, se infiere una inconsistencia con la presentada en el bosquejo de la lancha. Infiere ser analizada para obtener su mejor desarrollo.

Figura 6.2

Vista exterior de estructura de casco.



Nota: elaboración propia.

Se cuenta con imágenes referenciales de una lancha de turismo típica, ver figura 6.3., la que contribuyó a que el armador piense en colocar personas en la parte superior.

Figura 6.3

Lancha turística típica.



Nota: elaboración propia.

El armador considerando la opción de colocar personas en un segundo piso pretende acondicionar la lancha de la figura 6.1 en algo aproximado a la lancha en la figura 6.3, pero para 42 turistas, y, por tanto, hay que observar la lancha en la figura 6.2 y se desprende que:

- Se aprecia que en la parte inferior tiene 4 filas, con 4 asientos por filas, para 16 turistas, más el piloto, y en la parte superior tiene 2 filas, con 2 asientos por filas, para 4 turistas. En total, la lancha dispone para 21 tripulantes (20 turistas y un piloto)
- Se aprecia la superestructura construida con fibra de vidrio y soportada en el interior con puntales.
- Se aprecia tanques de combustible a babor y estribor en popa, dejando un compartimiento central para el sistema de maniobra del motor fuera de borda, controlado por el mando en proa.
- El motor fuera de borda es Yamaha, se infiere que sea de velocidad, por no tener un alto número de pasajeros que afecten el desplazamiento o incremente la resistencia al avance.
- Se aprecia que la plataforma superior podría aprovechar más asientos, siempre que se refuerce la superestructura y se dimensione el puntal adecuado. Para ello se debe analizar la estabilidad para garantizar la seguridad en el mar.

Consideraciones Preliminares finales:

1. Se aprecia una incertidumbre sobre las dimensiones principales de la lancha, las mismas que deben ser validadas en campo, con la toma de puntos, levantamiento de la cartilla de trazado y elaboración del plano de líneas de formas. Sin embargo, se toman las formas y apreciaciones de las figuras citadas para levantar el diseño del casco preliminar para evaluar la estabilidad conforme las curvas hidrostáticas y cruzadas.
2. Para proyectar la forma y estructura que cumpla con el requerimiento del cliente para 42 turistas, se tiene que evaluar la estabilidad transversal y el asiento, lo que implica conocer el centro de gravedad y minimizar el riesgo de equilibrio inestable. Esta información apoya el análisis de la velocidad de servicio, potencia respecto la resistencia al avance.

3. Para obtener el centro de gravedad, se ve necesario el aproximar la estructura, apoyado de construcciones artesanales similares para estimar el peso de la lancha, estimar el número de personas y considerar sus pesos, por último, asumir el peso del motor y combustible.
4. Todo el levantamiento de la data y desarrollo del trabajo es perfectible.

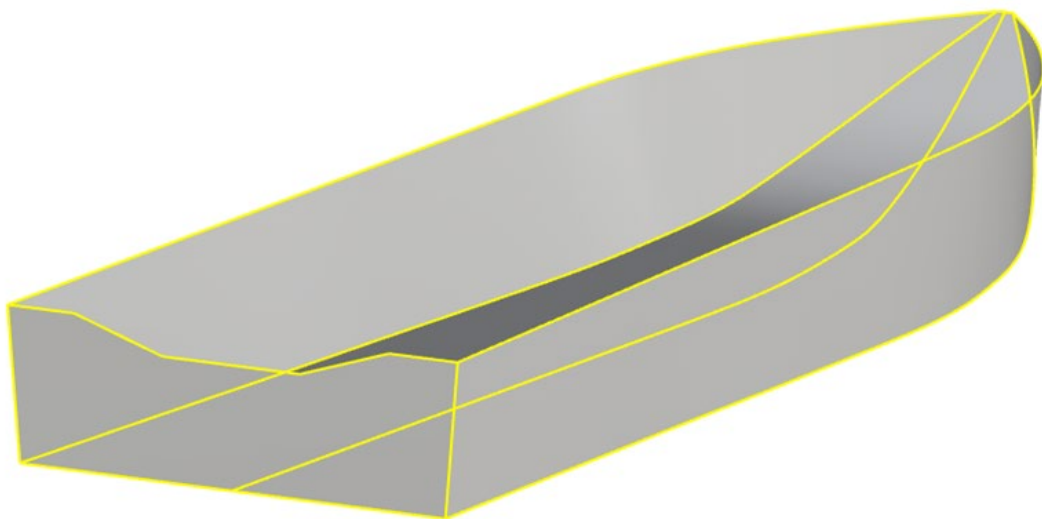
6.2 RESULTADO DE LA GEOMETRÍA 3D DEL CASCO

La geometría del casco de la lancha es importante para evaluar la respuesta hidrodinámica de la lancha con el medio acuático. La geometría del casco es construida por una cartilla de trazado y las líneas de forma de la lancha, por lo cual, merece atención y precisión en el control de los puntos que generan la forma final.

De lo mencionado, siguiendo el bosquejo, las imágenes proporcionadas, se obtuvo una forma isométrica, ver figura 6.4, respetando las dimensiones principales de la lancha, cuyo plano de forma está en figura 6.5, 6.6 y 6.7.

Figura 6.4

Forma isométrica 3D del casco de la lancha.

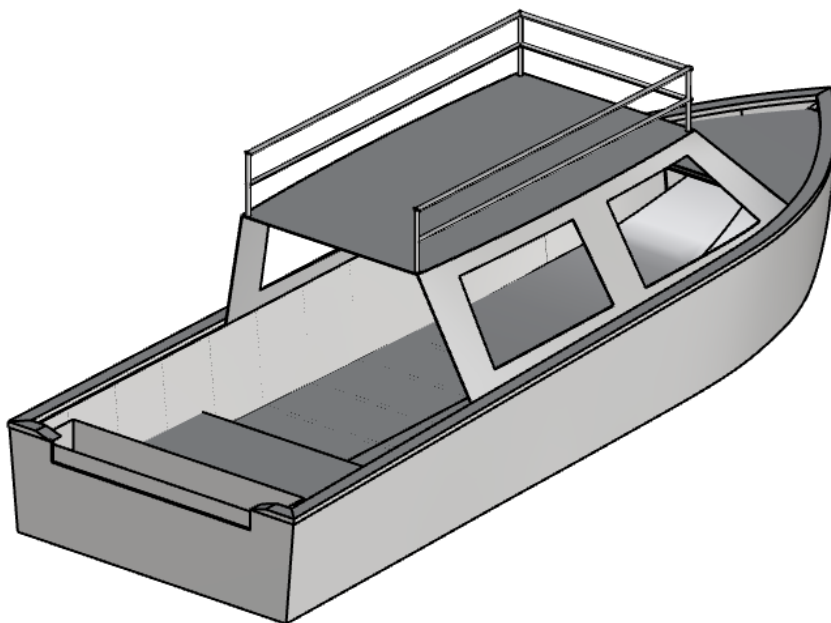


Nota: elaboración propia.

Para ser evaluado la geometría 3D del casco y generar las curvas hidrostáticas y cruzadas, debe ser introducidos los datos de los centros de gravedad de la estructura (corresponde al casco), superestructura, tanques, motor y tripulantes. Para tal fin, para mayor precisión, se levantó una estructura aproximada 3D de la lancha, ver figura 6.8, basado en construcciones similares y observación de la información provista por el cliente.

Figura 6.8

Estructura 3D de la lancha.

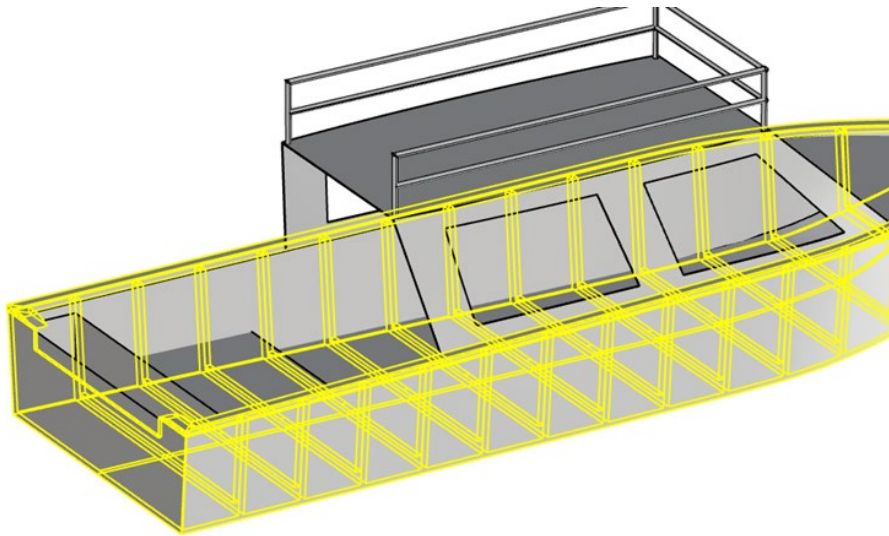


Nota: elaboración propia.

El casco es conformado por cuadernas y forro interno y externo. En la figura 6.9, se muestra en amarillo las cuadernas y tapa de costado, y en gris el forro externo; en la figura 6.10 se aprecia en 3D la lancha con la particularidad de seguir una evaluación de la superestructura preliminar, la que quedaría la final en la mostrada en la figura 6.9. La superestructura o planta superior ha sido diseñada para ser construida con fibra de vidrio. La característica principal de la superestructura es de soportar un número importante de turísticas, debido que ese espacio es dedicado en el servicio para ser zona VIP. El detalle estructural de la lancha se puede revisar en el Anexo A, desde las figuras A.1 a A.9.

Figura 6.9

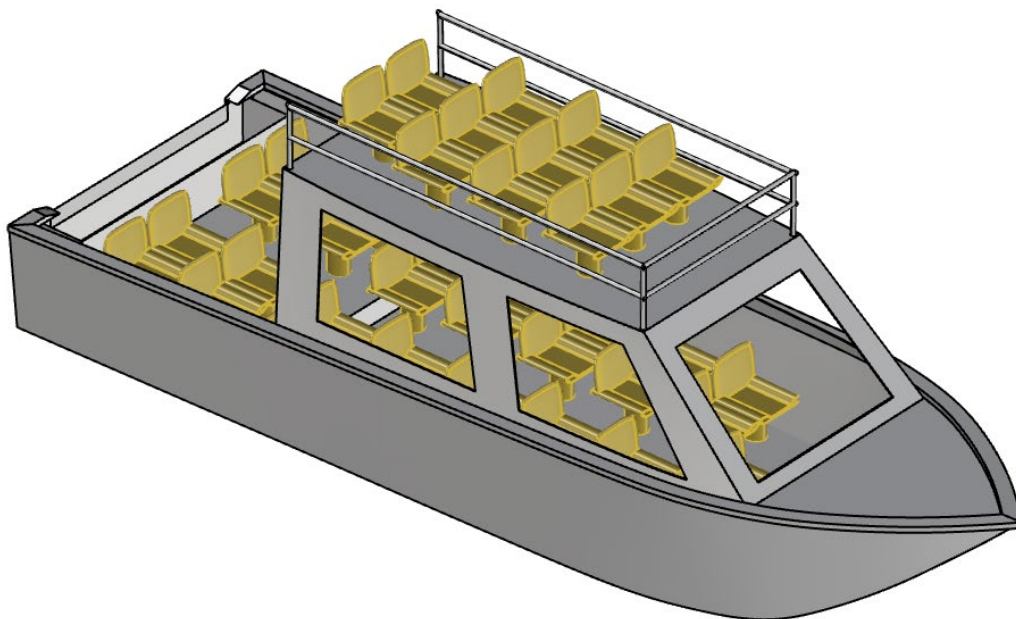
Cuadernas estructurales 3D de la lancha.



Nota: elaboración propia.

Figura 6.10

Diseño de lancha en 3D con análisis de costados.



Nota: elaboración propia.

6.3 RESULTADO DEL CENTRO DE GRAVEDAD

Para el cálculo del centro de gravedad, se dividió en cinco partes los datos a promediar: Peso y C.G. de la estructura de la lancha (incluye superestructura), Peso y C.G.

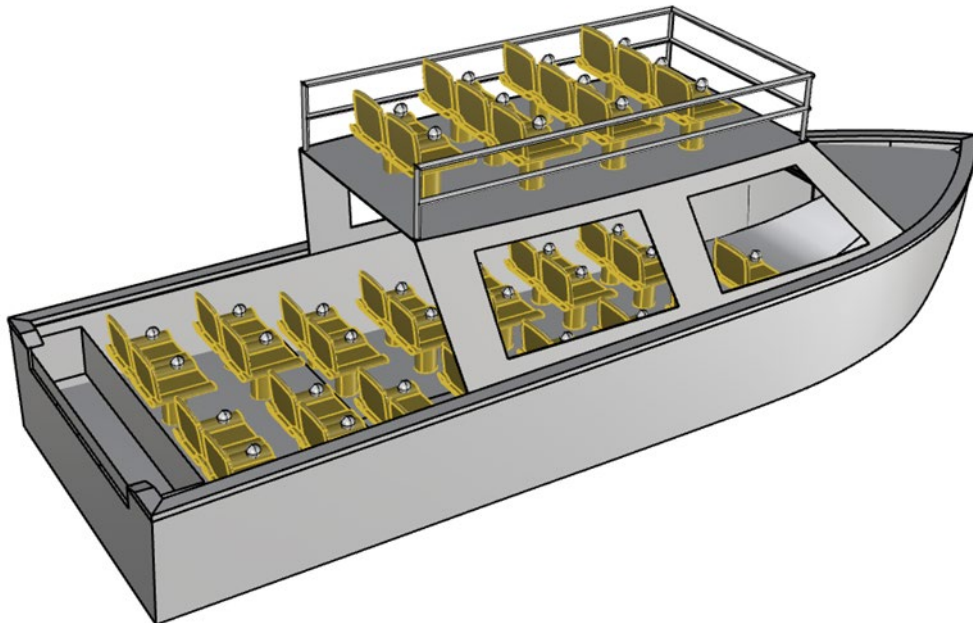
del motor fuera de borda, Peso y C.G. tanques de combustibles, y Peso y C.G. de los tripulantes (según disposición en plataforma inferior y superior).

Siguiendo un conjunto de evaluaciones y cálculos, se obtuvo la disposición de tripulantes, en forma de esferas que concentran peso y gravedad, ver figura 6.11, correspondiendo 39 turistas y un piloto, siendo en total 40 tripulantes, debidamente distribuidos y conservando la estabilidad.

Nótese que el tanque de combustible va en la parte inferior que cubre dos filas de 4 asientos cada fila, con lo que se crea una grada que aprovecha tanto para el tanque de combustible como que también no interfiere en la disposición de los asientos y calidad de servicio para los turistas. Esta acción elimina los tanques a babor y estribor, dejando un cajón en popa suficiente para la maniobra de dos motore fuera de borda de 115 hp c/u.

Figura 6.11

Distribución de pasajeros 3D de la lancha.



Nota: elaboración propia.

La distribución de los pesos y centros de gravedad, siendo en la tabla 6.1 sin tripulantes y en la tabla 6.2 con tripulantes, sirve para introducir los datos promediados a software de simulación hidrodinámica, con el cual se analizan las situaciones de carga con las curvas hidrostáticas y cruzadas, además de obtener el calado máximo.

Tabla 6.1*Distribución de pesos y C.G sin tripulantes.*

| Categoría | Peso (kg) | LCG (m) | VCG (m) |
|---------------------------|------------------|----------------|----------------|
| Fibra recubrimiento | 141.15 | 0.10 | 0.009 |
| Fibra Caseta | 182 | 0.14 | 0.061 |
| Estructura y Casco | 234 | 0.16 | 0.015 |
| Tanque (metal) | 202.5 | 0.04 | 0.008 |
| Combustible | 800 | 0.16 | 0.032 |
| Tripulantes (0) | 0 | 0 | 0 |
| Asientos | 400 | 0.24 | 0.080 |
| Motor | 384 | -0.02 | 0.063 |
| TOTAL | 2343.66 | 1.961* | 0.6354* |
| EQUILIBRIO ESTABLE | | KM(m) | 4.1 |
| | | GM(m) | 3.46 |
| | | KG(m) | 0.64 |

Nota: elaboración propia

Tabla 6.2*Distribución de pesos y C.G con tripulantes.*

| Categoría | Peso (kg) | LCG (m) | VCG (m) |
|---------------------------|------------------|----------------|----------------|
| Fibra recubrimiento | 141.15 | 0.10 | 0.009 |
| Fibra Caseta | 182 | 0.14 | 0.061 |
| Estructura y Casco | 234 | 0.16 | 0.015 |
| Tanque (metal) | 202.5 | 0.04 | 0.008 |
| Combustible | 800 | 0.16 | 0.032 |
| Tripulantes (40) | 3200 | 2.03 | 0.698 |
| Asientos | 400 | 0.24 | 0.080 |
| Motor | 384 | -0.02 | 0.063 |
| TOTAL | 5543.65 | 2.85* | 0.9665* |
| EQUILIBRIO ESTABLE | | KM(m) | 2.1 |
| | | GM(m) | 1.134 |
| | | KG(m) | 0.966 |

Nota: elaboración propia

*En base a promedio = $\sum(\text{masa} \cdot \text{distancia}) / \sum \text{masa}$ **6.4 RESULTADO DE ESTABILIDAD INICIAL EN CURVAS HIDROSTÁTICAS**

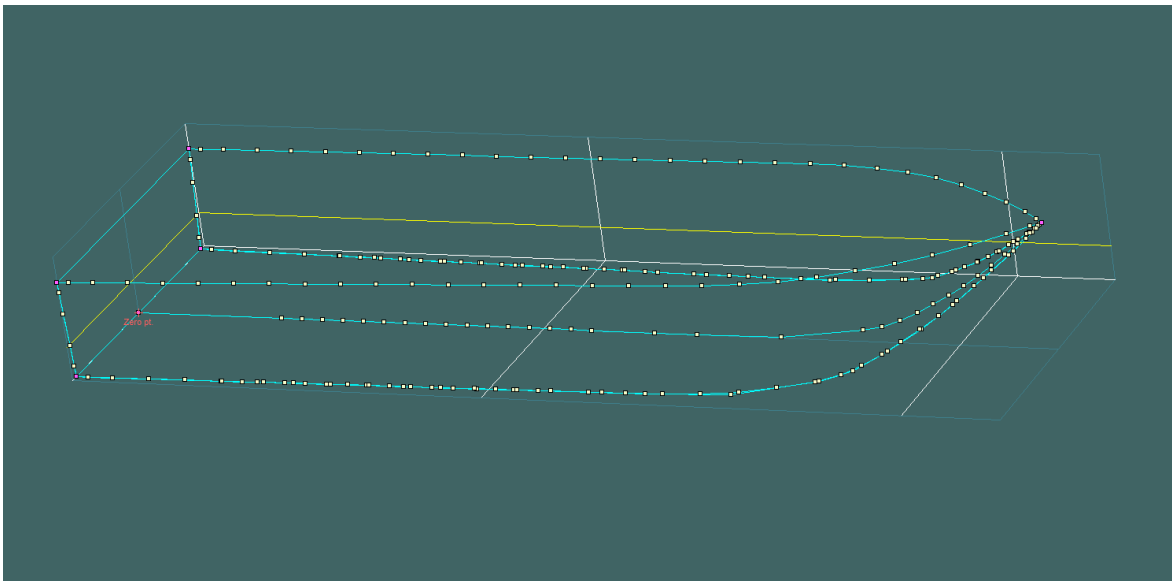
Las curvas hidrostáticas reflejan el comportamiento de la carena (solo del casco conforme la figura 6.5) para diferentes calados y su efecto adrizado respecto al centro de gravedad y peso de la embarcación.

Asumiendo la altura de 0.72 metros en popa, mostrada en la figura 6.1, se debe considerar la seguridad de la lancha en que no tiene que superar un calado determinado

en el desarrollo de las curvas hidrostáticas, por lo que las curvas se determinaran hasta un calado crítico de 0.70 m, y será el punto de partida para el análisis del comportamiento de la carena. Para ello, la figura 6.12 presenta el casco para someterse al modelamiento y obtener la curva hidrostática (mostradas en la figura 6.13) y cruzadas (mostradas en la figura 6.14).

Figura 6.12

Modelamiento de casco para simulación y resultados.



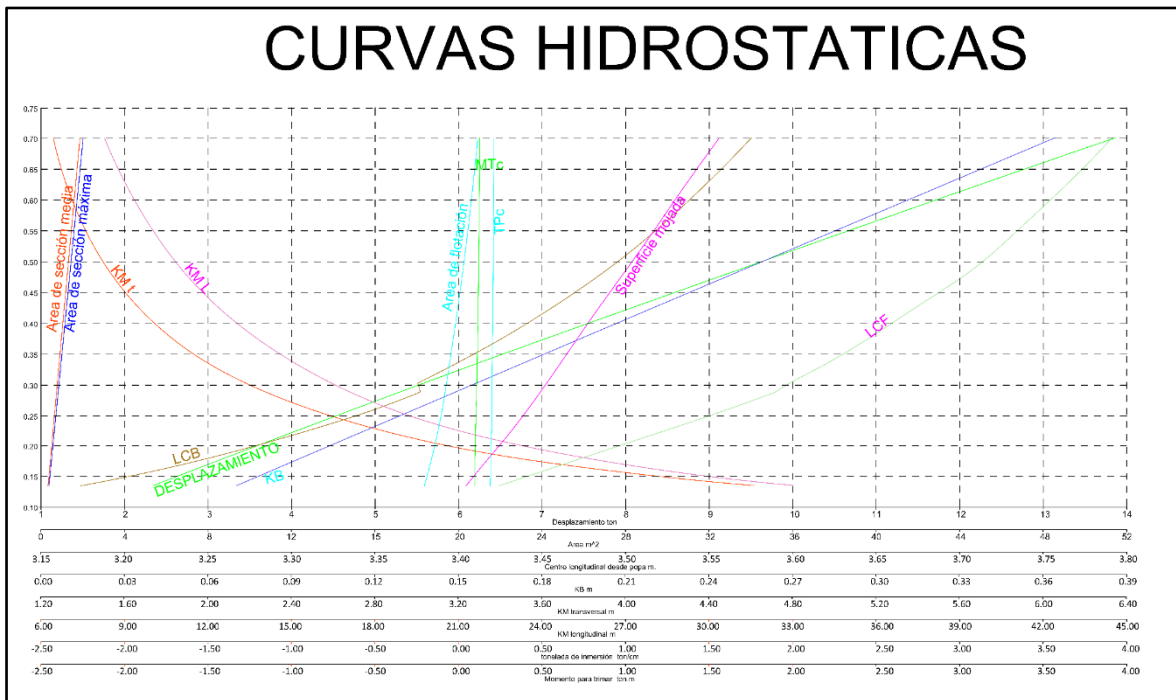
Nota: elaboración propia.

La figura 6.13 presenta el resultado de la curva hidrostática del casco y del mismo se desprende el siguiente análisis:

- Analíticamente, para el calado de **T=0.325 m**, según las curvas hidrostáticas determinadas, se obtiene un desplazamiento de 6 toneladas, pero según la tabla 6.2, se tiene como distribución de pesos de **5.5 toneladas**, con un **KG= 0.96 m**, **LCG= 2.85 m**, por lo que se determina una holgura de 0.5 toneladas para carga adicional o de factor de seguridad. Sin embargo, en esas condiciones presenta **EQUILIBRIO ESTABLE** inicial.
- Para un desplazamiento descontando a los 40 tripulantes (incluyendo al piloto), con los tanques de combustible semilenos, se obtiene un calado de **T=0.14 m**, y también se presenta en condiciones de **EQUILIBRIO ESTABLE**.

Figura 6.13

Curva hidrostática del casco de la lancha.



Nota: elaboración propia.

6.5 RESULTADOS DE ESTABILIDAD DINÁMICA EN CURVAS CRUZADAS

Las curvas cruzadas reflejan el comportamiento adrizante de la carena (solo del casco según las líneas de formas de las figuras 6.5, 6.6 y 6.7) para diferentes desplazamientos y ángulos de escora.

Las curvas cruzadas de la lancha, ver figura 6.14, analiza la capacidad de la embarcación de volver a su posición de equilibrio desde distintas condiciones de escora y del mismo se desprende el siguiente análisis:

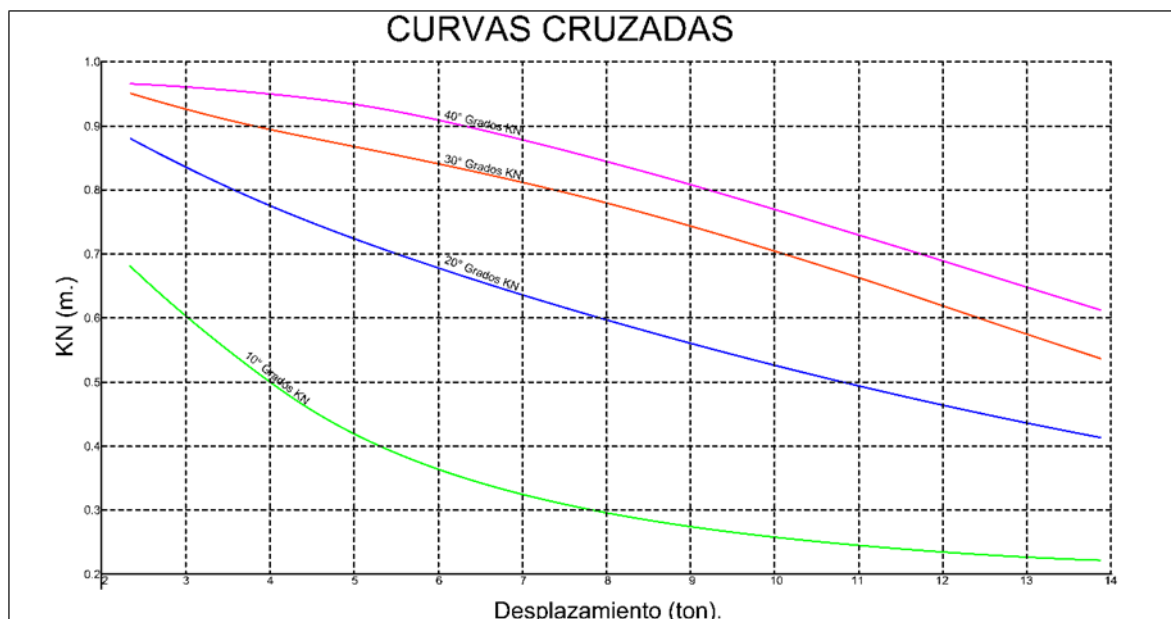
- Las curvas cruzadas sirven para controlar la distribución de pesos y la estrategia de añadir nuevos pesos alterando las condiciones de estabilidad.
- En el caso de los pasajeros se distribuyan uniformemente en la embarcación, el ángulo de escora es pequeño, pero si se diera el caso que, por el avistamiento de ballenas, parte de la tripulación se fuera de una banda a otra, genera un ángulo de escora, mismo que el peso es el mismo, el centro de gravedad se

mueve y genera un brazo adrizante, producto del empuje de la carena para retornar a su equilibrio.

Para ángulos menores de 7° , se asume que el KG es el mismo, para mayores es importante tomar acciones de control del peso.

Figura 6.14

Curvas cruzadas del casco de la lancha.



Nota: elaboración propia.

Para el análisis de la estabilidad dinámica de la lancha de pasajeros de dos cubiertas, se han tomado las siguiente consideraciones:

1. El embarque de la tripulación debe ser ordenada y distribuida comenzando con la ocupación de la primera cubierta desde el centro para proa y popa, a estribor y babor equilibrando la embarcación sin provocar asientos y escoras bruscas en la lancha por seguridad de los tripulantes. Luego de la primera cubierta ser ocupada, se procede a en la misma secuencia ocupar la segunda cubierta.
2. Todo tripulante debe permanecer sentado y con el cinto de seguridad colocado, quedando determinadamente prohibido el retirárselo en plena maniobra y navegación. Sin embargo, en el análisis de estabilidad dinámica se tomarán supuestos.

3. La Resolución Directoral N° 225-23 MGP/DICAPI para el Anexo A “Normas para la reparación y ejecución de las pruebas de estabilidad a naves nacionales, que realizan actividades acuáticas en el mar, ríos y lagos navegables” establece que serán sometidas a pruebas de estabilidad o inclinación naves nacionales nuevas/modificadas mayores a 20 AB y toda embarcación dedicada al transporte de pasajeros e hidrocarburos, pero en la página web de DICAPI, en la tabla de conversión de valores, se calcula el arqueo preliminar de la lancha para una eslora 8.80 m, manga 2.95 m, puntal 0.95 m, coeficiente de bloque de 0.55 de características semejante a un velero y factor 1.10 yate, resultando un volumen de 14.92 m³ y 3.33 AB. Aún la Resolución Directoral N° 225-23 MGP/DICAPI cita que solo se realizaran pruebas a naves convencionales con arqueo bruto superior a 6.48 y el caso de la lancha estudiada no supera ello, por lo que se puede analizar la estabilidad estática y dinámica desde un punto de vista analítico y tomando las consideraciones de seguridad pertinente.

En ese contexto, se va a realizar el análisis de la estabilidad dinámica considerando como partida que el KG constante, para luego modificar la distribución de pesos de los tripulantes en situaciones de riesgo de la lancha y se considera la medida de seguridad para resaltar las medidas de seguridad que los tripulantes deben tomar y seguir las instrucciones del piloto, además sí se tomará en cuenta una escora provocada por distintos factores, por ejemplo, de un viento brusco o una ola irregular incidente de costado o de una maniobra arriesgada, factores que puedan colocar el ángulo de escora en una posición crítica.

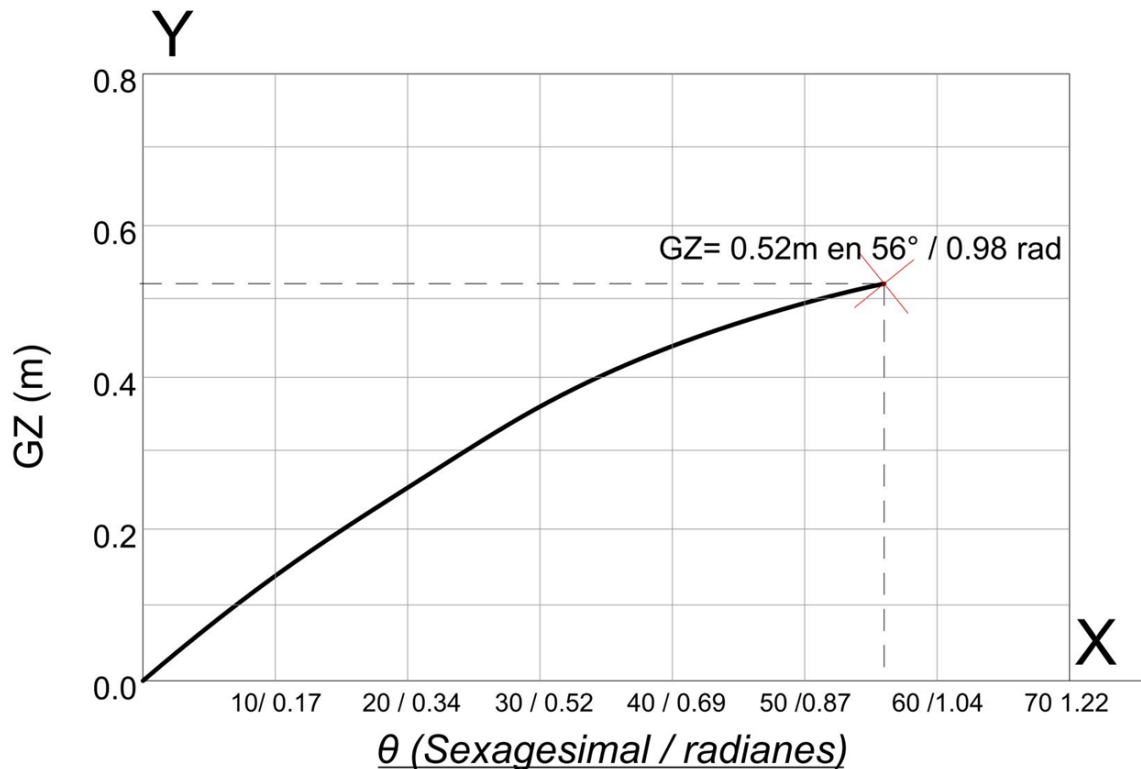
Vale la pena expresar que la lancha es de cubierta abierta y el ángulo máximo crítico en el que se embarcaría agua sería de 34°, por lo que las curvas cruzadas han servido para analizar la lancha como si fuera un sólido de cubierta cerrada hasta un ángulo de escora de 40° y se analiza la capacidad de recuperación de estabilidad de la embarcación.

Sin embargo, se somete los siguientes resultados:

- Calado de $T=0.325$ m, con desplazamiento de 5500 toneladas, con un $KG=0.96$ m, $LCG= 2.85$ m. Se obtiene la curva de brazos adrizantes en la figura 6.15.

Figura 6.15

Curva de brazos adrizantes del casco de la lancha.



Nota: elaboración propia.

6.5.1 Estabilidad dinámica

Según Huarag (s.f), si un buque se halla en equilibrio estable, en la posición de adrizado, y le aplicamos sobre su costado una fuerza exterior F (ver figura 6.16) perpendicular al plano diametral, el barco escora, y esta fuerza aplicada realiza un trabajo, el desplazarse su punto de aplicación de 1 a 2. Si se prescinde de las resistencias del aire, agua, y se supone igual la velocidad inicial y final, no cabe duda de que el mismo trabajo realizado por la fuerza F es igual y contrario al realizado por el par de estabilidad estática transversal durante el giro o escora alcanzada, siendo:

$$\left[\begin{array}{c} \text{Estabilidad} \\ \text{dinámica} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Trabajo producido por} \\ \text{una fuerza para hacer} \\ \text{escorar el barco} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Trabajo realizado por el par} \\ \text{de estabilidad transversal en} \\ \text{su giro} \end{array} \right]$$

Continua Huarag (s.f), de una forma más correcta la definimos así: Estabilidad dinámica de un buque, para un ángulo de inclinación θ_2 determinado, es el trabajo efectuado por el par de estabilidad transversal para escorar el buque desde la posición de equilibrio $\theta = 0$ a la inclinación considerada θ_2 .

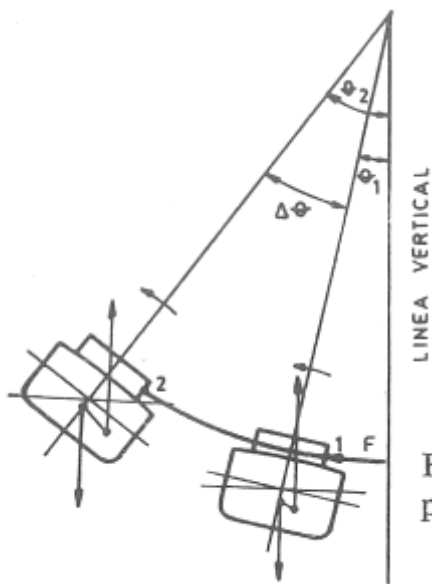
Admitiendo que las resistencias pasivas en el medio que se mueve el buque son nulas y que la velocidad inicial y final son iguales.

El trabajo producido o trabajo motor es igual al trabajo realizado por el par de estabilidad estática transversal en todo el giro efectuado, o trabajo resistente, siendo:

$$\left[\begin{array}{c} \text{Estabilidad} \\ \text{dinámica} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Trabajo motor} \\ \text{de la fuerza} \end{array} \right] = \left[\begin{array}{c} \text{Trabajo resistente del} \\ \text{par de estabilidad} \end{array} \right]$$

Figura 6.16

Trabajo del par de estabilidad.

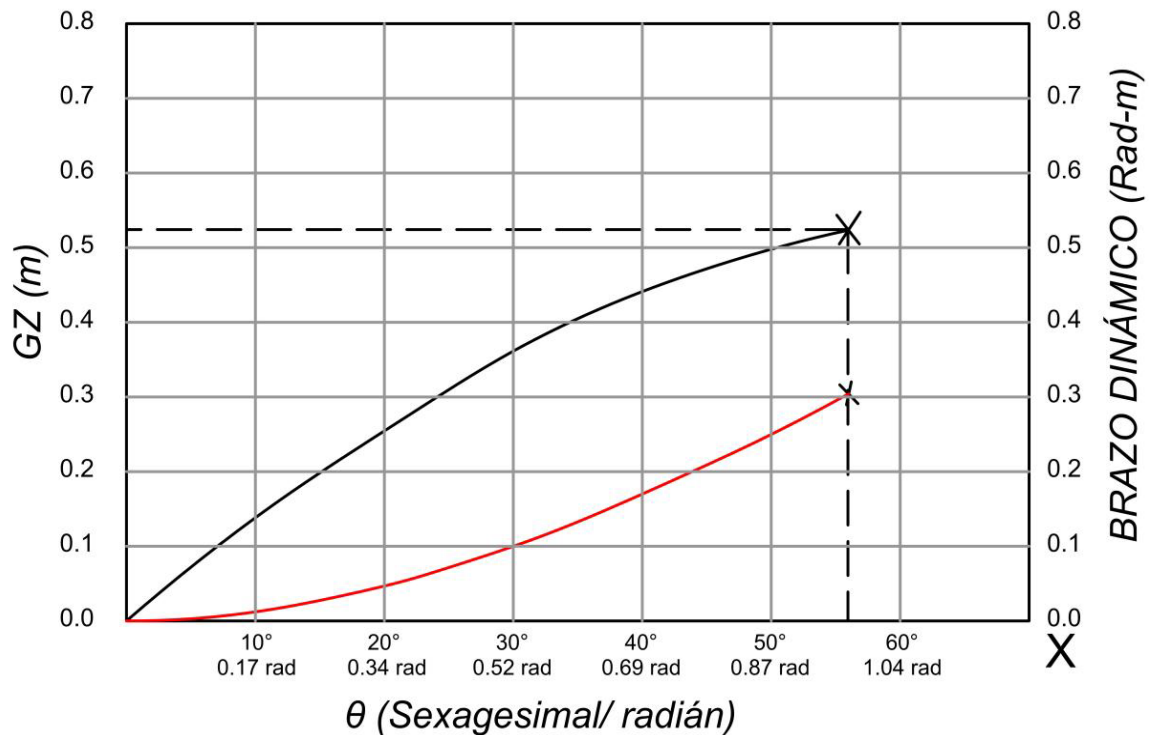


Nota: fuente internet.

En base a esto la simulación arroja la curva de estabilidad dinámica que se presenta en la figura 6.17.

Figura 6.17

Curva de estabilidad dinámica (rojo).



Nota: elaboración propia.

6.5.2 Criterios de estabilidad dinámica

La Organización Marítima Internacional (OMI) fijó un criterio de orden mundial para los buques de pesca, carga y pasajeros menores a 100 m de eslora.

1. El máximo valor de la curva de brazos GZ será para las escoras de 30° o más. De la figura 6.17, se desprende que el valor máximo de GZ, esta posterior a los 30° de escora. Resultado: **APRUEBA**.
2. La curva de brazos GZ a partir de 30° deberá tener brazos mayores de 0,20 m. De la figura 6.17, se desprende que el valor mínimo de GZ posterior a los 30° de escora es de 0,37 m. Resultado: **APRUEBA**.
3. El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de 40° será igual o mayor a de 0,090 m*radián. De la figura 6.17, se desprende que el valor del área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada 40° de escora es de 0,17m*radián. Resultado: **APRUEBA**.

4. El área encerrada por la curva GZ y las ordenadas de 30° y 40° de escora y/o la ordenada correspondiente al ángulo de inundación (si fuera menor a 40°) deberá ser mayor de 0,030 m*radián. De la figura 6.17, se desprende que el valor del área encerrada por la curva de brazos GZ y entre la ordenada 30° y 40° de escora es de 0,070m*radián. Resultado: **APRUEBA**.
5. El área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada de la escora de 30° será igual o mayor a 0,055 m*radián. De la figura 6.17, se desprende que el valor del área encerrada por la curva de brazos GZ y la ordenada 30° de escora es de 0,1m*radián. Resultado: **APRUEBA**.

6.5.3 Criterios especiales de estabilidad dinámica.

Para embarcaciones de pasaje, mayor a 13 pasajeros se aplica lo siguiente:

1. El ángulo de escora producida por todos los pasajeros en el costado de la cubierta superior no debe exceder de 10°.

Se supone:

- El peso de cada pasajero de 75kg*.
- La altura de cada pasajero de pie sobre cubierta, 1 m, y sentado, 0,3 m.
- El número máximo de pasajeros sobre cada metro cuadrado de cubierta es cuatro.

En base a estas asunciones se calcula lo siguiente:

Peso desplazado: $75 \text{ kg} \cdot 9 = 675 \text{ kg}$

Distancia desplazada: 1.55 m

KGp del peso desplazado: 3.2 m

Área de la cubierta superior: 8.6 m²

Cantidad de pasajeros: 9

Momento escorante = $P \cdot D = 1.046 \text{ Ton} \cdot \text{m}$

Desplazamiento = 5.5 Ton

Entonces el brazo escorante se iguala al brazo adrizante para el nuevo equilibrio y se obtiene:

Brazo escorante = Brazo adrizante = 0.19 m

Según la curva de brazos adrizantes de la figura 6.17 esto corresponde a una escora de 15°. RESULTADO: **NO APRUEBA.**

2. El ángulo de escora por efecto de una virada no será mayor de 10°, empleando la siguiente fórmula:

$$\text{sen } \theta = \frac{M_r}{DGM}$$
$$M_r = \frac{2 V^2 D}{100E} \left[KG - \frac{C_m}{2} \right]$$

siendo:

M_r = Momento escorante en tonelámetros.

V = Velocidad del buque en metros por segundo.

D = Desplazamiento en toneladas.

C_m = Calado en metros.

E = Eslora de flotación

KG = Altura de G sobre la quilla en metros.

El cálculo arroja

$$M_r = 0.739 \text{ T-m}$$

$$\text{Sen } \theta = 0.1185$$

Finalmente se determina que el ángulo es 6.85°. Resultado: **APRUEBA.**

6.5.4 Discusión final sobre la estabilidad dinámica.

Respecto al estudio preliminar de estabilidad dinámica realizado se concluye lo siguiente:

1. Se obtuvieron las curvas de brazos adrizantes y de estabilidad dinámica para la condición de navegación con pasajeros, la cual es la más crítica.
2. Se concluye que el ángulo de inundación de la embarcación es de 56°.

3. Se aplicaron criterios OMI estándar de los cuales se concluye que el buque **APRUEBA TODOS LOS CRITERIOS.**
4. Respecto a los criterios especiales para buques de pasaje se encontró que la embarcación **NO APRUEBA** el primer criterio, se recomienda disminuir la cantidad de pasajeros en el segundo nivel a 6 como máximo para que cumpla el criterio
5. Respecto al segundo criterio especial para buques de pasaje, la embarcación **APRUEBA.**

6.6 RESULTADO DE SELECCIÓN DEL MOTOR

Siguiendo los lineamientos abordados en Gamarra et al. (2011), los motores fuera de borda son de uso común y la selección se hace de manera empírica, sin embargo, el motor debe ser adecuado a las características del casco sin dejar de lado el efecto de la interacción casco-hélice y la disponibilidad del motor en el mercado.

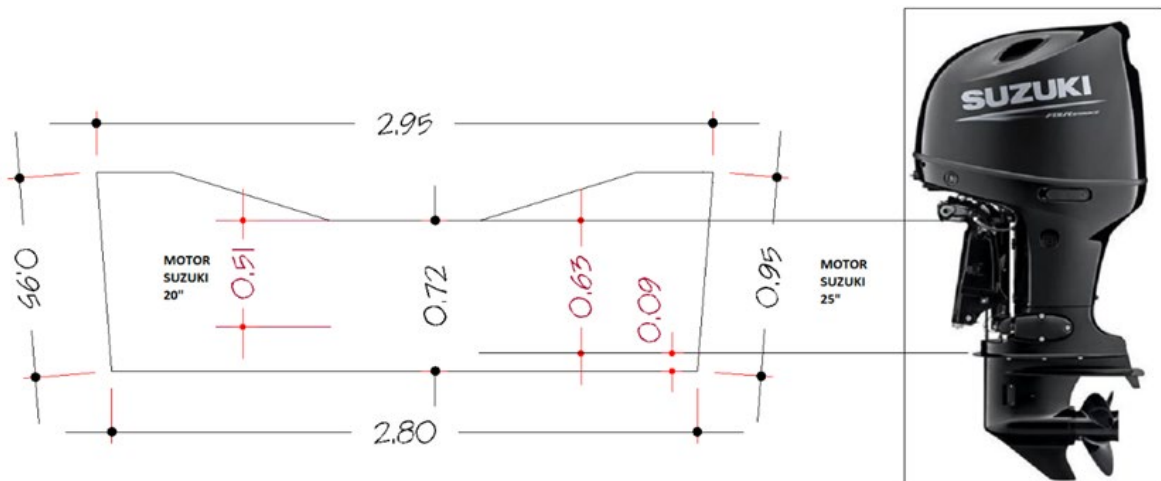
Para el análisis se dispone las líneas de forma, de un programa de procesamiento de datos hidrodinámicos basado en series sistemáticas de Savitsky para la forma adecuada del casco y la potencia necesaria a la velocidad requerida.

Por motivos de indisponibilidad de algunos motores sugeridos al cliente, de marcas reconocidas y de empuje, el tiempo de entrega hace inviable su adquisición, por lo que el cliente evaluó la posibilidad de adquirir dos motores de 115 hp, modelo DF115BTX, de la marca SUZUKI MARINE, de 4 tiempos con dos características de largura de transmisión, de 20" y 25", con la finalidad de satisfacer la potencia de propulsión de 230 hp.

Entre algunas características del motor de 4 tiempos se puede mencionar que es de funcionamiento suave, silencioso, limpio y sin humos a cualquier velocidad, aún en aceleración. El motor de 4 tiempos cumple y excede los estándares de emisión EPA 2006 e ideal para practicar el turismo y la pesca. No tiene falta hacer la mezcla de combustible y aceite, ya que dos sistemas separados proporcionan la mezcla aire/combustible a los cilindros y el aceite a los puntos de lubricación.

Figura 6.18

Posicionamiento del motor SUZUKI según largura de transmisión.



Nota: elaboración propia.

De la figura 6.18 se observa que, en las características de la largura de transmisión, lo ideal es que la aleta de cavitación del motor fuera de borda coincida con el punto inferior de la popa, para mayor eficiencia de la hélice y mejor acción de mitigación de la cavitación por la aleta. En el caso del motor Suzuki de 20" presenta un canto de acción de casi 21 cm (0.72 cm – 0.51 cm) en el que la hélice no recibe suficiente corriente para el mejor desarrollo de su velocidad y adicionando el riesgo de cavitación en la hélice. En el caso del motor Suzuki de 25" presenta un canto de acción de 9 cm (0.72 cm – 0.63 cm), que, si bien no es lo ideal, desempeña la mejor operación de las dos opciones.

El efecto de la cavitación se presenta más en motores de velocidad, caso contrario, los de empuje necesitan mayor torque para mover masa de agua para desplazar un mayor volumen de carena.

Recomendación:

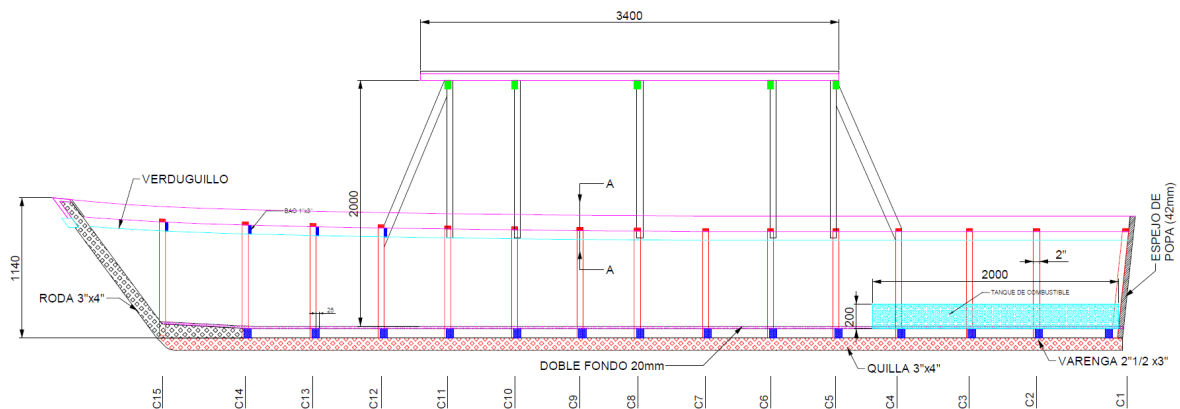
- En el estado actual de la estructura de la lancha, se puede reducir el alto del espejo de popa en 9 cm para asegurar la mejor eficiencia de la hélice con la instalación adecuada del motor fuera de borda. Siempre que no comprometa la estructura en popa.
- Las condiciones de diseño actual muestran que la hélice desempeñaría su función, pero la actuación de la aleta contra la cavitación no sería eficiente,

reflejando una exposición de la integridad de la hélice por la cavitación en el tiempo, que puede reproducirse en mayor costo de mantenimiento.

- Los motores de cuatro tiempos, en lo particular, no necesita el combustible mezclarse con aceite, por lo que tienen garantía rendidora, además pueden ser certificadas por su eficiencia en reducción de emisión de gases contaminantes.
- Los motores fuera de borda deben girar sus hélices en sentido opuesto uno del otro para la mejor generación de potencia, centralizando el flujo de empuje, deben ser controlados síncronamente para acciones de maniobra en paralelo.
- Los motores deberán disponer de tanques de combustible para la combustión, por lo que se ha diseñado un tanque en forma de una grada en popa, que sirve para almacenar combustible y como base de asientos y personas, ver figura 6.19, 6.20 y 6.21, pero con la suficiente capacidad de superar la autonomía de viaje máximo de 23 km, debido al diseño de confort para los turistas.

Figura 6.19

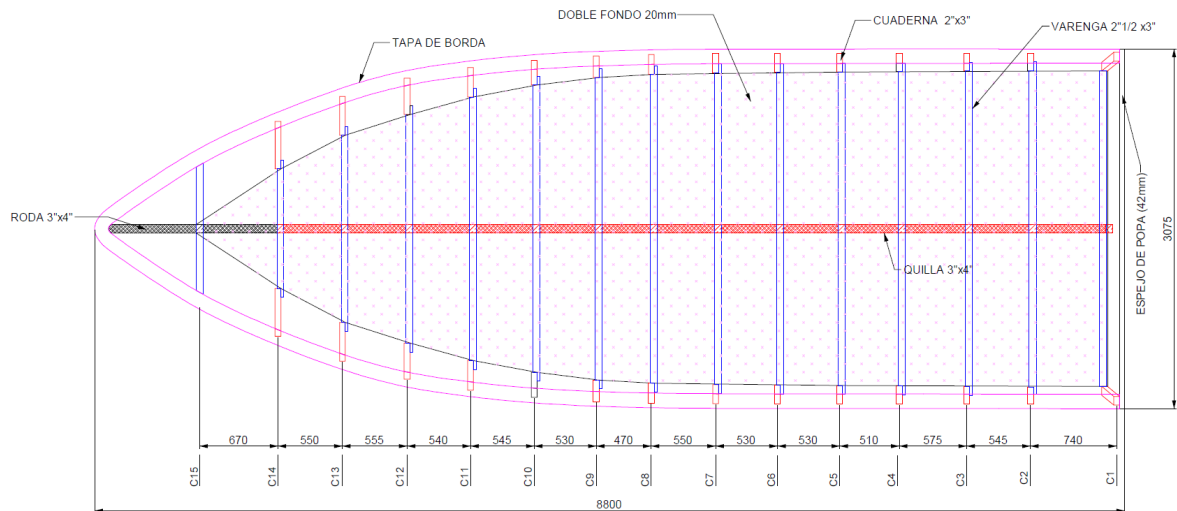
Vista longitudinal de estructura de Tanque de combustible en forma de grada.



Nota: elaboración propia.

Figura 6.20

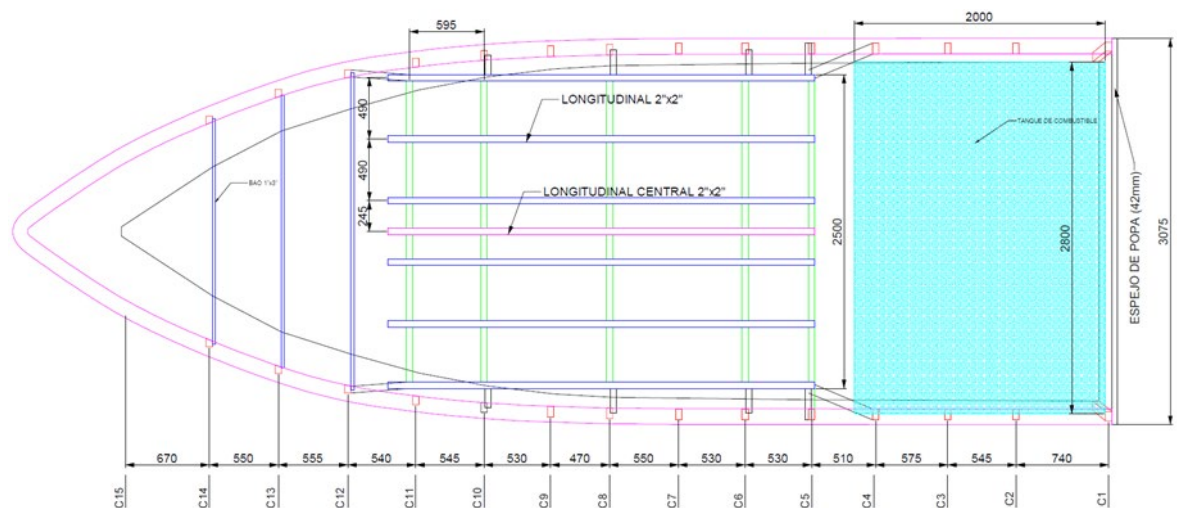
Vista planta de estructura de doble fondo.



Nota: elaboración propia.

Figura 6.21

Vista planta de estructura de Tanque de combustible en forma de grada.



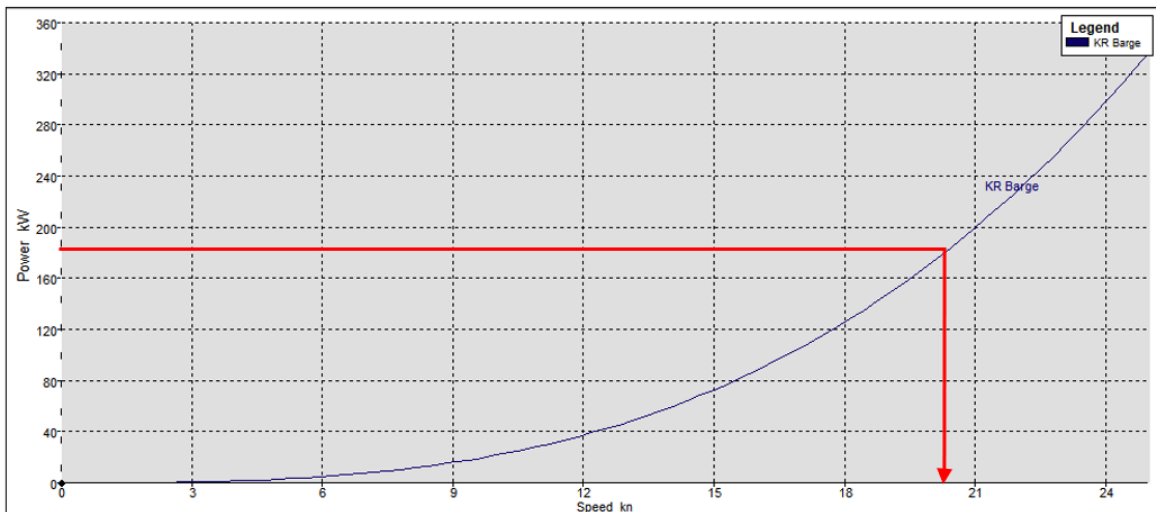
Nota: elaboración propia.

6.7 RESULTADOS DE LA RESISTENCIA AL AVANCE Y VELOCIDAD

La resistencia al avance se describe como una fuerza que se opone al avance de la lancha, y depende de la forma del buque y la velocidad de avance. Esta fuerza tiene su acción a distintos calados de flotación, por lo que se puede examinar en su calado de máxima carga, donde el motor operará a su máxima potencia para rendir con la misma velocidad de servicio.

Figura 6.22

Curva de relación Potencia vs Velocidad, sin tripulantes a calado 0.14m.

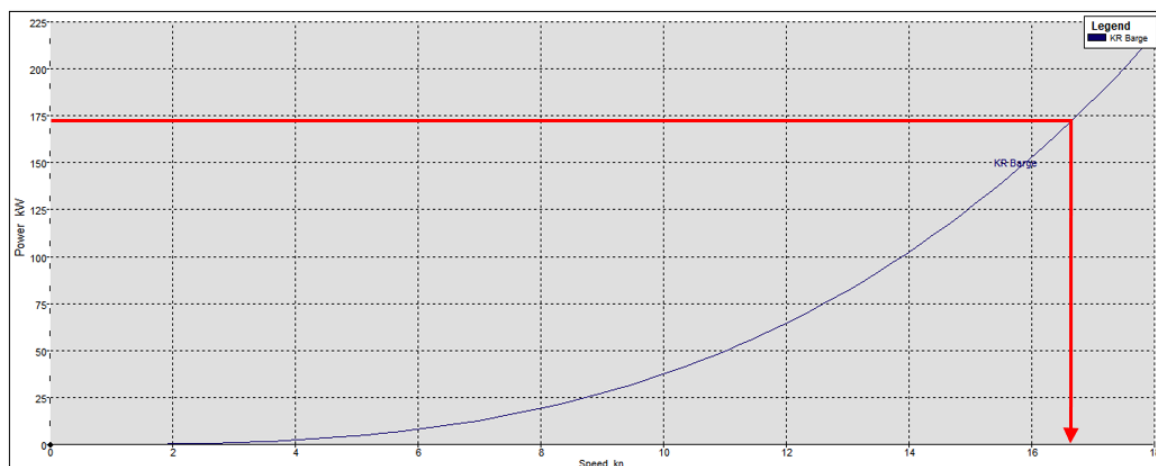


Nota: elaboración propia.

En ese sentido, la figura 6.22 presenta la relación Potencia (HP) vs Velocidad (nudos), como ya se conoce la potencia del motor, de 230 Hp=171KW, se tiene una velocidad de desarrollo de **19.5 nudos**, equivalente a **36.114 Km/h** (1 nudos = 1.852 Km/h), para un calado en la condición sin tripulantes de **T0=0.14** metros.

Figura 6.23

Curva de relación Potencia vs Velocidad, con tripulantes a calado 0.325m.



Nota: elaboración propia.

Además, la figura 6.23 presenta la relación Potencia (HP) vs Velocidad (nudos), como ya se conoce la potencia del motor, de 230 Hp=171KW, se tiene una velocidad de desarrollo de **16.5 nudos**, equivalente a **30.55 Km/h** (1 nudos = 1.852 Km/h), para un calado en la condición con tripulantes de **T1=0.325** metros.

De la figura 6.24 también se pueden obtener las velocidades para una potencia de 200 HP, 250HP y 300HP, siendo sus equivalencias 149KW, 186.3KW y 220 KW respectivamente, resumido en la siguiente tabla.

Tabla 6.3

Velocidades para la condición con tripulantes.

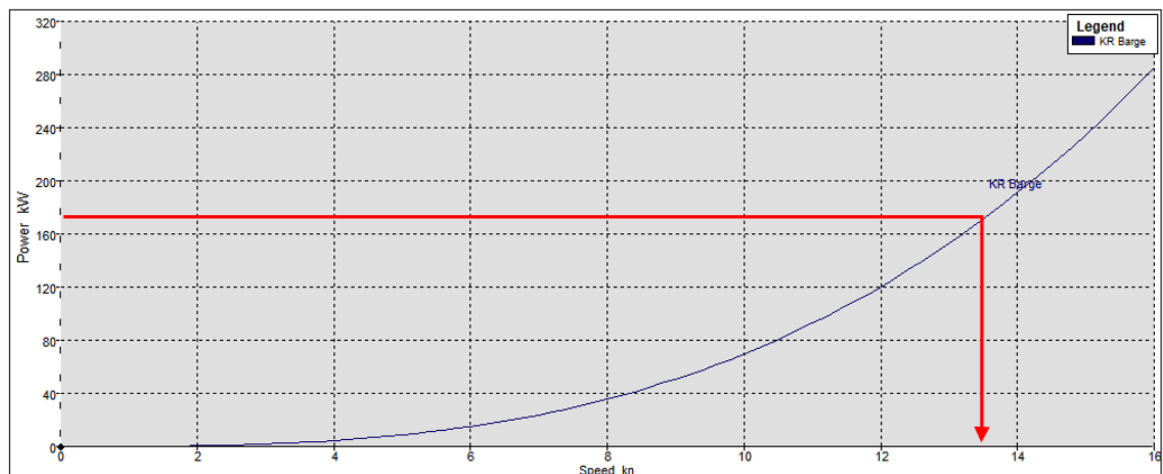
| Velocidad | 200HP | 250HP | 300HP |
|-------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Nudos(Km/h) | 16 nudos (29.63 Km/h) | 17 nudos (31.50 Km/h) | 18 nudos (33.33 Km/h) |

Nota: elaboración propia

Finalmente, la figura 6.24 presenta la relación Potencia (HP) vs Velocidad (nudos), como ya se conoce la potencia del motor, de 230 Hp=171KW, se tiene una velocidad de desarrollo de **13.5 nudos**, equivalente a **25 Km/h** (1 nudos = 1.852 Km/h), para un calado en la condición de calado máximo de **Tmax=0.7 metros**.

Figura 6.24

Curva de relación Potencia vs Velocidad, con tripulantes a calado 0.7m.



Nota: elaboración propia.

6.8 PROGRAMA DE MANTENIMIENTO DE MOTOR DE 4 TIEMPOS (ADICIONAL)

Es importante considerar un programa de mantenimiento de motores de cuatro tiempos fuera de borda, por lo que esta sección es añadida del estudio de Gamarra et al. (2011) que, además de realizar un programa de inspección y mantenimiento, diferencia las características y cualidades de motores fuera de borda de 2 y 4 tiempos. El programa es como sigue:

Antes de cada uso:

1. Compruebe el nivel de aceite en el motor.
2. Verifique que el interruptor de parada de emergencia pueda detener el motor.
3. Inspeccione visualmente el sistema de combustible para determinar si hay indicios de deterioro o fugas.
4. Verifique que el motor fuera de borda esté sujeto firmemente al espejo de popa.
5. Revise que no haya componentes trabados ni sueltos en el sistema de dirección.
6. Inspeccione visualmente que los sujetadores de la varilla de la dirección estén debidamente ajustados.
7. Revise que las palas de la hélice no estén dañadas.

Después de cada uso:

1. Lave el sistema de enfriamiento del motor fuera de borda si se ha navegado en agua salada o contaminada.
2. Lave todos los depósitos de sal y la salida del escape de la hélice y caja de engranajes con agua dulce, si se ha navegado en agua salada.

Cada 100 horas de uso o una vez al año, lo que ocurra primero:

1. Lubrique todos los puntos de lubricación. Lubrique con más frecuencia cuando se use en agua salada.
2. Cambie el aceite del motor y limpie el filtro del aceite.
3. El aceite debe cambiarse con más frecuencia cuando el motor funciona bajo condiciones adversas tales como el movimiento continuo del barco a velocidad baja para pescar.
4. Revise y limpie las bujías.
5. Inspeccione visualmente el termostato para ver si hay corrosión o si el resorte está roto. Cerciórese de que el termostato cierre por completo a la temperatura ambiente.
6. Examine el filtro del combustible del motor para ver si hay contaminantes.
7. Ajuste el carburador (si se requiere).

8. Examine el ajuste de puesta a punto del motor.
9. Examine los ánodos de control de corrosión. Examínelos con más frecuencia cuando se usen en agua salada.
10. Drene y cambie el lubricante de la caja de engranajes.
11. Lubrique las estrías del eje impulsor.
12. Revise y ajuste el espacio libre de la válvula, si es necesario.
13. Examine el líquido del sistema de levante hidráulico.
14. Revise la batería.
15. Examine los ajustes del cable de control.
16. Revise la correa de puesta a punto.
17. Quite los sedimentos del motor.
18. Compruebe que los pernos, tuercas y abrazaderas estén apretados.

Cada 300 horas de uso o tres años:

1. Cambie el impulsor de la bomba de agua (más a menudo si ocurre un recalentamiento o si se nota una reducción en la presión del agua).

CONCLUSIONES

Asumiendo un diseño aproximado de las formas de la lancha desde las medidas paramétricas e imágenes proporcionados, y con el levantamiento de la estructura 3D de la lancha para analizar la viabilidad del diseño para 42 turista más el piloto, analizar la estabilidad de la lancha y verificar si es viable la selección de dos motores fuera de borda de 115 hp, se concluye lo siguiente:

1. Por la forma del casco y el diseño de la superestructura, se tiene una disposición óptima para 39 turistas más el piloto, en total 40 tripulantes, y se distribuye con 31 tripulantes en la parte inferior y 9 en la superior.
2. Conociendo el motor seleccionado, en modelo, marca y número, se estiman los pesos y centros de gravedad de la estructura, motor, tanques de combustible y tripulantes para obtener el peso total y centro de gravedad global, de manera tal que concluye el análisis de estabilidad con un **EQUILIBRIO ESTABLE**, sin embargo, respecto a los criterios especiales para buques de pasaje se encontró que la lancha **NO APRUEBA** el primer criterio, y como se menciona en los resultados, es recomendable disminuir la cantidad de pasajeros en el segundo nivel a 6 como máximo para que cumpla el criterio.
3. Se concluye que el diseño y la disposición de la tripulación y compartimentado, permite una velocidad máxima con la potencia seleccionada por el motor de **16.5 nudos**.

Finalmente, se requiere la necesidad de sincerar la información obtenida para el levantamiento de los planos de líneas de forma, curvas hidrostáticas, curvas cruzadas, disposición general y plano estructural. Con esta información se podría desarrollar una

memoria descriptiva que envuelve todos los elementos, componentes, y bosquejos de instalación, basado en las exigencias de DICAPI.

RECOMENDACIONES

Las recomendaciones que se desprenden del trabajo de investigación son:

1. Para futuros proyectos, es crucial contar con datos más precisos y detallados sobre las medidas paramétricas de la embarcación. Esto incluye la obtención de información exacta sobre la forma del casco, dimensiones y distribución de pesos. Vale decir que es probable que trabajar sobre una embarcación construida artesanalmente se puedan encontrar desproporciones y desigualdades en las dimensiones respecto a la línea de crujía.
2. Considera la disposición óptima para la tripulación y los pasajeros, se puede trabajar en la optimización del diseño de la lancha modificada para garantizar la máxima eficiencia en términos de capacidad de transporte y estabilidad.
3. En futuros desarrollos, se deben realizar pruebas en canal hidrodinámico para validar los cálculos y simulaciones realizados en este estudio. Estas pruebas proporcionarán datos escalables en tiempo real sobre el rendimiento de la embarcación en condiciones reales y permitirán ajustar el diseño según sea necesario.
4. Es esencial asegurarse de cumplir con todas las regulaciones y requisitos de seguridad establecidos por las autoridades marítimas, en este caso, DICAPI. Esto garantizará que la embarcación cumpla con los estándares de seguridad necesarios para el transporte de pasajeros.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarado, L. (2017). Estudio del potencial de las embarcaciones solares en la Amazonía: Caso de estudio Río Napo. (Tesis de maestría), E.T.S.I. Diseño Industrial (UPM). <https://oa.upm.es/50856/>
- Busto, M. (2008). Diseño del proceso de fabricación de un catamarán de fibra de vidrio en astillero. (Tesis). Universidad de Cádiz. <http://hdl.handle.net/10498/6613>
- Córdova, B. M. (2022). Diseño de una lancha fluvial de materiales compuestos para el transporte de pasajeros propulsada por energía fotovoltaica. (Tesis). Universidad Nacional de Ingeniería. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22545>
- Fernández, L. (2021). Estudio de integridad estructural de una embarcación pesquera artesanal utilizando materiales compuestos. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería, Perú. <http://hdl.handle.net/20.500.14076/22148>
- Gamarra, H., Yari, A., Yari, Y., y Palacios, M. (2011). Selección de motores fuera de borda para embarcaciones menores. *Tecnia*, vol. 21, n.º 1, pp. 31-38. doi: 10.21754/tecnica.v21i1.94
- Huarag, D (s.f). Manual de Embarcaciones Pesqueras. <https://vsip.info/manual12pdf-pdf-free.html>
- Morales, S. (2008). Fibra de vidrio, pruebas y aplicaciones. (Tesis). Culhuacan: Instituto Politécnico Nacional. <http://tesis.ipn.mx:8080/xmlui/handle/123456789/4698>
- Peinado, J. (2015). Estimación numérica de propiedades mecánicas del material compuesto reforzado por partículas mediante elementos finitos. (Tesis). Madrid: Universidad Carlos III de Madrid. <http://hdl.handle.net/10016/23571>

Poveda, S. (2010). Representación normalizada de piezas de material compuesto. Lecturas Complementarias, Materiales Compuestos. Universidad Politécnica de Madrid.1-22.

Tuswan, T., Abdullah, K., Zubaydi, A., & Budipriyanto, A. (2019). Finite-element Analysis for Structural Strength Assessment of Marine Sandwich Material on Ship Side-shell Structure. *Materials Today: Proceedings*, 13, 109–114. doi:10.1016/j.matpr.2019.03.197

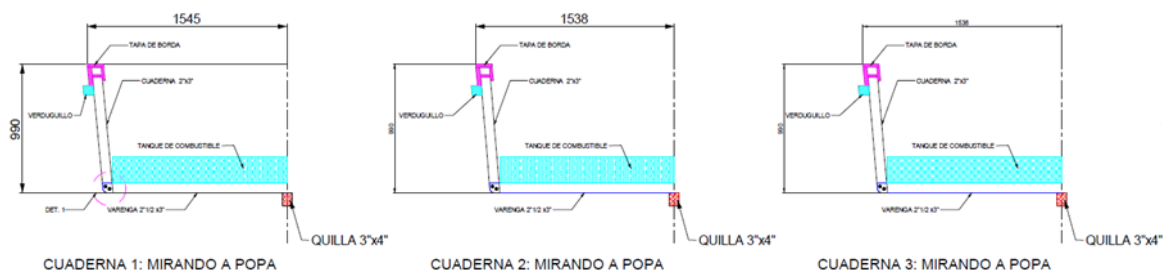
ANEXOS

ANEXO A.....1

ANEXO A

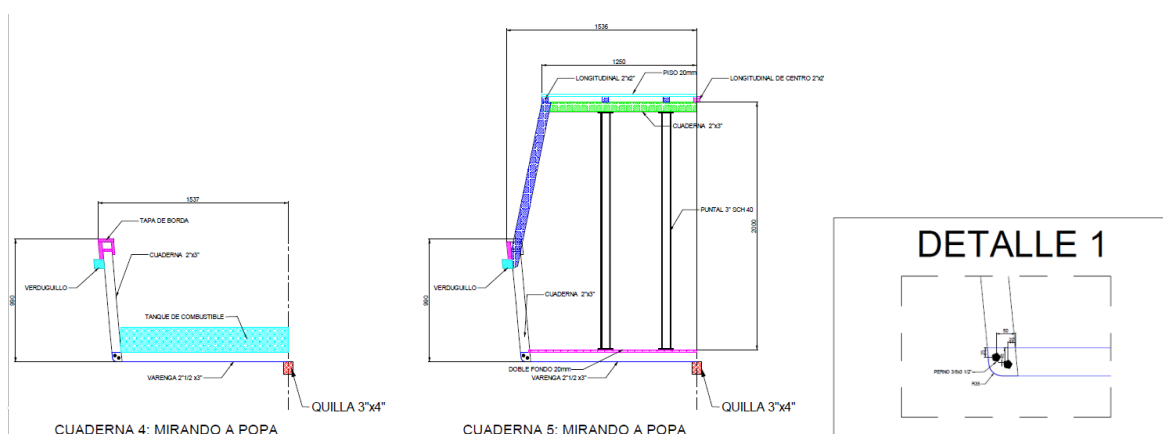
En este anexo se presentan figuras de planos otros que formaron parte del desarrollo de la tesis indicados en el cuerpo.

Vista de estructura transversal de Cuadernas 1 al 3 mirando a popa.



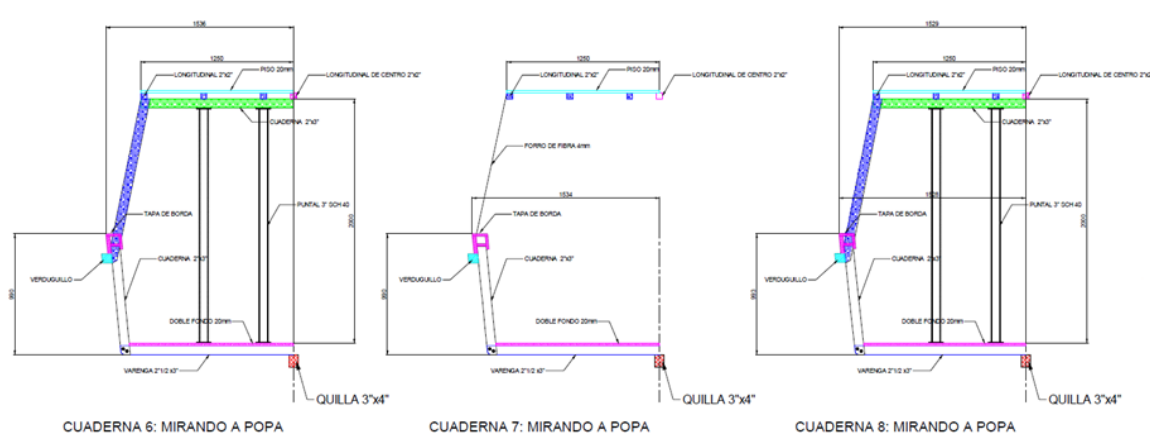
Nota: elaboración propia.

Vista de estructura transversal de Cuadernas 4 al 5 mirando a popa.



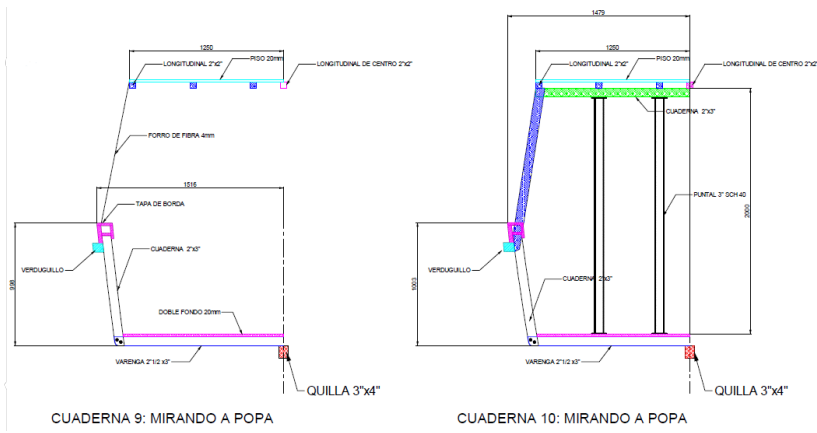
Nota: elaboración propia.

Vista de estructura transversal de Cuadernas 6 al 8 mirando a popa.



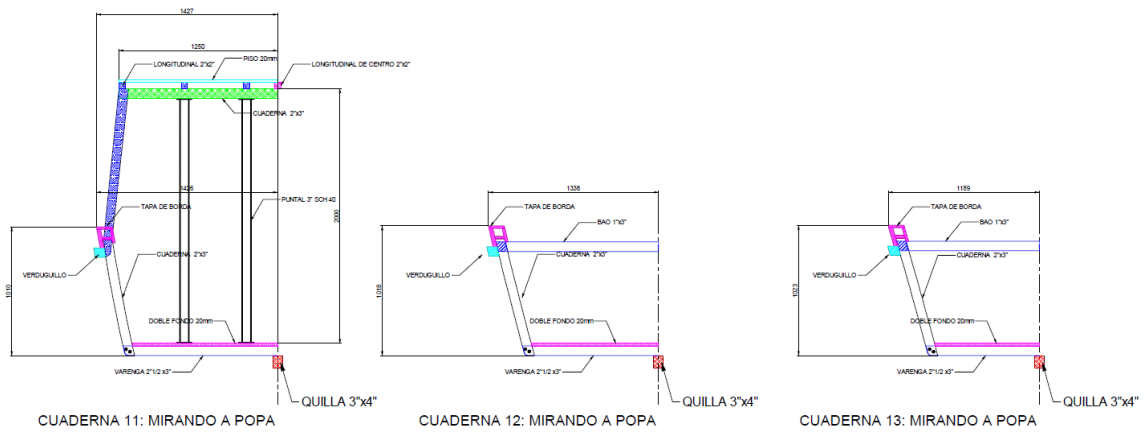
Nota: elaboración propia.

Vista de estructura transversal de Cuadernas 9 al 10 mirando a popa.



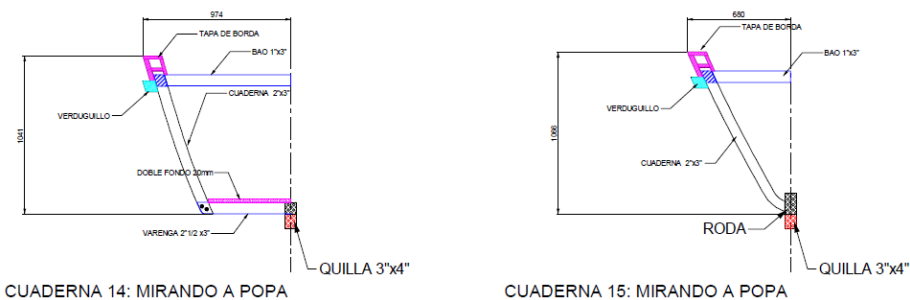
Nota: elaboración propia.

Vista de estructura transversal de Cuadernas 11 al 13 mirando a popa.



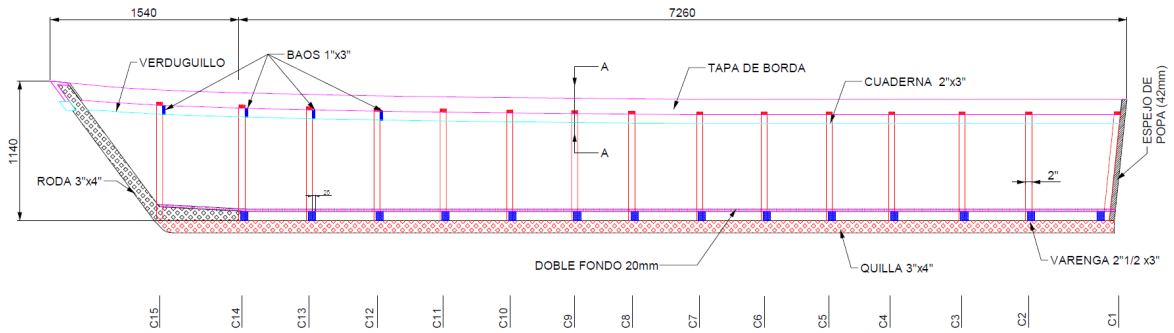
Nota: elaboración propia.

Vista de estructura transversal de Cuadernas 14 al 15 mirando a popa.



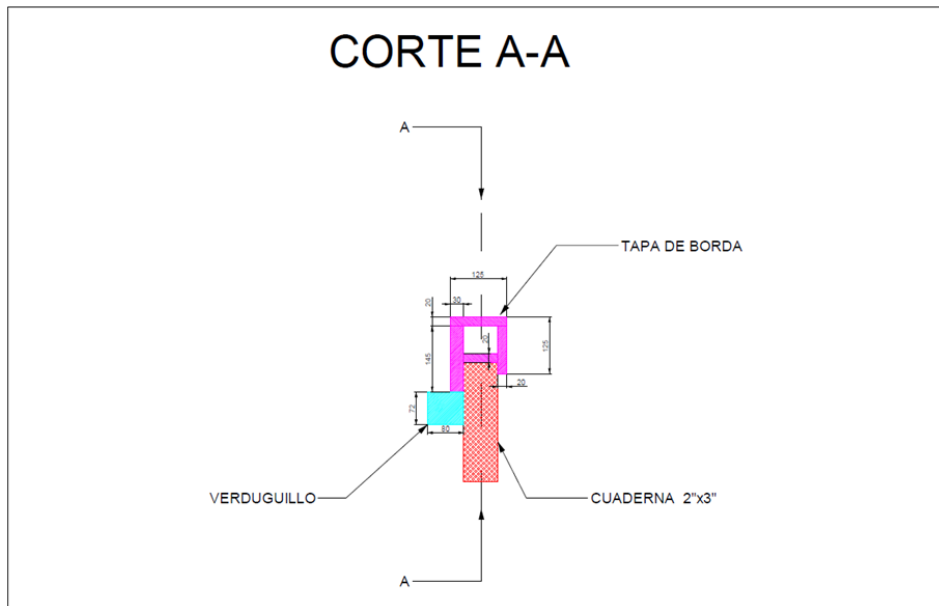
Nota: elaboración propia.

Vista de estructura longitudinal.



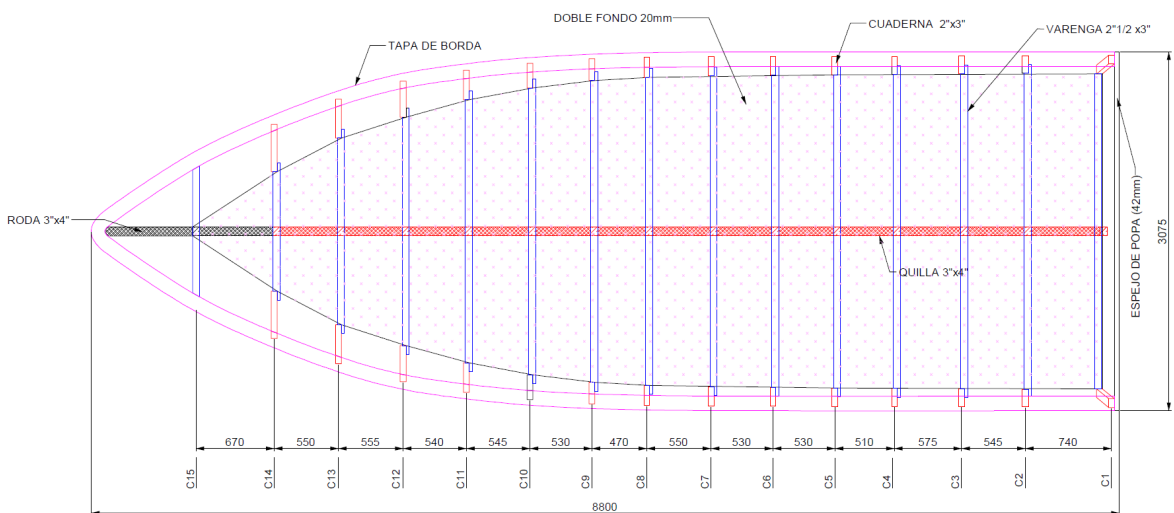
Nota: elaboración propia.

Vista de corte A-A de estructura longitudinal.



Nota: elaboración propia.

Vista de estructura de fondo.



Nota: elaboración propia.