

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



**PROPUESTA DE REDISEÑO DE UNA EMBARCACIÓN DE PESCA  
ARTESANAL PARA MEJORAR SU ESTABILIDAD Y SEGURIDAD EN LA  
MAR**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE:**

**INGENIERO NAVAL**

**AUTOR**

**JORGE GUSTAVO HUARO PACHECO**

**ASESOR**

**MANUEL ARCENIO URCIA LARIOS**

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

**Chiclayo, 2022**

**PROPUESTA DE REDISEÑO DE UNA EMBARCACIÓN DE PESCA  
ARTESANAL PARA MEJORAR SU ESTABILIDAD Y SEGURIDAD  
EN LA MAR**

**PRESENTADA POR:**

**JORGE GUSTAVO HUARO PACHECO**

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

**INGENIERO NAVAL**

**APROBADA POR:**

Alexander Querevalú Morante

**PRESIDENTE**

Lucio Antonio Llontop Mendoza

**SECRETARIO**

Manuel Arcenio Urcia Larios

**VOCAL**

## **DEDICATORIA**

Esta tesis va dedicada a mi madre y mis hermanas, por su apoyo constante e incondicional, por ser mi motor y motivo para superarme día a día para lograr todos mis objetivos trazados.

A mi padre, quien ha sido base para mi formación personal y también facilitándome las herramientas para poder formarme como profesional.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios, por darme las fuerzas e inspiración para terminar este trabajo y estar siempre en los momentos adversos de mi vida.

Agradezco a mis padres, por el amor, trabajo y sacrificio que han hecho a lo largo de estos años por mí, a pesar de todas las adversidades ocurridas.

A mi tía Sara y a mi abuela Isidora, por su confianza depositada en mí, por ser una madre más, y sé que todo esto no sería posible si no es gracias a ellas.

A mis compañeros de carrera, y mi profesor Manuel que estuvieron presentes a lo largo del desarrollo este proyecto, y que su apoyo y respaldo, fueron de mucha ayuda para la realización de este trabajo.

## ÍNDICE

RESUMEN.....	9
ABSTRACT .....	10
I. INTRODUCCIÓN .....	11
II. MARCO TEÓRICO .....	13
2.1 Antecedentes .....	13
2.2 Bases Teórico Científicas.....	14
2.2.1 Embarcación Pesquera: .....	14
2.2.2 Estabilidad de embarcaciones pesqueras.....	15
2.2.3 Fundamentos Teóricos .....	17
III. RESULTADOS .....	40
3.1 Diagnostico de la Embarcación Buenos aires .....	40
3.1.1 Dimensiones .....	40
3.1.2. Formas .....	41
3.1.3 Hidrostática .....	42
3.1.4 Compartimentación .....	43
3.1.5 Estructura .....	44
3.1.6 Resistencia y potencia .....	45
3.1.7 Estimación de pesos .....	46
3.1.8 Condiciones de carga .....	47
3.1.9 Estabilidad.....	51
3.2 Propuesta de rediseño.....	58
3.2.1 Requerimientos.....	58
3.2.2 Dimensiones .....	59
3.2.3 Formas .....	59
3.2.4 Hidrostática .....	60
3.2.5 Francobordo y compartimentación.....	62
3.2.6 Estructuras .....	63
3.2.7 Resistencia y potencia .....	70
3.2.8 Estimación de pesos .....	71
3.2.9 Condiciones de carga .....	74
3.2.10 Estabilidad.....	75
3.2.11 Recomendaciones de seguridad .....	84
3.3 Análisis económico .....	85
IV. CONCLUSIONES .....	91
V. LISTA DE REFERENCIAS .....	93
VI. ANEXOS.....	95

## Lista de tablas

TABLA N° 1. TABLA PARA EL CÁLCULO DE ÁREA CON EL MÉTODO DE SIMPSON .....	20
TABLA N° 2. TABLA PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN CON EL MÉTODO DE SIMPSON	21
TABLA N° 3. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE LAS PIEZAS PRINCIPALES.....	30
TABLA N° 4. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE CUADERNAS Y VARENGAS .....	31
TABLA N° 5. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DEL FORRO EXTERIOR .....	32
TABLA N° 6. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE DURMIENTES Y TRANCANIL .....	33
TABLA N° 7. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE LA ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA .....	34
TABLA N° 8. TABLA PARA LA CORRECCIÓN POR EL AUMENTO DE NUMERAL.....	36
TABLA N° 9. TABLA PARA LA CORRECCIÓN DE ESCANTILLONADO C2 .....	36
TABLA N° 10. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE CURVAS HIDROSTÁTICAS .....	42
TABLA N° 11. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA AL AVANCE DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES .....	46
TABLA N° 12. TABLA DE PESOS PARA EL CALCULO DE PESO ROSCA DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES .....	47
TABLA N° 13. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO .....	48
TABLA N° 14. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN DE CALA.....	49
TABLA N° 15. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE BODEGA COMPLETA.....	49
TABLA N° 16. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE RETORNO A PUERTO.....	50
TABLA N° 17. VALORES HIDROSTÁTICOS EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA.....	51
TABLA N° 18. VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LAS CURVAS CRUZADAS .....	51
TABLA N° 19. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BUQUE LIVIANO .....	53
TABLA N° 20. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO .....	54
TABLA N° 21. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80%.....	55
TABLA N° 22. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100%.....	56
TABLA N° 23. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE REGRESO A PUERTO .....	57
TABLA N° 24. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LAS CONDICIONES DE CARGA ANALIZADAS .....	58
TABLA N° 25. VALORES DE LA FORMA DEL CASCO DEL REDISEÑO A DIFERENTES CALADOS PARA EL TRAZADO DE LAS CURVAS HIDROSTÁTICAS .....	61
TABLA N° 26. VALORES INICIALES PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESCANTILLONADO DEL REDISEÑO .....	64
TABLA N° 27. VALORES DE ESCANTILLONADO PROPUESTOS POR "BUREAU VERITAS" PARA LA PROPUESTA DE REDISEÑO .....	65
TABLA N° 28. TABLA DE VALORES PARA LAS CORRECCIONES IMPUESTAS POR "BUREAU VERITAS" .....	66
TABLA N° 29. VALORES DE ESCANTILLONADO REALIZANDO LAS CORRECCIONES DADAS POR "BUREAU VERITAS" .....	67
TABLA N° 30. VALORES DE ESCANTILLONADO APLICANDO LA CORRECCIÓN POR VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LAS MADERAS .....	69

TABLA N° 31. VALORES DE RESISTENCIA AL AVANCE DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO .....	70
TABLA N° 32. ESTIMACIÓN DE PESOS PARA LA PROPUESTA DE REDISEÑO .....	72
TABLA N° 33. RESULTADO DE LA ESTIMACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL PESO DEL BUQUE ROSCA.....	73
TABLA N° 34. CALCULO DE PESOS PARA EL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO .....	74
TABLA N° 35. CALCULO DE PESOS PARA EL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80%.....	74
TABLA N° 36. CALCULO DE PESOS PARA EL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100%.....	75
TABLA N° 37. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BUQUE LIVIANO .....	76
TABLA N° 38. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BUQUE LIGERO.....	77
TABLA N° 39. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO.....	78
TABLA N° 40. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO.....	79
TABLA N° 41. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80% .....	79
TABLA N° 42. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80% .....	80
TABLA N° 43. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100% .....	81
TABLA N° 44. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100% .....	82
TABLA N° 45. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE RETORNO A PUERTO .....	82
TABLA N° 46. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE REGRESO A PUERTO.....	83
TABLA N° 47. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LAS CONDICIONES DE CARGA ANALIZADAS PARA EL REDISEÑO.....	84
TABLA N° 48. DETALLE DE COMPONENTES PARA EL CÁLCULO DE COSTO DE CONSTRUCCIÓN .....	86
TABLA N° 49. COSTO DE INVERSIÓN APROXIMADO PARA LA REALIZACIÓN DEL REDISEÑO .....	87
TABLA N° 50. RESUMEN DEL COSTO DE INVERSIÓN APROXIMADO PARA EL REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES .....	88
TABLA N° 51. ESTIMACIÓN DE GASTOS FIJOS ANUALES DEL REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES .....	88
TABLA N° 52. ESTIMACIÓN DE GASTOS VARIABLES ANUALES DEL REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES .....	89
TABLA N° 53. INGRESOS ANUALES POR PESCA DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO .....	89
TABLA N° 54. DETERMINACIÓN DEL VAN Y TIR PARA MEDIR LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO .....	90

## Lista de figuras

Figura N° 1. Tipos de estabilidad.....	16
Figura N° 2. División de la pesca.....	16
Figura N° 3. Embarcaciones artesanales y de menor escala. ....	17
Figura N° 4. Espiral del diseño del buque.....	18
Figura N° 5. Distribución de curva para el cálculo de área con el método de Simpson. ....	20
Figura N° 6. Metacentro y radio metacéntrico transversal.....	23
Figura N° 7. Metacentro y radio metacéntrico transversal.....	24
Figura N° 8. Descripción gráfica para el cálculo de la curva GZ. ....	25
Figura N° 9. Descripción gráfica GZ para los criterios de estabilidad. ....	25
Figura N° 10. Movimientos y oscilaciones de una embarcación. ....	27
Figura N° 11. Descripción de las dimensiones solicitadas para el escantillonado.....	29
Figura N° 12. Gráfica para la corrección C1 según el numeral (N) y la eslora. ....	37
Figura N° 13. Detalles registrados en PRODUCE de la embarcación Buenos Aires. ....	40
Figura N° 14. Embarcación Buenos Aires en el puerto de Chimbote.....	41
Figura N° 15. Plano de formas de la embarcación de pesca artesanal Buenos Aires. ....	41
Figura N° 16. Gráfica de curvas hidrostáticas de la embarcación Buenos Aires.....	43
Figura N° 17. Vista longitudinal de la disposición general para la embarcación Buenos Aires. .....	43
Figura N° 18. Motor Volvo Penta D7A TA. ....	45
Figura N° 19. Gráfica de curvas cruzadas de la embarcación Buenos Aires. ....	52
Figura N° 20. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de “Buque liviano”. 53	
Figura N° 21. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de “Salida de puerto”. .....	54
Figura N° 22. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de “Bodega al 80%”. .....	55
Figura N° 23. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de “Bodega al 100%”. .....	56
Figura N° 24. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de “Regreso a puerto”. .....	57
Figura N° 25. Líneas de formas para la propuesta de rediseño.....	60
Figura N° 26. Curvas hidrostáticas de la propuesta de rediseño de 0.3 m a 1.5 m de calado.. 61	
Figura N° 27. Vista horizontal de la disposición general para la propuesta de rediseño. ....	62
Figura N° 28. Modelo de la sección maestra según el escantillonado propuesto. ....	70
Figura N° 29. Modelado de la disposición general para la propuesta de rediseño. ....	73
Figura N° 30. Curva GZ del rediseño en condición de “Buque liviano”. ....	77
Figura N° 31. Curva GZ del rediseño en condición de “Salida de puerto”.....	78
Figura N° 32. Curva GZ del rediseño en condición de “Bodega al 80%”. ....	80
Figura N° 33. Curva GZ del rediseño en condición de “Bodega al 100%”. ....	81
Figura N° 34. Curva GZ del rediseño en condición de “Retorno a puerto”.....	83
Figura N° 35. Sala de máquinas de la embarcación Buenos Aires. ....	95
Figura N° 36. Lazareto de la embarcación Buenos Aires. ....	95
Figura N° 37. Simulación de resistencia al avance de la propuesta de rediseño.....	96
Figura N° 38. Ficha técnica del motor D7A TA. ....	97

## Lista de anexos

Anexo 1. Imágenes del estado actual de la embarcación Buenos Aires. ....	95
Anexo 2. Cálculo del francobordo mínimo.....	96
Anexo 3. Cálculo de la potencia del motor para una velocidad de nueve nudos. ....	96
Anexo 4. Simulación de resistencia al avance del rediseño a 9 nudos.....	96
Anexo 5. Ficha técnica del motor Volvo Penta D7A TA.....	97
Anexo 6. Plano de líneas de formas de la embarcación Buenos Aires. ....	98
Anexo 7. Plano de disposición general de la embarcación Buenos Aires.....	99
Anexo 8. Plano de líneas de formas de la propuesta de rediseño.....	100
Anexo 9. Plano de disposición general de la propuesta de rediseño.....	101
Anexo 10. Plano de elementos estructurales de la sección maestra de la propuesta de rediseño. .....	102
Anexo 11. Plano del sistema de agua dulce del rediseño.....	103
Anexo 12. Plano del sistema de combustible del rediseño. ....	104
Anexo 13. Plano del sistema de achique y contra incendio del rediseño.....	105

## RESUMEN

La embarcación Buenos Aires, dedicada a la pesca artesanal con el sistema red de cerco, para el consumo humano directo no cumple con las exigencias de la ley general de Pesca y fue diseñada sin considerar las normativas técnicas para la estabilidad y seguridad, situando en riesgo a la tripulación a bordo, la embarcación de pesca artesanal “Buenos aires”, se mejorará su estabilidad y seguridad tomando en cuenta las normativas nacionales e internacionales como DICAPI, FAO, y BUREAU VERITAS; reduciendo el riesgo a naufragio de la embarcación o cualquier otro siniestro. Para ello primero se deberá analizar y diagnosticar el estado actual de la embarcación “Buenos aires”; luego de detectadas las causas de los desperfectos en la embarcación procederemos a realizar una propuesta de rediseño con ayuda de un software Naval, obteniendo como resultado una embarcación semi desplazante, a la que se le realizará el análisis de estructuras, pesos y estabilidad respetando las normas y los Registros de Clasificación para embarcaciones pesqueras. Una vez terminado el rediseño se analizará el costo-beneficio de la propuesta de rediseño.

**Palabras clave:** Embarcación de pesca artesanal, estabilidad, seguridad.

## ABSTRACT

The Buenos Aires boat, dedicated to artisanal fishing with the purse seine system, for direct human consumption does not meet the requirements of the general Fishing law and was designed without considering the technical regulations for stability and safety, placing it at risk to the crew on board, the artisanal fishing vessel “Buenos Aires”, its stability and safety will be improved taking into account national and international regulations such as DICAPI, FAO, and BUREAU VERITAS; reducing the risk of shipwreck or any other loss. For this, the current state of the boat “Buenos Aires” must first be analyzed and diagnosed; After detecting the causes of the damage to the boat, we will proceed to make a redesign proposal with the help of Naval software, obtaining as a result a semi-displacing boat, which will carry out the analysis of structures, weights and stability, respecting the rules and the Classification Records for fishing vessels. Once the redesign is complete, the cost-benefit of the redesign proposal will be analyzed.

**Keywords:** Artisanal fishing vessel, stability, security.

## I. INTRODUCCIÓN

La Industria Naval en el Perú presenta dos realidades, la primera es que el Perú tiene un mar que ocupa una zona marítima comprendida por todo su litoral (hacia el este) con una línea imaginaria a 200 millas de distancia (370 km) y 3080 km de costa que abarca más del 40% del territorio peruano [1], donde existe una gran variedad de especies de fauna para explorar y explotar. Sin embargo, no hay un apoyo adecuado para el crecimiento del ámbito naval pesquero, esto se debe al desinterés del estado, la falta de profesionales y la no concientización de la comunidad, por lo que la segunda realidad es la pobreza en el desarrollo de este ámbito [2].

Hoy en día en Perú existen embarcaciones pesqueras industriales y artesanales, donde el 90% de flota pesquera peruana es artesanal y de menor escala. Es también la que más ha crecido en los últimos 20 años. Las embarcaciones artesanales involucran la pesca artesanal, y ésta se da en muchas zonas del litoral, especialmente en lugares llamados caletas [3].

Una de las problemáticas más comunes para este tipo de embarcación es la inestabilidad transversal, por ser de tipo monocasco y debido a la existencia de oleaje anómalo en la bahía de la región. Hay una insuficiente base científica para los criterios de estabilidad en embarcaciones pesqueras de menor escala, por ello, se dan los casos donde estas zozobraron por problemas de inundación, agua en cubierta, carga inadecuada, etc. son datos que se observan a través de la realidad, y que se fundamenta con una data y cronología de accidentes reportado por la prensa. Otro factor de esta problemática es el material con el que están construidas, la madera como único material de construcción Naval a nivel regional presenta inconvenientes ya que sufre obstrucciones en la madera a causa de un molusco llamado Broma. La filtración de agua en el interior del casco y la mala manipulación de la pesca intervienen en el desgaste de este material que posteriormente afecta su infraestructura modificando forma y diseño. [4] Por lo que este tipo de embarcaciones deben estar construidas con ayuda de las directrices internacionales para la construcción de embarcaciones de este material, y según los parámetros dimensionales a los que están propuestos.

Otra problemática viene a ser la inseguridad, según la FAO la pesca marina es probablemente la ocupación más peligrosa en el mundo. Más de 32000 pescadores mueren cada año. Lo que

nos lleva a deducir que es necesario y urgente que las embarcaciones de pesca tengan las medidas de seguridad adecuadas para su correcto funcionamiento. Por este motivo la FAO instó a los países latinoamericanos a regular la pesca artesanal y asegurar la protección social de las personas que se dedican a esta actividad [5].

En el Perú existen normativas en el sector pesquero, la ley general de pesca, la cual se encarga de la regulación de la capacidad de carga de una embarcación según la clasificación de esta y su eslora; pero estas deben estar complementadas por las normativas internacionales, que para las embarcaciones pesqueras abarca el dimensionamiento estructural, criterios de estabilidad y resistencia al avance, todo esto para un seguro y correcto funcionamiento de estas embarcaciones. Aun contando con solo estas pocas restricciones de la ley general de pesca, en el Perú, la mayoría de embarcaciones no cumplen ni con los parámetros de la ley general de pesca, y menos con las directrices internacionales, poniendo en riesgo la integridad de la embarcación y sobre todo de las personas a bordo; siendo esta una realidad triste y palpable [6].

La embarcación Buenos Aires, que opera en la región norte del Perú, a primera vista no cumple con ninguno de los parámetros establecidos por las normas nacionales e internacionales, siendo esto una causal de la pérdida del certificado de pesca del capitán como el desmantelamiento total de la nave, entonces se planteará una propuesta de rediseño para la embarcación, buscando calzar dentro de las normas para las embarcaciones de pesca artesanal, además de mejorar su estabilidad, y de esta manera reducir el riesgo a naufragio de la embarcación o cualquier otro siniestro; mejorando la seguridad de la embarcación y de los tripulantes. Para ello se deberá analizar y diagnosticar el estado actual de la embarcación Buenos Aires; una vez teniendo una visión más detallada de la nave, se procederá a realizar una propuesta de rediseño de la embarcación, tomando en consideración la normativa para este tipo de embarcaciones; una vez terminado el rediseño se analizará el costo-beneficio de la propuesta de rediseño.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

El pescado es uno de los productos alimenticios más comercializados en el mundo, pero este comercio no beneficia realmente a los países en desarrollo donde se encuentran los pequeños operadores pescadores. Las capacidades de los pescadores en pequeña escala para competir con los operadores más grandes en el mercado global son bajas. El portal la República transmitió la preocupación de los miembros del Sindicato de Pescadores; las embarcaciones industriales están ocasionando un daño, crea escasez de pescado y atenta contra la economía del pescador artesanal [7]. La solución al problema de la pobreza es hacer que las pesquerías en pequeña escala sean más económicamente eficientes.

El sector pesca constituye una pieza importante en la economía del país; pues esta genera empleos a más de cuarenta mil personas, teniendo la parte norte del país el 45% de los pescadores artesanales; además de su contribución en la seguridad alimentaria y la participación en el comercio con el exterior. Pero lamentablemente existe en este sector una alta tasa de informalidad, impidiendo el desarrollo de este, que por no cumplir con las medidas de seguridad mínimas, tanto estructurales como sanitarias, siendo un factor de riesgo para los consumidores, atentando contra su salud, y para los mismos trabajadores, arriesgando su integridad física, le genera muchas limitaciones, como la incapacidad de acceder a préstamos bancarios, y también muy importante a su desarrollo económico, pues también afecta a su competitividad con otros astilleros industriales, llegando estos a un muy superior nivel de comercio internacional. Es por ello que se precisa un plan del estado para la mejora de este sector, y también de los mismos patrones de las embarcaciones a someterse a una capacitación de la industria y mejorar el rendimiento de sus lanchas, con equipos y los parámetros de seguridad necesarios, dándoles una mejor presentación, abriendo más su ventana en el comercio nacional e internacional [8].

Los problemas de estabilidad en embarcaciones pesqueras pequeñas es una problemática actual y a nivel internacional, pues aún en países bastante desarrollados ocurren accidentes; y esto es debido a la no aplicación de las directrices de estabilidad recomendadas por algunas organizaciones no gubernamentales; tal es el caso de un estudio en Serbia de dos embarcaciones pesqueras pequeñas que sufrieron un accidente debido a la pérdida de estabilidad por oleajes fuertes, en donde se determinó que la causa de este siniestro fue el no cumplimiento con los criterios de estabilidad y francobordo en las naves [9].

En el paper “Determinación de la estabilidad de una pequeña embarcación pesquera de madera de diseño predominante en la zona norte del litoral peruano” se realiza un análisis de

estabilidad de una embarcación de pesca artesanal ubicada en el departamento de Piura, en esta nos habla de la problemática que tienen estas embarcaciones en cuanto a su estabilidad, pues poseen modelos muy similares [10].

El Ministerio de la Producción (PRODUCE) autorizó la implementación del programa piloto para el fortalecimiento de la pesca artesanal en Lambayeque, que permitirá formalizar embarcaciones pesqueras mayores a 6.48 toneladas de arqueo bruto. PRODUCE señaló la alta informalidad que existe en el sector, también señaló que, a través de la asociatividad, se puede lograr una representación mayoritaria del pescador y estandarizar ante los compradores los precios de sus productos pesqueros [11].

La toma de precauciones para la seguridad de los pescadores artesanales es de mucha importancia, pues por ser un grupo minoritario y por tanto no influyente, en prácticamente todos los países sudamericanos, son marginados por estos; existe evidencia internacional que nos dice que la pesca artesanal es una de los oficios más peligrosos que existe, debido a las actividades que se realizan; por lo que aumenta aún más el tomar importancia a seguridad en este tipo de embarcaciones [12].

La pesca ha sido una actividad con ningún tipo de regulación por muchos años, no existía ninguna medida tanto por asociaciones internacionales, como por los mismos países, pero ya con la aparición de estas, como la FAO, OMI, entre otras, se inició un proceso de formalización a nivel mundial, y si bien la mayoría de embarcaciones cumple con estos parámetros a nivel mundial, aún hay propietarios que las omiten completamente [13].

## 2.2 Bases Teórico Científicas

### 2.2.1 Embarcación Pesquera:

Embarcación se define como toda estructura que flota, con o sin propulsión propia, y es destinado con fines comercial, militar, científico y otras actividades auxiliares, así como deportivas. Esta estructura tiene una forma apropiada que facilita cumplir su función. A tal estructura se le conoce como casco. Sobre esta se construye compartimientos o ambientes llamados superestructura. Parte del casco está sumergido, constituyendo la obra viva o carena, y el resto está por encima de la superficie del agua, llamándose obra muerta [14] [15] [16].

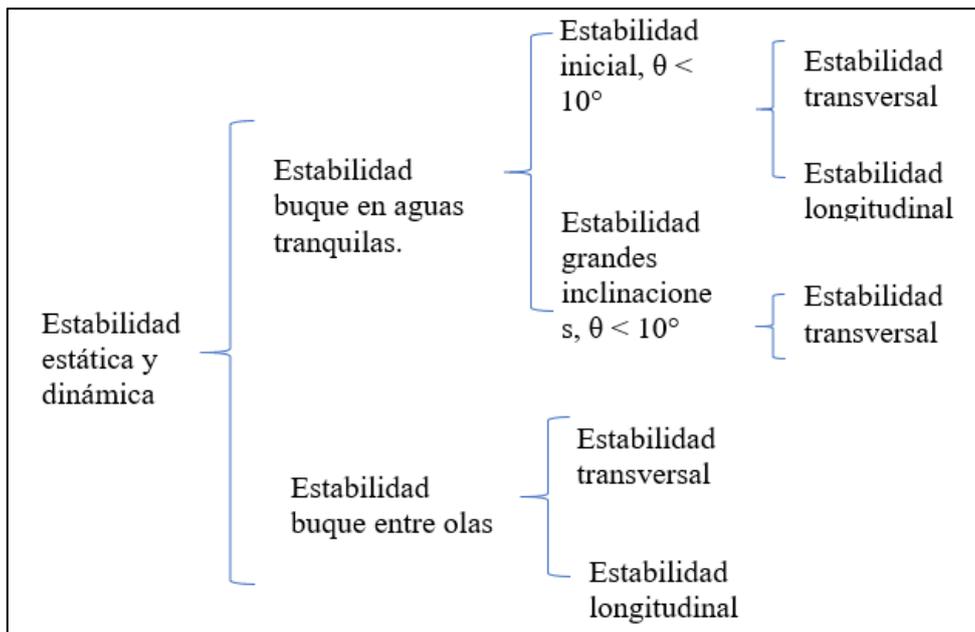
Una embarcación pesquera es un barco especializado, que está destinado a realizar ciertas tareas definidas para esta actividad, pesca. Su tamaño, diseño de la cubierta, capacidad de carga, alojamiento, maquinaria y equipo están relacionados con su función en la realización de sus

operaciones planificadas. Los factores que influyen en el diseño de un barco pesquero pueden agruparse en los siguientes encabezados [17]:

- Los recursos disponibles.
- Artes y métodos de pesca.
- Características geográficas de la zona de pesca.
- Navegabilidad de la seguridad del buque y la tripulación.
- Leyes y reglamentos aplicables al diseño de buques pesqueros.
- Elección del material de construcción.
- Manipulación y estiba de la captura.
- Economía.

### 2.2.2 Estabilidad de embarcaciones pesqueras

Estabilidad es la propiedad que tiene un buque de recobrar su posición de equilibrio inicial, cuando circunstancias exteriores como el viento y el mar, lo sacan de ella. Estabilidad estática, estudia las condiciones de equilibrio de un buque, como resultante de los pares de fuerzas a que está sometido. Estabilidad dinámica, estudia las condiciones de equilibrio de un buque, como resultante de los trabajos efectuados por los pares de fuerza a que está sometido. Ambos tipos de estabilidad los podemos clasificar [18]:

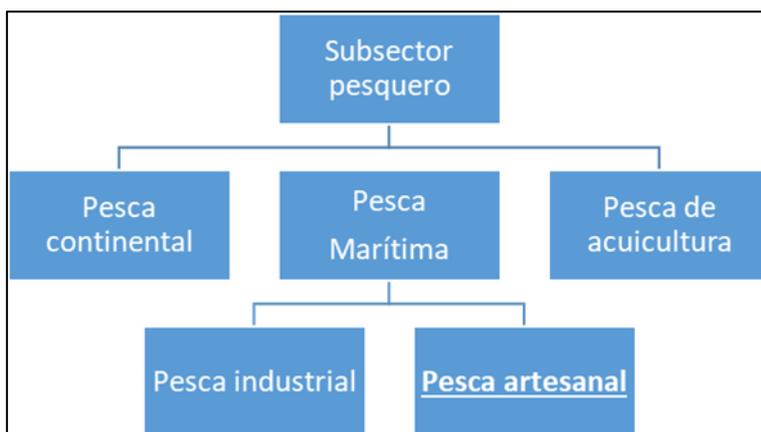


**Figura N° 1. Tipos de estabilidad.**

Fuente: Teoría del Buque; Flotabilidad y estabilidad, problemas

Elaboración: Olivella Puig, J.

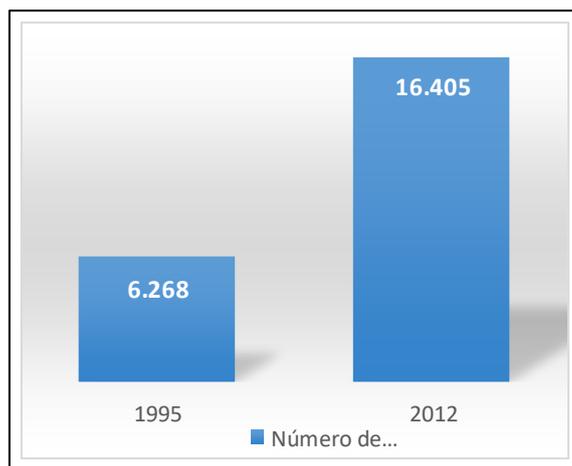
Las embarcaciones menores se clasifican según su destino en embarcaciones para los paseos cortos, para deportivo y sus sub grupos y, para el turismo prolongado. A su vez la segunda se subdivide en Navegación Familiar, remolque de esquí acuático, para la pesca, etc.



**Figura N° 2. División de la pesca.**

Fuente: PRODUCE

Elaboración: Propia



**Figura N° 3. Embarcaciones artesanales y de menor escala.**

Fuente: SNP

Elaboración: Propia

### 2.2.3 Fundamentos Teóricos

#### 2.2.3.1 Registros y clasificación

Las Sociedades de Clasificación son organizaciones no gubernamentales, cuyo objetivo es el promover la seguridad de la vida humana, protección del medio ambiente marino y un estándar de calidad óptimo para las embarcaciones, esto mediante el desarrollo y verificación de estándares para el diseño, construcción y mantenimiento de buques y plataformas offshore. Estos también poseen recomendaciones y criterios para el dimensionamiento de las estructuras. Entre las normas internacionales que existen está el Det Norske Veritas (DNV GL), Registro Italiano Navale (RINA) y el Bureau Veritas; que son utilizados para el escantillonado de la embarcación [19] [20] [21].

Es recomendable que las embarcaciones pesqueras pequeñas, como las artesanales, se proyecten, construyan y operen de forma que cumplan los criterios mínimos de estabilidad establecidos por las directrices FAO/OIT/OMI. Respecto a la seguridad se empleará códigos internacionales como MARPOL; SOLAS; etc. [22].

En el Perú en lo que respecta a embarcaciones pesqueras según la ley general de pesca (1992) y su reglamento (Decreto Supremo N°12-2001-PE) las embarcaciones pesqueras se dividen en embarcaciones de pesca artesanal y embarcaciones de pesca industrial; y establece que las embarcaciones artesanales son aquellas que su eslora no excede los 15 metros y posee una capacidad de bodega de hasta 32.6 m<sup>3</sup> (30 t), autorizadas para pescar hasta las 5 millas náuticas [6].

### 2.2.3.2 Evolución del proyecto

Para el proceso de diseño del buque, presentamos la espiral de diseño. La espiral describe el proceso como una secuencia de disciplinas específicas de diseño, tanto de síntesis (por ejemplo, la geometría del casco, disposición) como de analítica (por ejemplo, estabilidad, comportamiento en la mar), con el objeto de alcanzar un diseño equilibrado que cumpla los requerimientos. La espiral ilustra muy bien importantes características del proceso de diseño, como la interactividad y la elaboración progresiva del diseño. Sin embargo, la espiral representa el proceso a un nivel macroscópico. Algunas de esas disciplinas incorporan cientos de actividades; el comportamiento en la mar es un buen ejemplo de ello [23].



**Figura N° 4. Espiral del diseño del buque.**

Fuente: Blog Arquitectura del buque

Elaboración: Blog Arquitectura del buque

### 2.2.3.3 Cálculo de áreas y volúmenes

Superficies de Flotación,  $S_F$ ,  $S$

Curva de las áreas de flotaciones calculada por la fórmula

$$S = 2 \int_{-E/2}^{+E/2} y \cdot dx \quad (1)$$

$S$  área de flotación

$E$  eslora

y semimangas

Superficie de la cuaderna maestra

Curva de las áreas de la cuaderna maestra calculada hasta los diferentes calados,

$$S_{\phi} = 2 \int_0^z y. dz \quad (2)$$

$S_{\phi}$  área de la cuaderna maestra

$z$  calado

$y$  semimangas

Volumen sumergido,  $\nabla$

Es el volumen limitado por el casco y por la superficie de flotación. Su cálculo se puede realizar a partir de las flotaciones o a partir de las áreas de las secciones transversales. En el primer caso y supuesto el buque dividido verticalmente desde la quilla hasta su calado cualquiera en una serie de flotaciones equidistantes. En el segundo caso si el buque está dividido por secciones transversales, paralelas entre sí, distanciadas un intervalo común y hasta un calado determinado [14].

$$\nabla = \int_0^z S. dz \quad y \quad \nabla = \int_{-E/2}^{+E/2} w. dx \quad (3)$$

Siendo:

$\nabla$  *volumen sumergido*

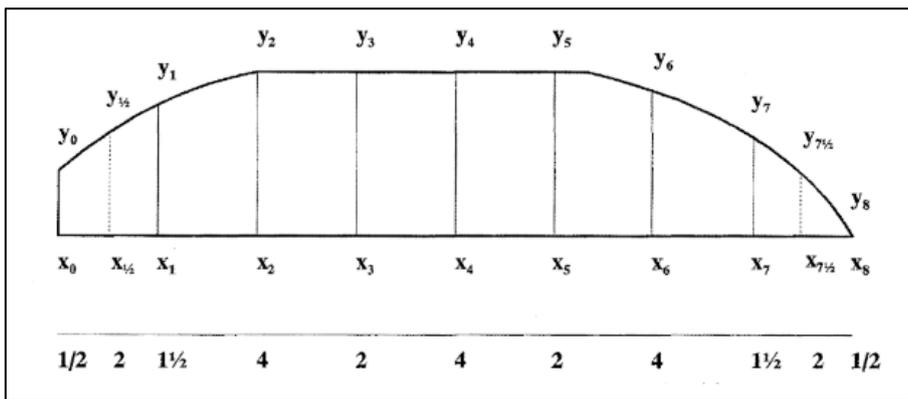
$z$  *calado*

$E$  *eslora*

$S$  *áreas de las flotaciones*

$w$  *áreas de las secciones transversales*

Método de Simpson



**Figura N° 5. Distribución de curva para el cálculo de área con el método de Simpson.**

Fuente: Teoría del buque flotabilidad y estabilidad

Elaboración: Joan Olivella Puig

Con este método calculamos la superficie  $x_0 y_0 x_n y_n$ , suponiendo que los trozos de curva  $y_0 y_{1/2} y_1 y_2 \dots y_{n-1} y_n$ , son parabólicos. Necesitaremos un número impar de ordenadas para tener un número par de partes, para poder aplicar la aproximación de este método [15].

El cuadro esquemático para la primera regla de Simpson del área de una superficie:

**TABLA N° 1. TABLA PARA EL CÁLCULO DE ÁREA CON EL MÉTODO DE SIMPSON**

Número semimanga	Valor semimanga	Factor	Función Área
0	$y_0$	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2} y_0$
$\frac{1}{2}$	$y_{1/2}$	2	$2 y_{1/2}$
1	$y_1$	$1 \frac{1}{2}$	$1 \frac{1}{2} y_1$
2	$y_2$	4	$4 y_2$
3	$y_3$	2	$2 y_3$
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
n-1	$y_{n-1}$	4	$4 y_{n-1}$
n	$y_n$	1	$1 y_n$
			$\Sigma S$

Fuente: Teoría del buque flotabilidad y estabilidad

Elaboración: Joan Olivella Puig

$$S = 2 \frac{\alpha}{3} \sum s \quad (4)$$

Donde  $\alpha$  es la separación entre el valor de las semi mangas o entre líneas de flotación.

**TABLA N° 2. TABLA PARA EL CÁLCULO DE VOLUMEN CON EL MÉTODO DE SIMPSON**

Número de sección	Valor semimanga	Factor	Función Área
0	A0	½	½ A0
½	A ½	2	2 A ½
1	A1	1 ½	1 A1
2	A2	4	4 A2
3	A3	2	2 A3
.	.	.	.
.	.	.	.
n-1	A <sub>n-1</sub>	4	4 A <sub>n-1</sub>
n	A <sub>n</sub>	1	1 A <sub>n</sub>
			Σs

Fuente: Teoría del buque flotabilidad y estabilidad

Elaboración: Joan Olivella Puig

$$V = 2 \frac{\alpha}{3} \sum s \quad (5)$$

Donde  $\alpha$  es la separación entre el valor de las semi mangas o entre líneas de flotación.

Posición longitudinal del centro de carena respecto a la sección maestra (LCB) y centro de carena sobre la quilla (KB)

$$LCB = \frac{\alpha \cdot \sum m}{\sum \nabla} ; \quad KB = \frac{\beta \cdot \sum m}{\sum \nabla} \quad (6)$$

Donde  $\sum m$  es la sumatoria de momentos dados por la función volumen por el brazo respecto a la sección maestra;  $\alpha$  es la separación entre las áreas de las secciones y  $\beta$  es la separación entre las áreas de los planos de flotación.

### 2.2.3.4 Flotabilidad y coeficientes de afinamiento

#### a) Reserva de flotabilidad y coeficiente de flotabilidad

Para que un buque tenga flotabilidad, su peso deberá ser menor que el volumen de agua desalojado por él, para que cuando se haga el equilibrio en sentido vertical, parte del mismo emerja por el principio de Arquímedes. Se le da el nombre de coeficiente de flotabilidad, a la relación entre el volumen de la obra muerta estanca o reserva de flotabilidad, y el volumen de la obra viva o carena [16].

$$K_f = \frac{\nabla_m}{\nabla} \quad (7)$$

$K_f$       *coeficiente de flotabilidad*

$\nabla_m$      *volumen de la obra muerta o estanca*

$\nabla$         *volumen de la obra viva o carena*

#### b) Coeficientes de afinamiento: [15]

Coeficiente de afinamiento cúbico o de bloque (Cb):

$$Cb = \frac{\nabla}{L*B*T} \quad (8)$$

Coeficiente de afinamiento de la cuaderna maestra (Cm):

$$Cm = \frac{A_m}{B*T} \quad (9)$$

Coeficiente de afinamiento cilíndrico o prismático (Cp):

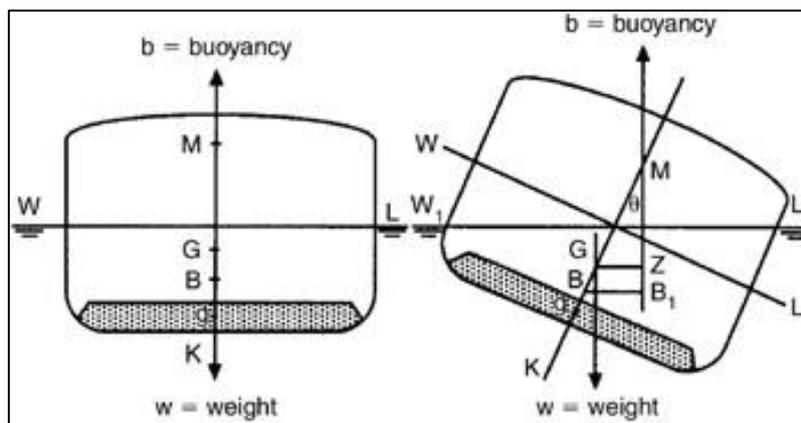
$$Cp = \frac{\nabla}{A_m*L} \quad (10)$$

### 2.2.3.5 Estabilidad de la embarcación

La estabilidad es la capacidad de la embarcación de volver a su posición de equilibrio después de ser perturbado por la acción de fuerzas externas (olas, viento, etc.) [24].

#### Metacentro Transversal

Partiendo de una situación de equilibrio, al producirse una escora infinitesimal, trazando las fuerzas de empuje vertical que pasan por los centros de carena inicial y final, estas se cortaran en un punto denominado metacentro. Si la situación de equilibrio inicial corresponde al buque adrizado, la línea de empuje para la condición coincidirá con la línea central, y el metacentro situado sobre ella, recibe el nombre de metacentro transversal inicial, M [24].



**Figura N° 6. Metacentro y radio metacéntrico transversal.**

Fuente: Ship Stability

Elaboración: D. R. Derrett

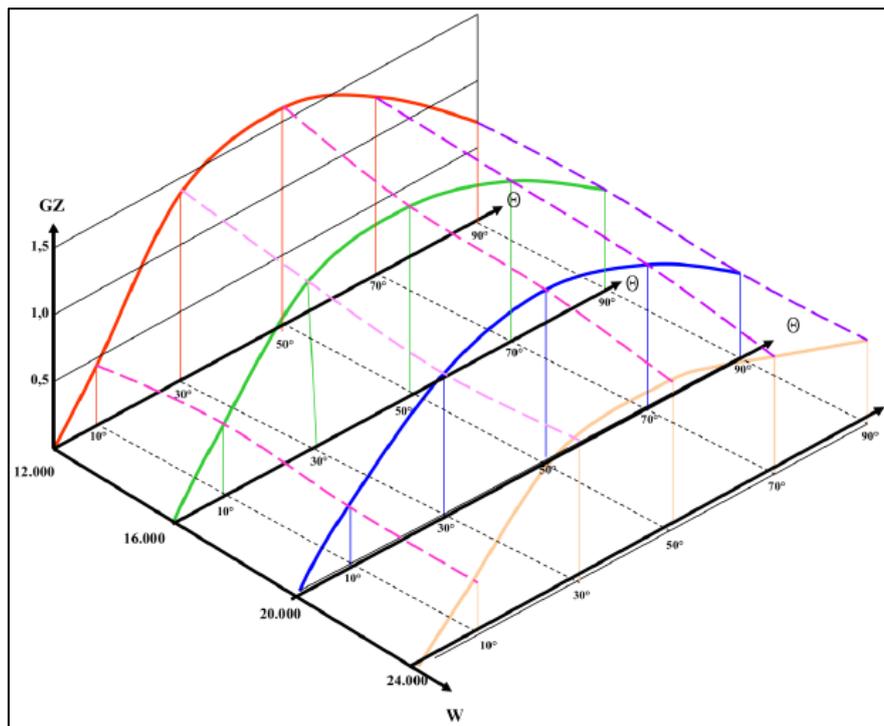
### Curvas cruzadas

La ubicación o la altura del centro de gravedad 'G', determinará el valor del brazo de adrizamiento GZ, pues cuando el centro de gravedad sea un valor alto, el valor de GZ disminuirá; del mismo modo, cuando el valor del centro de gravedad es bajo, el valor de adrizamiento será mayor. También hay que reconocer que, si el valor del volumen sumergido varía, la altura metacéntrica también cambiara, porque el valor de 'BM', se calcula dividiendo el momento de inercia del área del plano de flotación, sobre el volumen sumergido. Si la medida o la altura metacéntrica varía, esta influirá también en el valor del brazo de adrizamiento GZ, por tanto, el valor de GZ estará indirectamente relacionado con el valor del volumen sumergido, y por el desplazamiento 'W'. Además, el valor del brazo de adrizamiento variará con los distintos ángulos de escora a la que será sometida la embarcación, esto debido a que a los diferentes ángulos de escora, el centro del volumen sumergido o de boyantes 'B' modificará su posición, generando diferentes distancias entre la línea de acción del desplazamiento y la fuerza del empuje, siendo esta distancia el GZ; entonces podemos determinar también que el valor de GZ dependerá del ángulo de escora [25].

Entonces, la magnitud de GZ depende de las siguientes variables:

- Angulo de Escora
- Desplazamiento
- Altura del Centro de Gravedad

Las curvas cruzadas es una gráfica tridimensional, en la cual se podrá visualizar el valor de los brazos de adrizamiento GZ (o KN) para los diferentes valores del desplazamiento y de los ángulos de escora a los que estará sometido la nave.



**Figura N° 7. Metacentro y radio metacéntrico transversal.**

Fuente: "Curvas Hidrostáticas"

Elaboración: Ing. Guerrero, Boris

#### Corrección de curva:

Con la obtención de las curvas cruzadas, se podrá obtener el valor del brazo de adrizamiento KN, pero el brazo de adrizamiento necesario para la determinación de la estabilidad es el GZ. Pero GZ es igual a RN. Entonces, para llegar a determinar este brazo de adrizamiento GZ debemos 'restarle' KR. Como  $KR = KG \sin \theta$ , tendremos que la corrección del brazo de adrizamiento se reduce a [25]:

$$GZ = KN - KG \sin \theta \quad (11)$$

La solución gráfica se muestra en el gráfico incluido a continuación, en que:

La curva azul es la función de KN, obtenida por las curvas cruzadas.

La curva rosa es la corrección  $KGo \sin \theta$

La curva verde es la función de GoZ, o sea la curva azul 'menos' la curva rosa ( $GoZ = KN - KGo \sin \theta$ ), por tanto, la Curva de Estabilidad Estática Final. Recordamos que el subíndice 'cero' indica que se ha corregido el efecto de superficies libres, como veremos posteriormente [25].

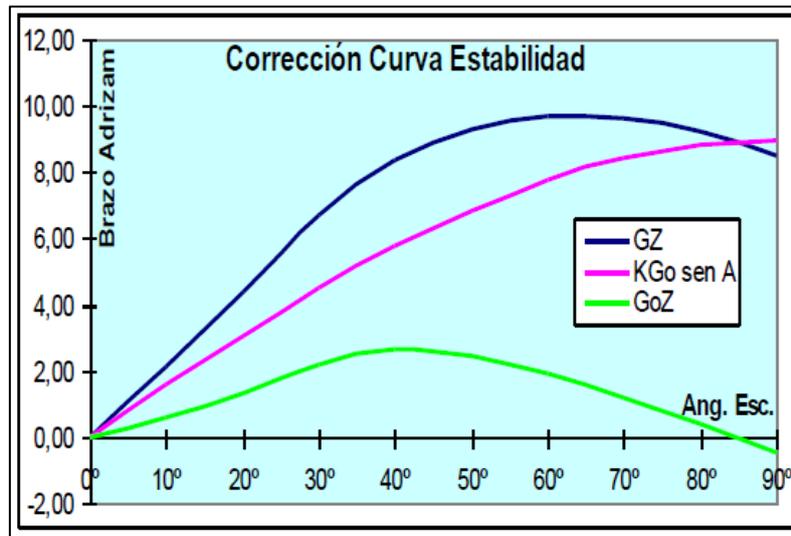


Figura N° 8. Descripción gráfica para el cálculo de la curva GZ.

Fuente: "Curvas Hidrostáticas"

Elaboración: Ing. Guerrero, Boris

#### Criterios de estabilidad:

Es recomendable que las embarcaciones pesqueras se proyecten, construyan y operen, cumpliendo con los criterios mínimos de estabilidad, siendo estos establecidos por los organismos internacionales que velan por la seguridad de la nave y tripulantes. Los criterios de estabilidad que recomienda la FAO son los siguientes [22].

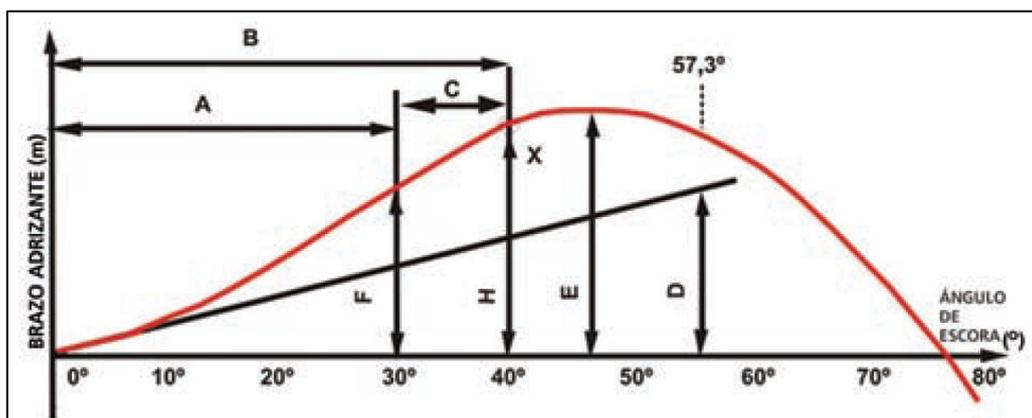


Figura N° 9. Descripción gráfica GZ para los criterios de estabilidad.

Fuente: "Prácticas de seguridad relativas a la estabilidad de buques pesqueros pequeños"

Elaboración: Ari Gudmundsson

A: El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no será inferior a 0.055 m.rad hasta un ángulo de escora de 30°.

B: El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ) no será inferior a 0.090 m.rad hasta un ángulo de escora de  $X^\circ$ .

C: El área bajo la curva de brazos adrizantes (curva GZ), entre los ángulos de escora de  $30^\circ$  y  $X^\circ$ , no será inferior a 0,030 m.rad.

X:  $40^\circ$  o el ángulo de inundación  $\theta_f$ , si éste es inferior a  $40^\circ$ .  $\theta_f$  es el ángulo de escora en el que las aberturas del casco, superestructuras o casetas, que no se puedan cerrar rápidamente de modo estanco, comienzan a quedar inmersas.

D: En los buques de una cubierta, la altura metacéntrica inicial  $GM_0$  no será inferior a 350 mm. En los buques con superestructura completa, se podrá reducir la altura metacéntrica con arreglo a criterios que la autoridad competente juzgue satisfactorios, pero nunca será inferior a 150 mm.

E: El brazo adrizante máximo,  $GZ_{max}$ , deberá darse a un ángulo de escora preferiblemente superior a  $30^\circ$ , pero nunca inferior a  $25^\circ$ .

F: El brazo adrizante GZ deberá ser de 200 mm como mínimo para un ángulo de escora igual o superior a  $30^\circ$ . El brazo adrizante GZ podrá reducirse con arreglo a criterios que la autoridad competente juzgue satisfactorios, pero en ningún caso en más de  $2(24 L) \%$ , siendo «L» la eslora del buque como se define en las Directrices FAO/OIT/OMI de aplicación voluntaria para el proyecto, la construcción y el equipo de buques pesqueros pequeños (2005) [22].

### 2.2.3.6 Cálculos Hidrostáticos

#### Condiciones de equilibrio de los buques

Las fuerzas de la gravedad y de la presión del agua que actúan sobre el buque se reducen a dos resultantes, el desplazamiento, D, aplicado en el centro de gravedad de pesos, G, y el empuje, E, aplicado en el centro de empuje, de carena, C, o de gravedad del volumen sumergido. Las dos condiciones fundamentales de equilibrio de un buque son [14]:

- a) Desplazamiento igual a empuje,

$$D = \nabla \cdot d \quad (12)$$

- b) Centro de gravedad y centro de carena en el mismo vertical, que, para el buque en la condición de asiento, es decir, aguas iguales, será

$$x_G = x_C$$

Y para el buque en condición de adrizado, esto es, escora cero, se establece

$$y_G = y_C = 0$$

Aunque desde la perspectiva teórica no existe ninguna condición en cuanto a las posiciones relativas verticales entre el centro de gravedad y el centro de carena,  $z_G$  y  $z_C$ , el buque tendría asegurado un equilibrio estable si G estuviera por debajo de C, lo cual no suele darse en los buques mercantes de formas normales [14].

Siendo:

$D$  desplazamiento

$\nabla$  volumen sumergido

$\gamma$  densidad de agua

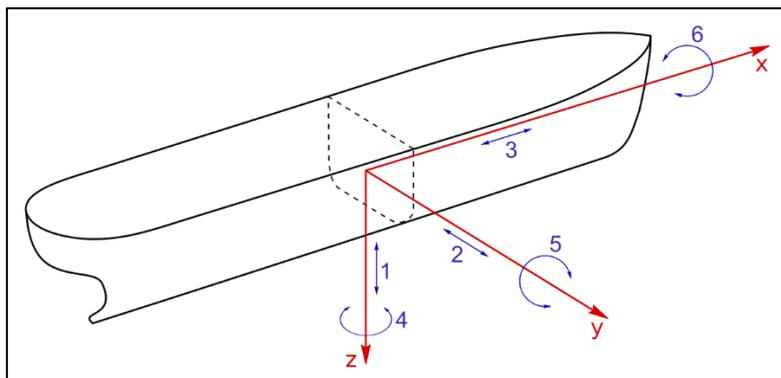
$G$  centro de gravedad

$C$  centro de carena

$x_G, x_C$  brazo longitudinal desde la cuaderna maestra

$y_G, y_C$  brazo transversal desde la línea central

$z_G, z_C$  brazo vertical desde la línea base



**Figura N° 10. Movimientos y oscilaciones de una embarcación.**

Fuente: Colaboradores Wikipedia

Elaboración: Colaboradores Wikipedia

### 2.2.3.7 Pesos y desplazamientos

El peso total del buque se divide en dos componentes, el peso muerto y el peso en rosca.

$$W_{TOTAL} = W_{rosca} + W_{muerto} \quad (13)$$

El peso en rosca  $W_{rosca}$  es el peso del buque tal como lo entrega el astillero al final de la construcción, sin tripulación, ni carga consumible (víveres, combustible, agua, lastre, etc.). Se subdivide teniendo en cuenta las siguientes categorías.

$$W_{rosca} = W_{Est} + W_{Eqp} + W_{Maq} \quad (14)$$

Donde:

$W_{Est}$ : Es el peso de estructuras

$W_{Eqp}$ : Es el peso de equipamiento

$W_{Maq}$ : Es el peso de maquinaria

Y el  $W_{muerto}$  es el peso determinado por la mano de obra y bienes para el funcionamiento de la nave, esta se puede dividir entre tripulación y carga consumible.

$$W_{muerto} = W_{Pers} + W_{comb} + W_{Liq} + W_{pro} \quad (15)$$

Donde:

$W_{Pers}$ : Es el peso de personal

$W_{Comb}$ : Es el peso del combustible

$W_{Liq}$ : Es el peso de líquidos

$W_{prov}$ : Es el peso de provisiones.

#### 2.2.3.8 Escantillonado de la embarcación pesquera

El escantillonado para toda embarcación se realizada guiada por un registro naval, tomando en cuenta los requisitos necesarios para aplicar esa norma, ya siendo el material o las dimensiones de la nave. Para las embarcaciones de madera existe el reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera de la clasificadora Bureau Veritas publicada en el año 1963; en el cual describe el dimensionamiento de los elementos estructurales de una embarcación de madera hecha con roble de  $700 \text{ Kg/m}^3$  y con un 15% de humedad; aplicando las respectivas correcciones por el material y la forma de la nave que se desea construir [21].

#### Definiciones

Para el cálculo del escantillonado de la nave nos señala que se debe realizar un cálculo previo para indicar las dimensiones y relaciones a ubicar en las diferentes tablas.

- L: Eslora de reglamento en metros, que corresponde a una aproximación de la eslora de flotación, equivalente a la reducción del 12,5% de la eslora de diseño.

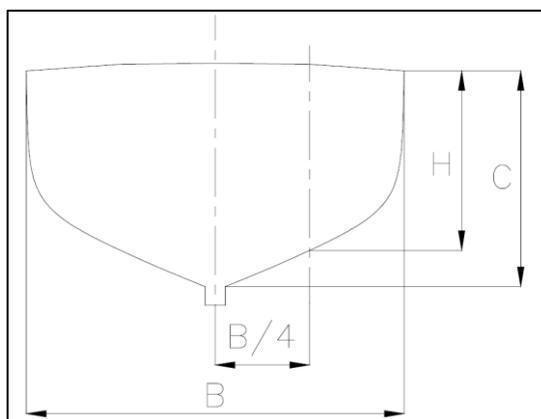
$$L = 0.875 \times L_{OA} \quad (16)$$

Donde:

$L_{OA}$ : Eslora de diseño en metros medida fuera por fuera.

- B: Manga de reglamento en metros, cuyo valor es el de la manga máxima de la nave.
- C: Puntal de reglamento en metros, correspondiendo entre el alferiz y la parte superior del bao al costado del buque.
- H: Puntal de reglamento en metros, es la altura del puntal medida a una distancia de  $B/4$  desde la línea de crujía (Siendo B la manga).
- N: Numeral de reglamento, correspondiente al producto de la eslora, manga y puntal de reglamento.

$$N = L \times B \times C \quad (17)$$



**Figura N° 11. Descripción de las dimensiones solicitadas para el escantillado.**

Fuente: “Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera”

Elaboración: “Bureau Veritas”

Piezas principales**TABLA N° 3. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE LAS PIEZAS PRINCIPALES**

N	Quilla		Sobrequilla		Sección total cm <sup>2</sup>	Roda - Codaste	
	Ancho cm.	Altura cm.	Ancho cm.	Altura cm.		Ancho cm.	Altura cm.
60 a 66	14	17	14	13,5	425	14	21
66 a 73	14	18	14	14	445	14	21
73 a 80	14	19	14,5	14	470	14	21
80 a 88	15	19	15	14	495	15	22,5
88 a 97	15	20	16	14	520	15	22,5
97 a 106	16	20	16	14,5	550	16	24
106 a 116	16	21	16	15	575	16	24
116 a 128	17	21	17	15	610	17	25,5
128 a 141	17	22	17	16	645	17	25,5
141 a 155	18	22	18	16	680	18	27
155 a 170	18	23	18	17	715	18	27
170 a 187	19	23	19	17	755	19	28,5
187 a 206	19	24	19	18	795	19	25,8
206 a 227	20	24	20	18	840	20	30
227 a 249	20	25	20	19,5	890	20	30
249 a 274	21	25	21	20	940	21	31,5
274 a 300	21	26	21	21	990	21	31,5
300 a 330	22	27	22	21	1045	22	33
330 a 365	22	28	23	22	1105	22	33
365 a 400	23	28	24	22	1165	23	34,5
400 a 440	23	29	25	23,5	1230	23	34,5
440 a 485	24	29	26	23,5	1300	24	36
485 a 535	24	30	26	25,5	1380	24	36
535 a 585	25	30	28	26,5	1460	25	37,5
585 a 640	26	31	29	26,5	1540	26	39
640 a 710	27	31	30	26,5	1630	27	40,5
710 a 780	27	33	30	28	1720	27	40,5
780 a 860	28	34	31	28	1820	28	42
860 a 940	29	34	32	29	1920	29	43,5
940 a 1030	29	36	32	30,5	2020	29	43,5
1030 a 1140	30	36	33	32	2140	30	45
1140 a 1250	31	37	34	33	2270	31	46,5
1250 a 1370	32	38	36	33	2400	32	48

Fuente: "Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera"

Elaboración: "Bureau Veritas"

Cuadernas Armadas dobles

**TABLA N° 4. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE CUADERNAS Y VARENGAS**

N	Cuadernas y varengas		Altura de las cuadernas			Altura de las varengas en el centro	
	Distancia entre ejes (clara) cm.	Ancho de cada pieza cm.	En la cubierta cm.	En el pantoque cm.	En el pie cm.	Con sobrequilla cm.	Sin sobrequilla cm.
60 a 66	34	6	7	8	9,5	13	16
66 a 73	34	6	7	9	10,5	14	17
73 a 80	35	6	7	9	11	14,5	18
80 a 88	36	6,5	7	9,5	11	15	18
88 a 97	36	6,5	7,5	9,5	11,5	15	19
97 a 106	37	7	7,5	9,5	11,5	15,5	19
106 a 116	37	7	7,5	10	12	16	20
116 a 128	38	7	7,5	10	12,5	16,5	21
128 a 141	38	7,5	8	10	12,5	17	21
141 a 155	39	7,5	8	11	13	17,5	22
155 a 170	40	7,5	8	11,5	14	18,5	23
170 a 187	40	8	8,5	11,5	14	19	23
187 a 206	41	8	8,5	12	15	19,5	24
206 a 227	42	8,5	9	12,5	15	20,5	25
227 a 249	42	8,5	9	13	15,5	20,5	26
249 a 274	43	9	9	13	16	21	26
274 a 300	44	9	9,5	14	16,5	22	27
300 a 330	44	9	10	14,5	17	23	
330 a 365	45	9,5	10,5	14,5	17,5	23,5	
365 a 400	46	9,5	11	15	18,5	24,5	
400 a 440	47	10	11	15,5	19	25	
440 a 485	47	10,5	11,5	16	19	26	
485 a 535	48	10,5	11,5	16,5	20	27	
535 a 585	49	11	12	17	21,5	27	
585 a 640	50	11	12,5	18	21,5	28	
640 a 710	50	11,5	12,5	18	21,5	29	
710 a 780	51	11,5	13	19	22,5	30	
780 a 860	52	12	13,5	19,5	23	31	
860 a 940	53	12,5	14	21	24	32	
940 a 1030	54	13	14,5	21	25	33	
1030 a 1140	54	13	15	21	25	34	
1140 a 1250	55	13,5	15	22	26	35	
1250 a 1370	56	14	16	22	27	36	

Fuente: "Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera"

Elaboración: "Bureau Veritas"

Forro exterior**TABLA N° 5. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DEL FORRO EXTERIOR**

N	Espesor		Desarrollo	
	Forro ordinario cm.	Forro reforzado cm.	Cintas cm.	Pantoque cm.
60 a 66	3	3,8	48	37
66 a 73	3	3,8	51	38
73 a 80	3	4	52	39
80 a 88	3,2	4	54	41
88 a 97	3,2	4,2	56	42
97 a 106	3,4	4,4	57	43
106 a 116	3,4	4,4	59	45
116 a 128	3,6	4,6	61	46
128 a 141	3,6	4,8	63	47
141 a 155	3,8	4,8	65	49
155 a 170	3,8	5	67	50
170 a 187	4	5	69	52
187 a 206	4	5,2	71	54
206 a 227	4,2	5,4	74	56
227 a 249	4,2	5,6	76	57
249 a 274	4,4	5,6	78	59
274 a 300	4,4	5,8	81	61
300 a 330	4,6	6	84	63
330 a 365	4,8	6,2	86	65
365 a 400	4,8	6,4	89	67
400 a 440	5	6,4	92	69
440 a 485	5,2	6,6	95	72
485 a 535	5,2	6,8	98	74
535 a 585	5,4	7	102	77
585 a 640	5,6	7,2	105	79
640 a 710	5,8	7,4	108	82
710 a 780	5,8	7,6	112	85
780 a 860	6	7,8	116	87
860 a 940	6,2	8	119	90
940 a 1030	6,4	8,2	123	93
1030 a 1140	6,6	8	127	95
1140 a 1250	6,8	8,8	131	98
1250 a 1370	7	9	135	102

Fuente: "Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera"

Elaboración: "Bureau Veritas"

Durmientes y trancanil**TABLA N° 6. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE DURMIENTES Y TRANCANIL**

N	Durmiente		Sotadurmiente (cada traca)		Trancanil	
	Ancho cm.	Altura cm.	Ancho cm.	Altura cm.	Ancho cm.	Altura cm.
60 a 66	12	5,4	12	3,8	8	4,6
66 a 73	12	5,4	12	3,8	8	4,6
73 a 80	13	5,6	13	4	8,5	4,8
80 a 88	13	5,8	13	4	8,5	5
88 a 97	13	5,8	13	4,2	9	5
97 a 106	14	6	14	4,4	9	5,2
106 a 116	14	6,2	14	4,4	9,5	5,2
116 a 128	14	6,4	14	4,6	9,5	5,4
128 a 141	15	6,6	15	4,8	10	5,6
141 a 155	15	6,8	15	4,8	10	5,8
155 a 170	15	7	15	5	10,5	6
170 a 187	16	7,2	16	5	10,5	6
187 a 206	16	7,4	16	5,2	11	6,2
206 a 227	17	7,6	17	5,4	11,5	6,4
227 a 249	17	7,8	17	5,6	11,5	6,6
249 a 274	18	8	18	5,6	12	6,8
274 a 300	18	8,2	18	5,8	12	7
300 a 330	19	8,2	19	6	12,5	7,2
330 a 365	19	8,5	19	6,2	13	7,4
365 a 400	20	8,8	20	6,4	13	7,4
400 a 440	20	9	20	6,4	13,5	7,6
440 a 485	21	9,3	21	6,6	14	8
485 a 535	22	9,6	22	6,8	14,5	8,2
535 a 585	22	10	22	7	15	8,5
585 a 640	23	10	23	7,2	15	8,5
640 a 710	23	10,5	23	7,4	15,5	8,8
710 a 780	24	10,5	24	7,6	16	9
780 a 860	25	11	25	7,8	16,5	9,3
860 a 940	25	11,5	25	8	17	9,6
940 a 1030	26	11,5	26	8,2	17,5	10
1030 a 1140	27	12	27	8,5	18	10
1140 a 1250	28	12,5	28	8,8	18,5	10,5
1250 a 1370	29	12,5	29	9	19	10,5

Fuente: "Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera"

Elaboración: "Bureau Veritas"

Estructura de la cubierta**TABLA N° 7. TABLA PARA EL ESCANTILLONADO DE LA ESTRUCTURA DE LA CUBIERTA**

N	Baos ordinarios			Forro de la cubierta cm.
	Ancho cm.	Distancia media cm.	Distancia máxima cm.	
60 a 66	7,5	51	61	3,8
66 a 73	8	51	61	3,8
73 a 80	8,5	52,5	64	4
80 a 88	9	54	64	4
88 a 97	9	54	64	4
97 a 106	9,5	55,5	72	4
106 a 116	9,5	55,5	72	4,5
116 a 128	10	57	72	4,5
128 a 141	10	57	72	4,5
141 a 155	11	58,5	72	4,5
155 a 170	11,5	60	72	4,5
170 a 187	11,5	60	72	4,5
187 a 206	12	61,6	80	5
206 a 227	12,5	63	80	5
227 a 249	12,5	63	80	5
249 a 274	13,5	64,5	80	5
274 a 300	14	66	80	5
300 a 330	14	66	80	5
330 a 365	14,5	67,5	88	5,5
365 a 400	15	69	88	5,5
400 a 440	16	70,5	88	5,5
440 a 485	16	70,5	88	5,5
485 a 535	17	72	88	5,5
535 a 585	17,5	73,5	88	5,5
585 a 640	18,5	75	96	6
640 a 710	18,5	75	96	6
710 a 780	19	76,5	96	6
780 a 860	20	78	96	6
860 a 940	21	79,5	96	6
940 a 1030	22	81	104	6,5
1030 a 1140	22	81	104	6,5
1140 a 1250	23	82,6	104	6,5
1250 a 1370	24	84	104	6,5

Fuente: "Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera"

Elaboración: "Bureau Veritas"

Para el cálculo de la altura del bao, se aplicará la siguiente ecuación:

$$h_{Bao} = 2,2 \times B \quad (18)$$

#### Corrección por el tipo de madera

El registro nos dice que el dimensionamiento de los elementos estructurales fue realizado tomando el roble como material de construcción, cuyas propiedades mecánicas de estos elementos están directamente relacionadas por la densidad de la madera usada; por lo cual el registro nos permite realizar una corrección del módulo de rigidez según la densidad de la madera a utilizar.

$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

Donde:

$W$  = Módulo de rigidez de la sección transversal.

$b$  = Ancho de la sección transversal.

$h$  = Altura de la sección transversal.

Si:

$$b = 1 \rightarrow W = \frac{h^2}{6}$$

De la corrección establecida por el registro, sabemos que:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

Donde:

$W_1$  = Módulo de rigidez de la madera utilizada.

$W_2$  = Módulo de rigidez de la madera del reglamento.

$\rho_1$  = Densidad de la madera utilizada.

$\rho_2$  = Densidad de la madera del reglamento.

Entonces:

$$\frac{W_1}{W_2} = \frac{h_2^2/6}{h_1^2/6} = \frac{\rho_1}{\rho_2}$$

$$\frac{h_2}{h_1} = \sqrt{\frac{\rho_1}{\rho_2}} \quad (19)$$

Con esta relación podremos determinar el factor de corrección de cada elemento estructural según la densidad de la madera a utilizar.

### Corrección por el aumento de numeral (N)

**TABLA N° 8. TABLA PARA LA CORRECCIÓN POR EL AUMENTO DE NUMERAL**

L/C	de	7,35	7,65	7,80	7,95	8,10	8,20	8,30	8,40	8,50	8,60	8,67	8,75	8,83	8,90	8,97
	a	7,65	7,80	7,95	8,10	8,20	8,30	8,40	8,50	8,60	8,67	8,75	8,83	8,90	8,97	9,03
% de aumento		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30

Fuente: “Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera”

Elaboración: “Bureau Veritas”

Para los buques cuya relación L/C sea superior a 7,35; se utiliza un numeral N aumentado para determinar los elementos siguientes [21]:

- ✓ Escantillones de la quilla y sobrequilla.
- ✓ Anchura de las cuadernas y varengas.
- ✓ Espesor del forro exterior
- ✓ Escantillonado de los durmientes y del trancanil

### Corrección de escantillonado C<sub>2</sub>

**TABLA N° 9. TABLA PARA LA CORRECCIÓN DE ESCANTILLONADO C<sub>2</sub>**

Valores de H/C	de		0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61
	a	> 0,79	0,77	0,75	0,73	0,71	0,69	0,67	0,65	0,63	0,61	
% de reducción		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50

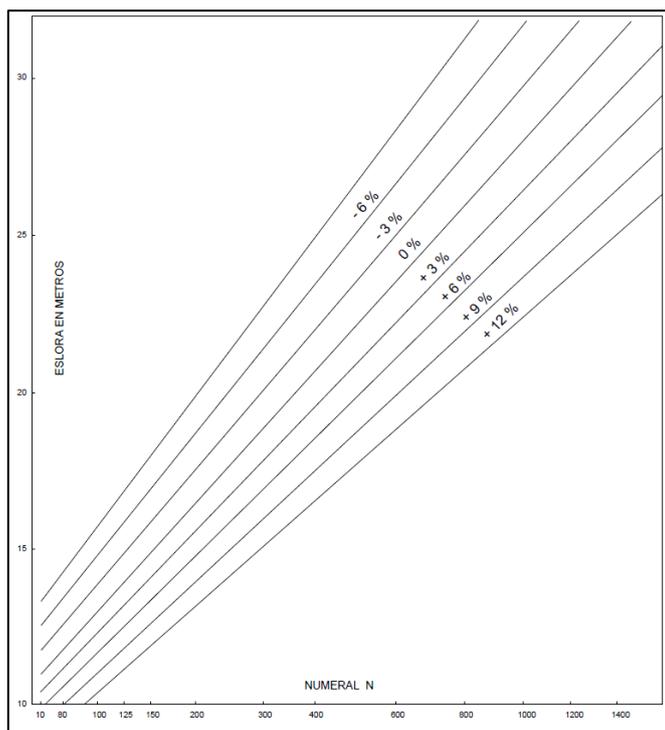
Fuente: “Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera”

Elaboración: “Bureau Veritas”

En los buques con gran astilla muerta, se aplica la corrección de escantillonado C<sub>2</sub> al desarrollo, según el contorno de la cuaderna, de las cintas y pantoques [21].

### Corrección de escantillonado C<sub>1</sub>

La corrección C<sub>1</sub> se aplica para la determinación de la altura de las cuadernas y del desarrollo de las cintas y de las tracas de pantoque dadas por las tablas de escantillonado [21].



**Figura N° 12. Gráfica para la corrección C1 según el numeral (N) y la eslora.**

Fuente: “Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera”

Elaboración: “Bureau Veritas”

### 2.2.3.9 Convenios y directrices sobre la seguridad

La seguridad en el mar ha sido una problemática por muchos años para los dedicados en esta área naval y para los países, con ello aparecieron algunas organizaciones no gubernamentales, buscando la realización de normas y el proponer medidas para mejorar la seguridad de los cuerpos flotantes. Estas son la Organización marítima internacional (OMI), siendo este el responsable de la seguridad en el mar y de la protección del medio ambiente de la contaminación producida por el sector naval; la Organización para la agricultura y la alimentación (FAO); y la Organización internacional del trabajo (OIT), este es el que vela por el trabajador pesquero, brindando normas para el bienestar de ellos, el que cuenten con los seguros mínimos y con la cantidad y tipo de trabajo justo. Estos organismos del sistema de las Naciones Unidas para la seguridad de los pescadores [26].

Pero la OMI y la OIT, suelen tener poco impacto para la seguridad de los pescadores, pues sus normativas están basadas en buques de gran tonelaje, por lo general de 24 m de eslora para arriba, afectando esto a los países en vías de desarrollo. Y esto queda demostrado en los requisitos para la aplicación de sus normas, en donde excluyen a las embarcaciones pesqueras

pequeñas, pues las embarcaciones de 24 m para arriba son un total aproximado de 37000, equivalente al 1% del total de la flota mundial [27].

La FAO es la responsable de generar directrices en la búsqueda de generar una mejor producción y una mejor calidad de alimentos en el sector naval, pues el fin es buscar el desarrollo de las poblaciones rurales, la FAO cuenta con más de 1800 proyectos en operación [26].

### **Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar (SOLAS):**

El motivo de la creación de este convenio fue el accidente que se produjo en el primer y último viaje del Titanic en 1911; este convenio fue aprobado en 1914. Posteriormente con la creación de la OMI, este convenio se le fue encargado para su revisión y acreditación, y esta fue realizada en 1960 [26].

El SOLAS norma la construcción, equipamiento y el funcionamiento de los buques compatibles a su normativa, siendo este considerado el más importante de las normativas relativas a la seguridad para buques mercantes, hasta el punto de ser incorporado en la Convención de las Naciones Unidas sobre el derecho del Mar. Pero este convenio, a excepción del capítulo V, no es aplicable para embarcaciones de madera y pesqueras [26].

Sin embargo, en la conferencia internacional SOLAS 60, se aprobaron ciertas resoluciones referente al equipo de salvamento a bordo y a la estabilidad para las embarcaciones pesqueras. Con ayuda de la OMI se preparó las recomendaciones sobre un criterio meteorológico para la estabilidad sin averías. Pero nuevamente estas medidas abarcaron para las embarcaciones mayores de 24 metros y a los pesqueros mayores de 60 metros [26].

### **Convenio de Torremolinos y protocolo de Torremolinos**

El primer documento fue el convenio internacional de Torremolinos para la seguridad de buques pesqueros de 1977, siendo un convenio internacional no acreditado, fundamentado en las líneas del Convenio Internacional para la seguridad de la vida en el mar de 1974 (SOLAS), para luego ser aprobado este en Torremolinos, España. Pero estas directrices contenían normas para la construcción y equipos para las embarcaciones pesqueras con cubierta mayores de 24 m de eslora. Este convenio fue el primero en su clase en establecer requisitos para la estabilidad y estanqueidad de la nave [26].

Posteriormente este convenio entro en vigor, tras ser revisado por 77 países para su adaptación, pues el convenio resultaba ser muy estricto en algunos de sus apartados, de este modo algunos capítulos se vieron limitados de mayores de 24 metros a mayores de 45 metros;

por lo cual, algunos países solicitaron la ejecución de las normas de los capítulos modificados para mayores de 24 metros [26].

### **Códigos de seguridad para pescadores y buques pesqueros**

Las tres organizaciones de las Naciones Unidas, OIT, FAO y OMI realizaron un código de seguridad para pescadores y buques pesqueros. Este documento fue dividido en dos partes; la primera “Directrices prácticas de seguridad e higiene para patrones y tripulaciones” en 1968 y la segunda “Prescripciones de seguridad e higiene para la construcción y el equipo de buques pesqueros” aprobada en 1974. Pero como las anteriores, se limitan a las embarcaciones de 24 metros de eslora a más [26].

### **Directrices FAO-OIT-OMI de aplicación voluntaria para el proyecto, la construcción y el equipo de buques pesqueros pequeños**

Como las anteriores directrices en su mayoría se centraban en embarcaciones mayores de 24 metros, las organizaciones FAO, OIT y OMI se vieron en la obligación de realizar unas nuevas directrices de seguridad abarcando un rango de 12 a 24 metros de eslora, con el fin de ser una guía para la realización de un reglamento nacional para los países que consideren adoptarla [26].

### III. RESULTADOS

#### 3.1 Diagnostico de la Embarcación Buenos aires

##### 3.1.1 Dimensiones

La embarcación de estudio fue construida en madera, esta embarcación se encuentra operando en la zona de Santa Rosa, dedicada a la extracción de jurel y bonito para el consumo humano directo. La inscripción de esta embarcación no fue hecha de manera correcta, pues según la información dada por PRODUCE, la nave tiene una eslora de 15 metros, lo cual, en una primera medición, se obtuvo un valor mayor, por lo que se tuvo que realizar una medición general a la embarcación. Sus dimensiones principales son:

Eslora máxima: 17,7 m

Eslora entre perpendiculares: 15,4 m

Manga máxima: 6,8 m

Puntal de diseño: 3,8 m

Toneladas de registro bruto: 120,81 toneladas Moorson

Capacidad de bodega: 96,56 m<sup>3</sup> (83,04 toneladas)

DATOS PRINCIPALES					
Embarcación:		BUENOS AIRES		Matrícula PL-18114-CM	
Armador:		MANUEL Y DIOMEDES ARTEAGA Q.			
Inicio de Construcción:		Fin de Construcción: 1998			
DATOS COMPLEMENTARIOS					
Sist. Pesca:	RED DE CERCO	Régimen:	ARTESANAL	T. Preservación:	N/P
Casco:	MADERA	Eslora:	11.170	Manga:	4.900
Puntal:	1.980	Cod. Pago:		Precinto:	
Const. CBBSP:		Transmisor:		Proveedor:	
Motor:		Cap. Bodega:	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>M3</b>	<b>TM</b>
			Neta:	31.00	.00
			Inc. 3%:	31.93	
			Inc. 15%:	35.65	.00
Arqueo Neto:		Arqueo Bruto:		Condición:	

**Figura N° 13. Detalles registrados en PRODUCE de la embarcación Buenos Aires.**

Fuente: Produce

Elaboración: Produce



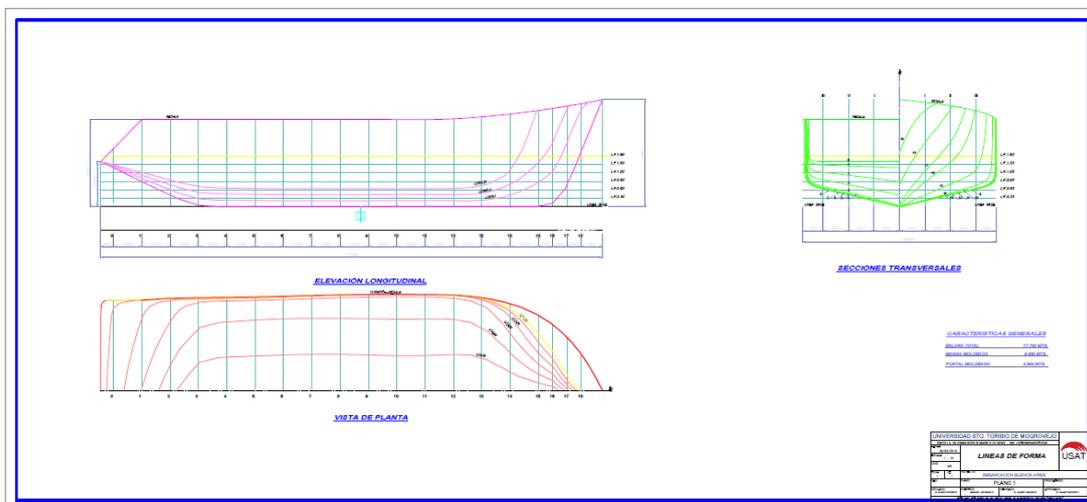
**Figura N° 14. Embarcación Buenos Aires en el puerto de Chimbote.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 3.1.2. Formas

El plano de líneas de formas es la representación de la embarcación en 3 vistas (transversal, longitudinal y de planta), y es este plano de mucha importancia para el cálculo de las curvas hidrostáticas para el inicio del cálculo de estabilidad. Esta embarcación ya poseía un plano líneas de formas, pero tal como se indica en el registro de PRODUCE, estas medidas están alteradas, por lo que se realizó este plano con medidas tomadas a la embarcación cuando esta se encontraba en el puerto de Chimbote. Para su elaboración se utilizó la herramienta de dibujo AutoCAD 2018; en esta se visualizan 19 secciones transversales, 3 longitudinales y 5 líneas de agua.



**Figura N° 15. Plano de formas de la embarcación de pesca artesanal Buenos Aires.**

Fuente: Embarcación Buenos Aires

Elaboración: Propia

### 3.1.3 Hidrostática

Las curvas hidrostáticas es la representación gráfica del comportamiento de la carena a diferentes calados. Estas curvas son calculadas teniendo de plano de formas, pues es con las medidas de las semimangas que se comienza para la obtención de las curvas hidrostáticas, con ellas se puede calcular las áreas y volúmenes con el método de Simpson, por tanto, teniendo ya nosotros el plano de línea de formas, se reemplazaran el valor de las semimangas en las tablas de Simpson (Tabla I) para calcular las áreas Ec. (4), y con estas del mismo modo se reemplazaran en las tablas de Simpson (Tabla II) para calcular los volúmenes Ec. (5).

El desarrollo del cálculo para las curvas hidrostáticas fue tomando como parámetros 0.3 como calado mínimo y 1.8 como calado máximo.

**TABLA N° 10. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE CURVAS HIDROSTÁTICAS**

Calado admisible (m)	0,30	0,60	0,90	1,20	1,50	1,80
Desplazamiento (t)	4,268	17,700	40,190	67,270	96,950	128,400
Calado FP (m)	0,300	0,600	0,900	1,200	1,500	1,800
Calado AP (m)	0,300	0,600	0,900	1,200	1,500	1,800
Calado en LCF (m)	0,300	0,600	0,900	1,200	1,500	1,800
Lwl (m)	13,444	14,317	15,078	15,824	16,563	16,698
Bwl (m)	2,564	5,112	6,658	6,824	6,825	6,821
Cp	0,804	0,785	0,776	0,773	0,771	0,793
Cb	0,403	0,393	0,434	0,506	0,558	0,611
Cm	0,501	0,501	0,566	0,658	0,724	0,771
Cwp	0,821	0,813	0,823	0,857	0,886	0,899
LCB (m)	7,603	7,438	7,291	7,157	7,006	6,869
LCF (m)	7,524	7,289	7,083	6,826	6,505	6,518
KB (m)	0,201	0,403	0,602	0,783	0,957	1,127
KMt (m)	3,400	6,893	7,312	5,604	4,642	3,994
KML (m)	75,657	42,302	30,003	23,975	21,175	17,385
TPc (t/cm)	0,290	0,610	0,847	0,949	1,027	1,049
MTc (t.m/cm)	0,206	0,468	0,740	0,974	1,226	1,306

Fuente: Propia

Elaboración: Propia.

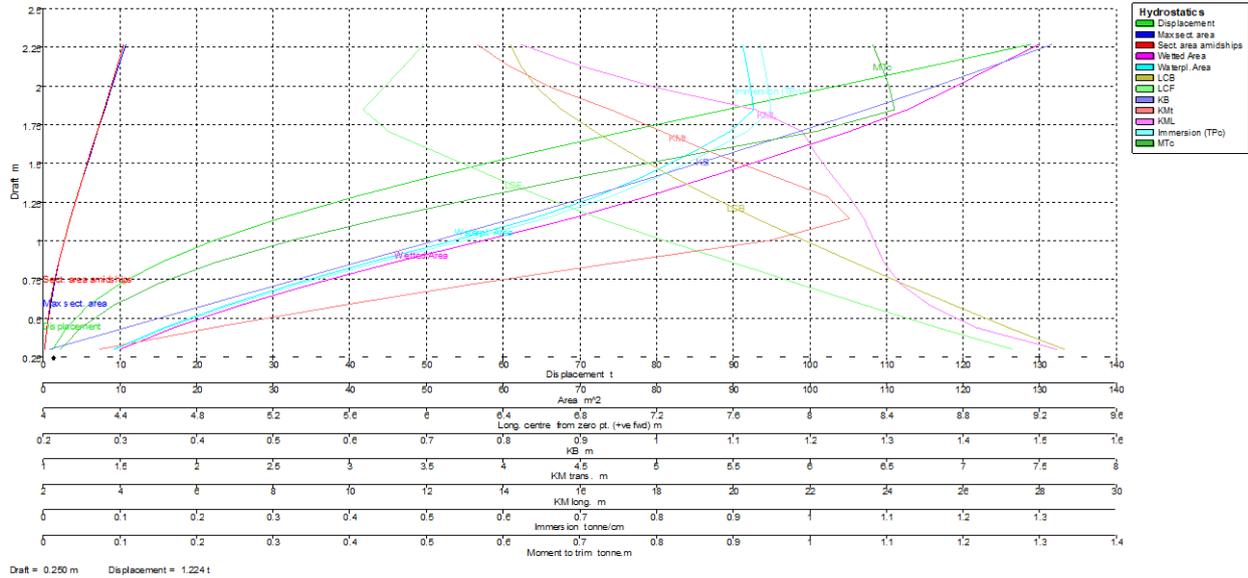


Figura N° 16. Gráfica de curvas hidrostáticas de la embarcación Buenos Aires.

Fuente: Embarcación Buenos Aires

Elaboración: Propia

### 3.1.4 Compartimentación

La embarcación de pesca artesanal Buenos Aires esta compartimentada en cuatro partes, cuenta con cuatro mamparos estancos y uno semi estanco, 4 transversales y uno longitudinal, el cual está ubicado a 0,3 metros a estribor de la línea de crujía; en los cuales solo los que cumplen la función de la separación y delimitación de las bodegas son estancos, y el mamparo semi estanco para la división de la sala de máquinas.

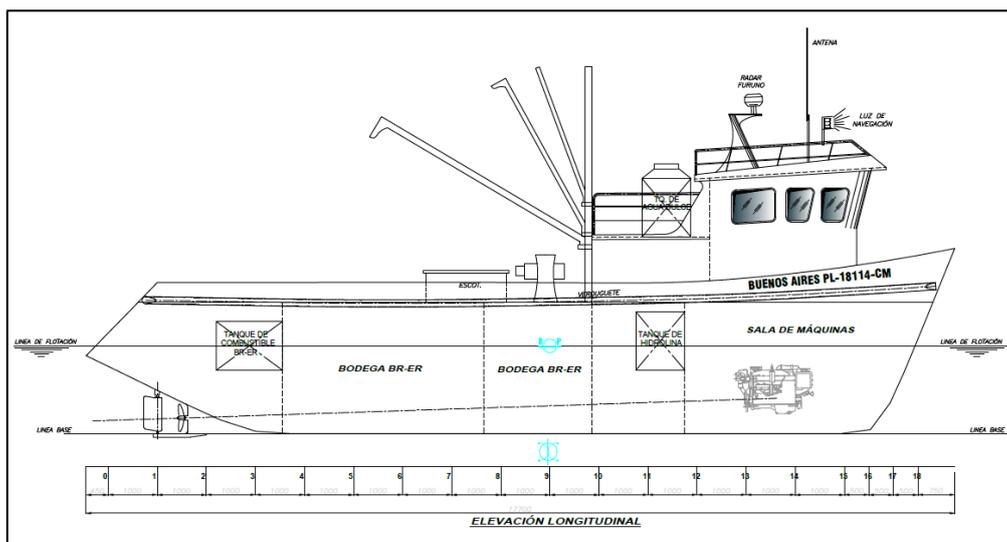


Figura N° 17. Vista longitudinal de la disposición general para la embarcación Buenos Aires.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

- Sala de máquinas: Este es el compartimiento de proa, aquí se encuentra el motor y la caja de cambios, el acceso a este compartimiento es por la caseta; abarca desde la sección 30 hasta la punta de la roda, tiene una eslora de 5,2 m.
- Compartimiento de centro: Aquí se encuentra el tanque de hidrolina y un grupo de baterías, está ubicado entre las secciones 25 y la sección 30; con una eslora de 2 m.
- Bodegas: La embarcación cuenta con 4 bodegas, dos de proa y dos de popa, una a babor y otra a estribor, con una capacidad de 14,7 m<sup>3</sup>; 12,16 m<sup>3</sup>; 29,35 m<sup>3</sup> y 24,26 m<sup>3</sup>.
- Lazareto: En este compartimiento se encuentran dos tanques de combustible; además de encontrarse el sistema de gobierno de la nave. Tiene una eslora de 4,0 m, entre la sección 0 y la sección 10
- Caseta: La caseta tiene un volumen aproximado de 50 m<sup>3</sup>, ubicada en proa, con una eslora de 5,4 m; en esta zona se encuentran la cocina, el baño y los camarotes; además de que en el segundo nivel de la caseta se encontraba el tanque de agua para el consumo.

### 3.1.5 Estructura

La embarcación buenos aires está hecha de madera, variando el tipo de madera según la función que el elemento estructural vaya a desempeñar para la resistencia de la nave. Las secciones o cuadernas recorren a lo largo de la embarcación con una separación de 0,4 m entre sí.

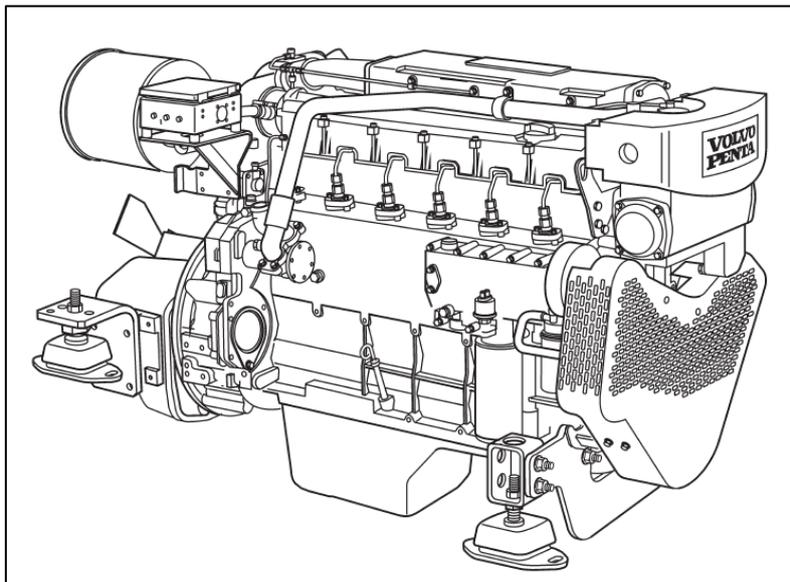
Las maderas utilizadas para el escantillonado de la pesquera son el tornillo y el faique, ambas siendo seleccionadas para diferentes tipos de estructuras:

- Tornillo: Los elementos estructurales diseñados con este material son los baos, longitudinales, forro, durmientes y contradurmientes. Esto debido a su alta capacidad para doblarse y poder acoplarse a lo largo del casco. El tornillo posee una densidad de 540 Kg/m<sup>3</sup> con una humedad del 12%.
- Faique: Los elementos estructurales diseñados con este material son la quilla, cuadernas, codaste y roda. Siendo estos elementos los que necesitan más rigidez, pues son la base para la construcción del casco. La densidad de esta madera es 770 540 Kg/m<sup>3</sup> con una humedad del 12%.

### 3.1.6 Resistencia y potencia

La embarcación cuenta con un sistema mecánico propulsivo, el cual consta de un motor Volvo Penta D7A TA, una reductor, cuenta con una sola línea de ejes, una hélice de cuatro palas y una pala de timón. Las dimensiones de los tanques de combustible es la misma, con una capacidad de 2,24 m<sup>3</sup>.

La embarcación navega con una velocidad crucero de 4 a 5 nudos; siendo capaz de llegar también a 8 nudos, siendo esta su velocidad máxima.



**Figura N° 18. Motor Volvo Penta D7A TA.**

Fuente: D7A TA

Elaboración: VOLVO PENTA – INBOARD DIESEL

La evaluación de la resistencia al avance y la potencia efectiva para la navegación serán determinados de la mano del software Maxsurf Resistance, determinando como método de cálculo Holtrop, usado estas para embarcaciones pesqueras Desplazantes.

**TABLA N° 11. RESULTADOS DE ANÁLISIS DE RESISTENCIA AL AVANCE DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES**

Velocidad (kn)	Froude N° Lwl	Froude N° Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Pot. (kW)
1,00	0,040	0,073	0,100	0,059
2,00	0,080	0,147	0,400	0,426
3,00	0,121	0,220	0,900	1,356
4,00	0,161	0,294	1,500	3,092
5,00	0,201	0,367	2,300	5,923
6,00	0,241	0,441	3,400	10,637
7,00	0,281	0,514	5,500	19,833
8,00	0,322	0,587	10,400	42,880
9,00	0,362	0,661	20,000	92,431
10,00	0,402	0,734	27,900	143,619

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 3.1.7 Estimación de pesos

Es de vital importancia el determinar el peso de las diferentes partes de la nave para calcular así el valor del peso rosca o el peso del buque ligero, así como su respectivo centro de gravedad, la determinación de estos valores es complejo debido al estado en que se encontraba la nave al momento de la recolección de datos, por tanto, se hizo un aproximado según una nave pesquera con la misma distribución y son la misma función. Los valores obtenidos de la embarcación buenos aires son:

**TABLA N° 12. TABLA DE PESOS PARA EL CALCULO DE PESO ROSCA DE LA EMBARCACIÓN  
BUENOS AIRES**

<b>PESOS DE LA EMBARCACIÓN PESQUERA BUENOS AIRES</b>			
Ítem de peso	Peso (Kg)	VCG (m)	LCG (m)
Estructura casco	36821	2,340	-0,360
Estructura caseta	4863	6,200	2,911
Trabajos carpintería	7442	2,259	-0,683
Fitting del casco	1023	2,012	1,637
Mástil	200	9,899	0,360
Maquinaria	2824	1,755	1,777
Sistema del buque	386	2,493	3,119
Instalación eléctrica	86	4,855	1,741
Instalaciones de cubierta	590	4,429	-0,360
Absorción de agua	785	0,900	0,000
Pintura (3% ABC)	470	2,611	0,000
<b>TOTAL</b>	<b>55490</b>	<b>1,737</b>	<b>0,067</b>

Fuente: Embarcación “Buenos Aires”

Elaboración: Propia

### 3.1.8 Condiciones de carga

Para el cálculo de estabilidad se deben considerar diferentes situaciones a las cuales estará sometida la embarcación de pesca, por tanto, se consideraron siete situaciones de carga: C1 = Condición de buque liviano. C2 = Salida del Puerto rumbo al caladero (con 100 % de consumible y 0% de carga en bodega). C3 = Operación de cala (bodega al 80% y 50 % de consumibles). C4 = Termino de la carga de bodega (con 100% de la bodega con pescado y 50% de consumibles). C5 = Retorno al Puerto (con la bodega llena de pescado y 10 % de combustible y agua dulce).

Entonces conociendo esto, es importante el conocer el KG, pues el valor y la ubicación de este será de mucha influencia en la estabilidad de la embarcación, para ello se empleará una tabla de cargas a cada condición establecida.

**TABLA N° 13. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO**

SALIDA DE PUERTO					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	49,034	2,722	133,454	7,825	383,691
Combustible	1,885	1,750	3,299	2,200	4,147
Agua de consumo	1,224	2,650	3,244	10,951	13,404
Tripulación	0,880	4,200	3,696	10,800	9,504
Provisiones	0,605	4,200	2,541	10,800	6,534
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	0,000	1,542	0,000	5,810	0,000
Hidrolina	0,078	2,650	0,207	10,951	0,857
Hielo	18,000	1,580	28,443	4,805	86,482
Total	74,207	2,461	182,633	6,847	508,119

Fuente: Excel

Elaboración: Propia

Para este caso se calculará el valor de KG, multiplicando el peso de cada elemento por el brazo vertical, para luego ser sumado:

$$\sum P.ZG = VNOM = 182,633$$

Este valor se dividirá por el desplazamiento total indicado en la embarcación (74,207 toneladas).

$$KG = \frac{VMOM}{\Delta} = \frac{182,633}{74,207} = 2,461 \text{ m}$$

Del mismo modo para la ubicación del LCG:

$$LCG = \frac{LMOM}{\Delta} = \frac{508,119}{74,207} = 6,847 \text{ m}$$

**TABLA N° 14. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE OPERACIÓN DE CALA**

OPERACIÓN DE CALA					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	49,034	2,722	133,454	7,825	383,691
Combustible	0,942	1,750	1,649	2,200	2,073
Agua de consumo	0,612	2,650	1,622	10,951	6,702
Tripulación	0,880	4,200	3,696	10,800	9,504
Provisiones	0,605	4,200	2,541	10,800	6,534
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	54,720	1,542	84,374	5,810	317,935
Hidrolina	0,039	2,650	0,104	10,951	0,428
Total	109,333	2,151	235,189	6,680	730,369

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

**TABLA N° 15. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE BODEGA COMPLETA**

BODEGA COMPLETA					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	49,034	2,722	133,454	7,825	383,691
Combustible	0,942	1,750	1,649	2,200	2,073
Agua de consumo	0,612	2,650	1,622	10,951	6,702
Tripulación	0,880	4,200	3,696	10,800	9,504
Provisiones	0,605	4,200	2,541	10,800	6,534
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	68,400	1,542	105,467	5,810	397,419
Hidrolina	0,039	2,650	0,104	10,951	0,428
Total	123,012	2,083	256,283	6,584	809,853

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

**TABLA N° 16. RELACIÓN DE CARGAS CONSIDERADAS PARA LA CONDICIÓN DE RETORNO A PUERTO**

RETORNO A PUERTO					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	49,034	2,722	133,454	7,825	383,691
Combustible	0,188	1,750	0,330	2,200	0,415
Agua de consumo	0,122	2,650	0,324	10,951	1,340
Tripulación	0,880	4,200	3,696	10,800	9,504
Provisiones	0,605	4,200	2,541	10,800	6,534
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	68,400	1,542	105,467	5,810	397,419
Hidrolina	0,008	2,650	0,021	10,951	0,086
Total	121,738	2,083	253,583	6,592	802,489

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Una vez calculados estos valores, se procede a elaborar una tabla para cada condición como se muestra a continuación.

**TABLA N° 17. VALORES HIDROSTÁTICOS EN LAS DIFERENTES CONDICIONES DE CARGA**

Ítem de calculo	Condición de carga				
	Buque Ligero	Salida de puerto	Bodega al 80% y consumibles al 50%	Bodega al 100% y consumibles al 50%	Llegada a puerto
Calado medio (m)	1,086	1,327	1,663	1,790	1,776
Desplazamiento (t)	55,490	80,690	115,700	129,400	128,000
Calado FP (m)	1,260	1,240	1,561	1,650	1,638
Calado AP (m)	0,913	1,413	1,765	1,930	1,914
Calado en LCF (m)	1,077	1,339	1,680	1,810	1,796
Trimado (m)	-0,347	0,173	0,204	0,280	0,276
Lwl (m)	15,267	16,304	16,618	16,493	16,503
Bwl (m)	6,800	6,800	6,800	6,800	6,800
Cp	0,700	0,764	0,790	0,802	0,801
Cb	0,425	0,512	0,576	0,598	0,595
Cm	0,647	0,701	0,759	0,775	0,773
Cwp	0,837	0,875	0,896	0,898	0,898
LCB (m)	7,770	6,842	6,674	6,579	6,583
LCF (m)	7,240	6,528	6,448	6,553	6,542
TPc (t/cm)	0,893	0,998	1,042	1,035	1,036
MTc (t.m/cm)	0,790	1,096	1,237	1,223	1,225

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 3.1.9 Estabilidad

#### Curvas cruzadas

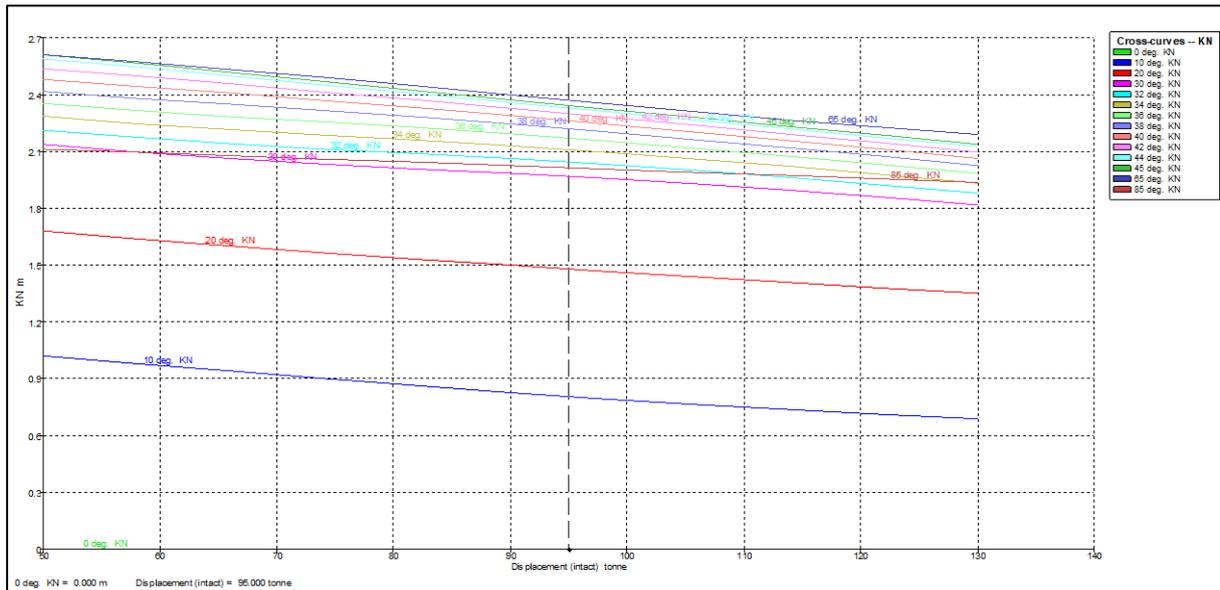
Los valores obtenidos en la intersección de curvas se dan en la siguiente tabla:

**TABLA N° 18. VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LAS CURVAS CRUZADAS**

Desplazamiento (t)	Calado (m)	KN 10°	KN 20°	KN 30°	KN 32°	KN 34°	KN 36°	KN 38°	KN 40°	KN 42°	KN 45°
4,268	0,3	0,910	2,503	2,845	2,864	2,875	2,878	2,874	2,865	2,851	2,821
17,700	0,6	1,147	1,949	2,492	2,557	2,609	2,651	2,683	2,708	2,726	2,742
40,190	0,9	1,070	1,736	2,201	2,277	2,350	2,417	2,481	2,539	2,589	2,651
67,270	1,2	0,935	1,596	2,058	2,136	2,210	2,280	2,345	2,402	2,451	2,510
96,950	1,5	0,798	1,472	1,962	2,037	2,102	2,160	2,209	2,252	2,288	2,332
128,400	1,8	0,695	1,356	1,825	1,888	1,944	1,993	2,036	2,074	2,107	2,147

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 19. Gráfica de curvas cruzadas de la embarcación Buenos Aires.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### Curvas de estabilidad (Curvas GZ)

Para el cálculo de las curvas de estabilidad se realizará con los datos obtenidos por las curvas KN ubicadas en la gráfica de curvas cruzadas; con esto datos calcularemos los valores de GZ a diferentes escoras con la Ec. (11).

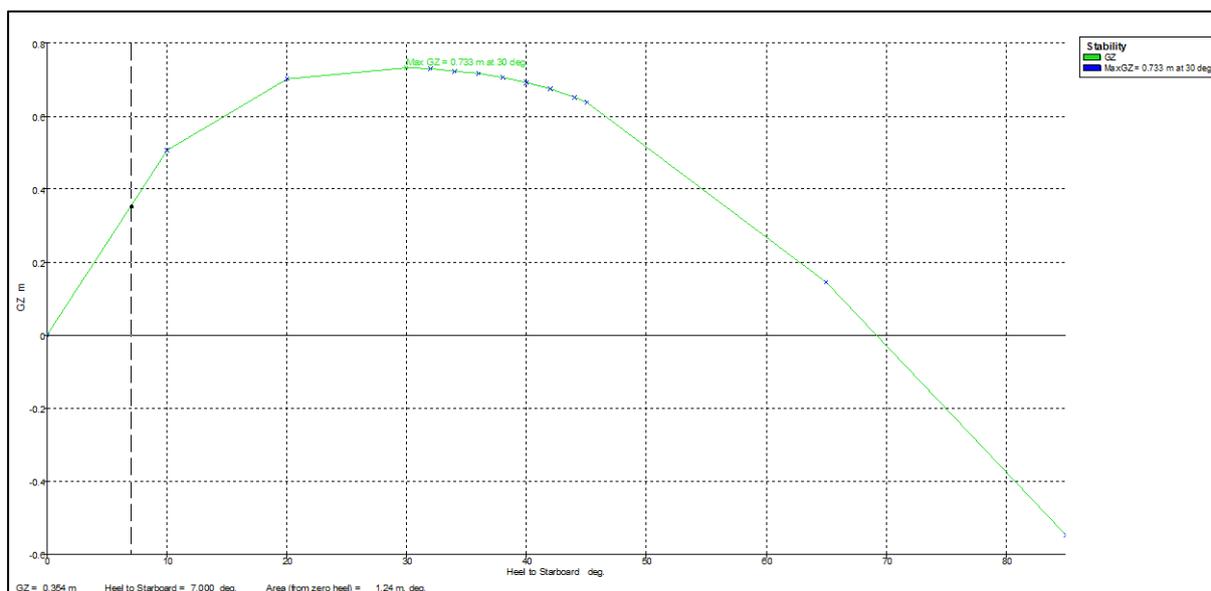
Este cálculo se realizará para las diferentes condiciones de carga a estudiar.

Buque liviano**TABLA N° 19. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BUQUE LIVIANO**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,506	0,701	0,733	0,730	0,724	0,716	0,706	0,692
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,530	8,563	15,732	17,195	18,648	20,088	21,510	22,909
Desplazamiento (t)	55,490	55,490	55,490	55,490	55,490	55,490	55,490	55,490
Calado en FP (m)	1,262	1,208	1,075	1,038	0,996	0,949	0,897	0,843
Calado en AP (m)	0,839	0,611	0,254	0,166	0,072	-0,030	-0,141	-0,261
Lwl (m)	15,584	16,648	16,598	16,582	16,564	16,543	16,520	16,496
Manga máx. en WL (m)	6,231	5,445	5,107	5,077	5,057	5,045	4,912	4,758
Área mojada (m <sup>2</sup> )	90,215	85,086	82,798	82,562	82,379	82,273	82,293	82,354
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	79,448	71,227	67,151	66,728	66,409	66,194	65,585	64,664
Cp	0,687	0,637	0,627	0,625	0,623	0,621	0,620	0,619
Cb	0,465	0,454	0,396	0,386	0,377	0,369	0,371	0,376
LCB (m)	7,780	7,803	7,830	7,835	7,840	7,846	7,851	7,856
LCF (m)	7,278	7,262	7,344	7,366	7,392	7,415	7,422	7,422

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

**Figura N° 20. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de "Buque liviano".**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

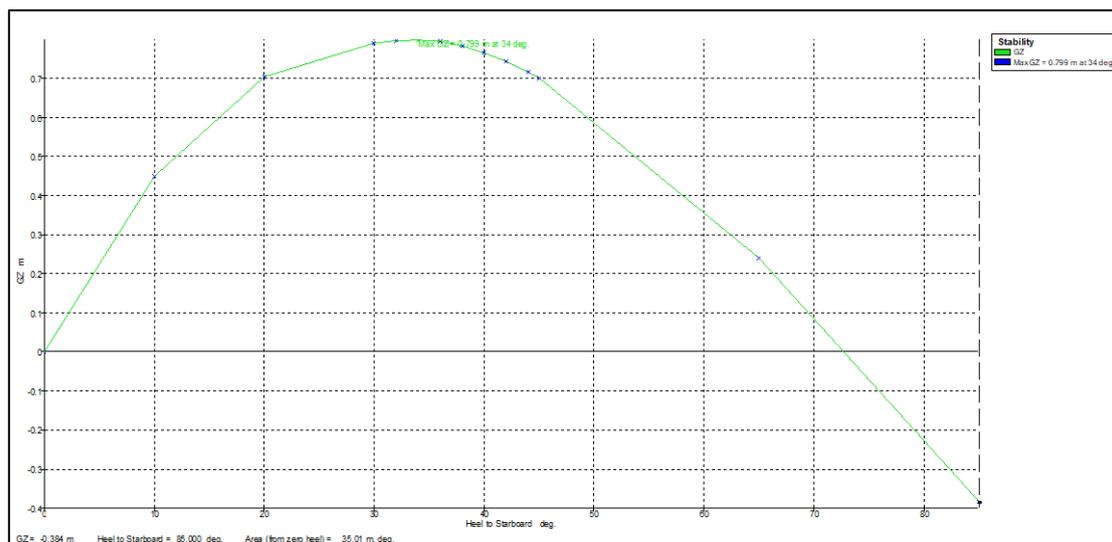
## Salida de puerto

**TABLA N° 20. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,449	0,703	0,790	0,797	0,799	0,795	0,783	0,766
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,239	8,001	15,467	17,053	18,649	20,242	21,820	23,369
Desplazamiento (t)	80,690	80,690	80,690	80,690	80,690	80,690	80,690	80,690
Calado en FP (m)	1,248	1,192	1,039	0,996	0,950	0,901	0,849	0,793
Calado en AP (m)	1,373	1,249	1,018	0,957	0,892	0,824	0,753	0,680
Lwl (m)	16,664	16,638	16,569	16,549	16,528	16,506	16,482	16,457
Manga Max. en WL (m)	6,633	5,786	5,389	5,342	5,202	5,032	4,861	4,700
Área mojada (m <sup>2</sup> )	109,496	102,862	99,792	99,513	99,702	100,111	100,513	100,880
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	93,493	82,270	76,775	76,122	74,323	71,901	69,626	67,525
Cp	0,761	0,775	0,778	0,778	0,777	0,778	0,778	0,780
Cb	0,536	0,543	0,485	0,477	0,478	0,483	0,490	0,498
LCB (m)	6,846	6,854	6,862	6,864	6,865	6,867	6,869	6,871
LCF (m)	6,619	6,775	6,908	6,931	6,943	6,989	7,033	7,072

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 21. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de "Salida de puerto".**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

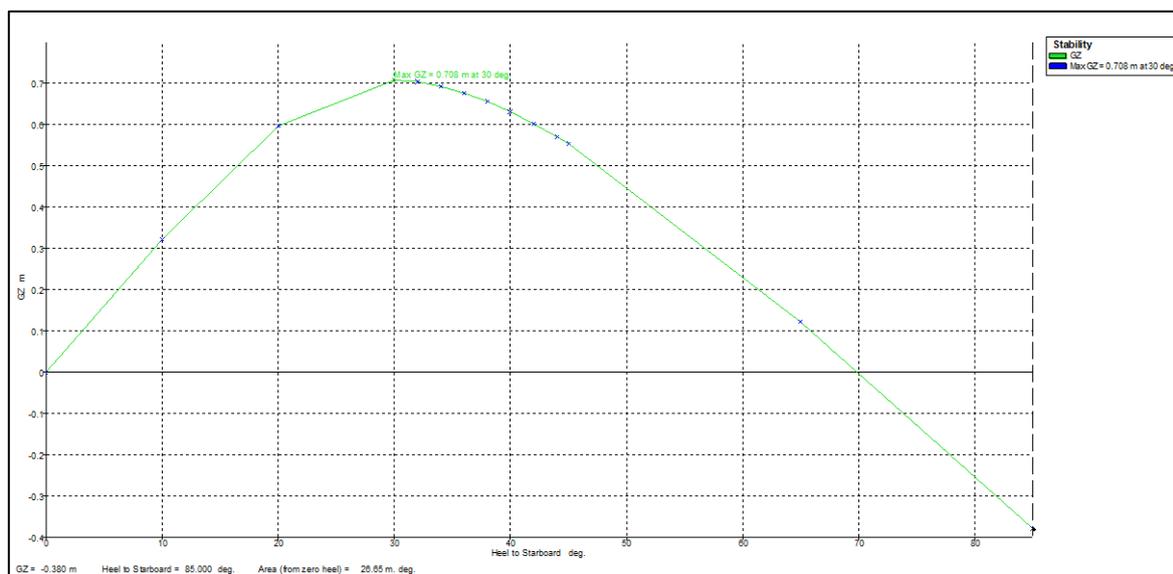
Bodega al 80%

**TABLA N° 21. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80%**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,322	0,597	0,708	0,703	0,693	0,677	0,656	0,631
Área bajo la curva GZ (m.deg)	1,607	6,202	12,724	14,135	15,531	16,900	18,233	19,519
Desplazamiento (t)	115,700	115,700	115,700	115,700	115,700	115,700	115,700	115,700
Calado en FP (m)	1,549	1,505	1,372	1,338	1,301	1,263	1,222	1,180
Calado en AP (m)	1,770	1,741	1,657	1,643	1,631	1,619	1,609	1,598
Lwl (m)	16,789	16,771	16,717	16,703	16,689	16,673	16,656	16,637
Manga máx. en WL (m)	6,906	6,513	5,476	5,231	5,014	4,821	4,649	4,494
Área mojada (m <sup>2</sup> )	126,419	122,887	123,206	123,808	124,355	124,854	125,304	125,713
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	100,448	93,485	78,306	75,154	72,318	69,737	67,421	65,322
Cp	0,783	0,791	0,800	0,802	0,805	0,807	0,809	0,811
Cb	0,572	0,541	0,552	0,563	0,573	0,582	0,591	0,599
LCB (m)	6,672	6,671	6,667	6,665	6,663	6,661	6,659	6,657
LCF (m)	6,582	6,756	7,037	7,082	7,122	7,155	7,186	7,213

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 22. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de "Bodega al 80%".**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

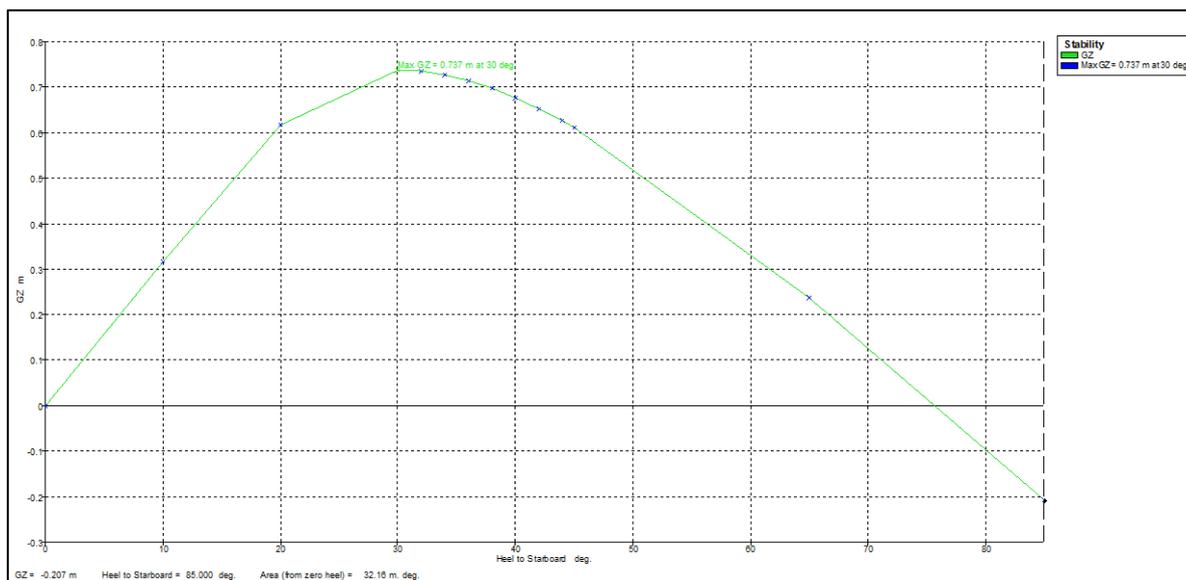
Bodega al 100%

**TABLA N° 22. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100%**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,316	0,616	0,737	0,734	0,726	0,714	0,696	0,676
Área bajo la curva GZ (m.deg)	1,577	6,236	12,997	14,468	15,929	17,368	18,778	20,151
Desplazamiento (t)	129,400	129,400	129,400	129,400	129,400	129,400	129,400	129,400
Calado en FP (m)	1,633	1,583	1,448	1,415	1,380	1,343	1,304	1,263
Calado en AP (m)	1,942	1,946	1,960	1,971	1,984	1,998	2,015	2,034
Lwl (m)	16,825	16,806	16,753	16,741	16,727	16,714	16,699	16,684
Manga máx. en WL (m)	6,925	6,763	5,393	5,154	4,942	4,753	4,584	4,433
Área mojada (m <sup>2</sup> )	132,384	130,136	133,283	133,894	134,452	134,950	135,405	135,826
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	101,399	97,030	77,044	73,896	71,044	68,497	66,197	64,138
Cp	0,782	0,782	0,788	0,789	0,789	0,790	0,791	0,792
Cb	0,584	0,535	0,568	0,578	0,587	0,595	0,602	0,608
LCB (m)	6,576	6,572	6,561	6,558	6,555	6,551	6,548	6,544
LCF (m)	6,593	6,747	7,101	7,143	7,178	7,211	7,241	7,270

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 23. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de "Bodega al 100%".**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

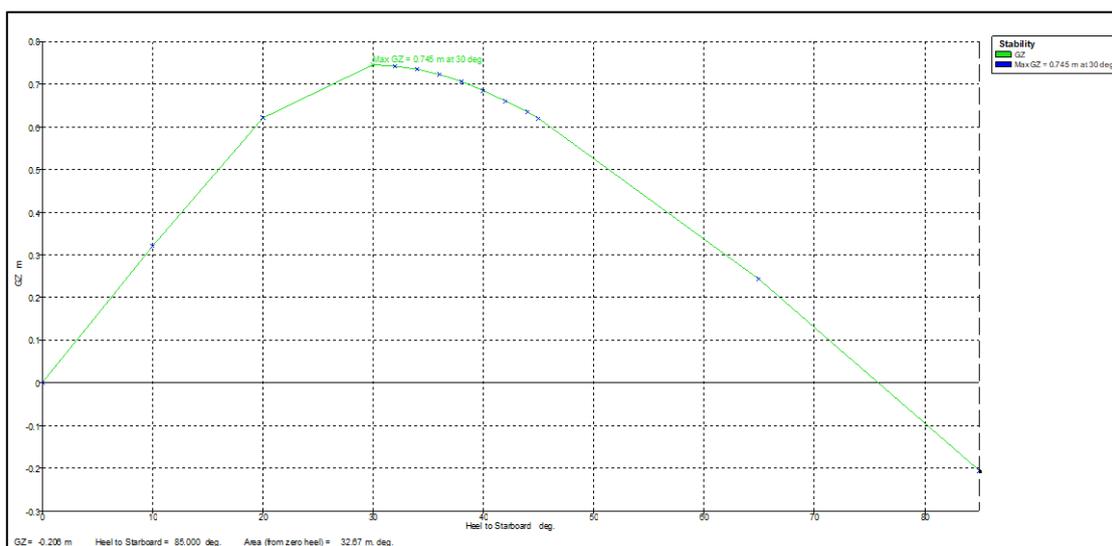
Regreso a puerto

**TABLA N° 23. VALORES PARA LA GRAFICO DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE REGRESO A PUERTO**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,321	0,622	0,745	0,743	0,735	0,722	0,705	0,685
Área bajo la curva GZ (m.deg)	1,606	6,318	13,149	14,637	16,115	17,572	19,000	20,390
Desplazamiento (t)	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000	128,000
Calado en FP (m)	1,621	1,572	1,436	1,402	1,367	1,329	1,290	1,248
Calado en AP (m)	1,926	1,927	1,932	1,940	1,950	1,963	1,977	1,993
Lwl (m)	16,820	16,801	16,748	16,735	16,721	16,707	16,693	16,677
Manga máx. en WL (m)	6,925	6,740	5,404	5,164	4,951	4,762	4,592	4,440
Área mojada (m <sup>2</sup> )	131,778	129,376	132,225	132,836	133,392	133,888	134,342	134,760
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	101,342	96,726	77,171	74,018	71,167	68,623	66,315	64,257
Cp	0,782	0,782	0,788	0,789	0,790	0,791	0,792	0,793
Cb	0,582	0,535	0,566	0,576	0,585	0,593	0,600	0,607
LCB (m)	6,580	6,576	6,566	6,563	6,559	6,556	6,553	6,549
LCF (m)	6,588	6,742	7,094	7,137	7,172	7,206	7,235	7,264

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 24. Curva GZ de la embarcación Buenos Aires en condición de "Regreso a puerto".**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Una vez obtenido los datos de las curvas GZ, podemos determinar si cumple los criterios de estabilidad básicos para una embarcación pesquera menor de 24 m de eslora según la FAO, por ello realizaremos una tabla con los datos obtenidos y los criterios determinados por la FAO:

**TABLA N° 24. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LAS CONDICIONES DE CARGA ANALIZADAS**

<b>VALORES DE ESTABILIDAD</b>	<b>CRITERIOS</b>	<b>C1</b>	<b>C2</b>	<b>C3</b>	<b>C4</b>	<b>C5</b>
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,275	0,270	0,222	0,227	0,229
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,400	0,408	0,341	0,352	0,356
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,125	0,138	0,119	0,125	0,126
GZmax		0,733	0,799	0,708	0,737	0,745
Ángulo en que se produce el GZmax	25° - 30°	30,0	34,0	30,0	30,0	30,0
Ángulo en que GZ > 0.20 m	30°	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Altura metacentrica (GM)	0,350 m	3,420	2,709	1,868	1,798	1,822
Punto de estabilidad nula		69,185	72,679	69,836	75,700	75,700

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Con estos datos se puede apreciar que la embarcación de pesca artesanal Buenos Aires, está dentro de los márgenes propuestos por la FAO para las embarcaciones pesqueras de menor escala para tener una buena estabilidad en el mar, no obstante, el ángulo del GZ máximo en cuatro de las cinco condiciones evaluadas está en el límite del valor idóneo con el aceptable; y conociendo los antecedentes de accidentes en nuestra costa, se realizará el rediseño para que la embarcación no solo sea aceptable, sino que tenga una muy buena estabilidad.

### 3.2 Propuesta de rediseño

#### 3.2.1 Requerimientos

El fin de esta propuesta de rediseño es buscar una buena estabilidad para la embarcación pesquera Buenos Aires, ajustándose a los requerimientos de la normativa nacional, la ley general de pesca, y la normativa internacional, dada por los diferentes registros para el cálculo y desarrollo del escantillado, al igual que la FAO y SOLAS que buscan la integridad tanto de la nave como la vida de los tripulantes. Por tanto, tomando como base que el permiso de pesca de la embarcación Buenos Aires, corresponde a una embarcación de pesca artesanal, la eslora de la nave no debe exceder de 15 m, y a su vez, la capacidad de bodega de la nave, no debe exceder los 32,6 m<sup>3</sup>.

También, considerando los antecedentes de zozobras de embarcaciones pesqueras en el litoral peruano, se deberá hacer una evaluación de la estabilidad de la nave y de ser necesario, mejorarla, disminuyendo la posibilidad de naufragio de la nave; para esto existen criterios para clasificar la estabilidad de una embarcación pesquera bridadas por la FAO.

### 3.2.2 Dimensiones

Para la propuesta de rediseño se contempla reducir la eslora a 15 m, con el fin de ajustarla al permiso de pesca de la embarcación, y disminuyendo lo más mínimo posible su dimensión, por lo que la manga y puntal se mantendrán con las mismas dimensiones, por tanto, las nuevas dimensiones serán:

Eslora (L): 15,00 m

Manga (B): 6,80 m

Puntal (D): 3,80 m

Calado (T): 1,80 m

### 3.2.3 Formas

Teniendo el modelo base del casco de la embarcación Buenos Aires, se iniciará la determinación de la forma del casco para el rediseño, conociendo que se debe reducir la eslora, se tomará la decisión de quitar parte de las secciones centrales de la nave, para mantener una forma constante en las líneas de agua de la nave, y reducir el uso de materiales para la reconstrucción o creación de nuevas secciones.

Al avanzar en el modelado, se considerará el reducir el calado máximo de la nave de 1,80 m a 1,50 m, con el fin de aumentar el francobordo y la posibilidad de embarcar agua en cubierta. El modelo se generó en el programa Maxsurf modeler, obteniendo la forma y los respectivos coeficientes de la nave.

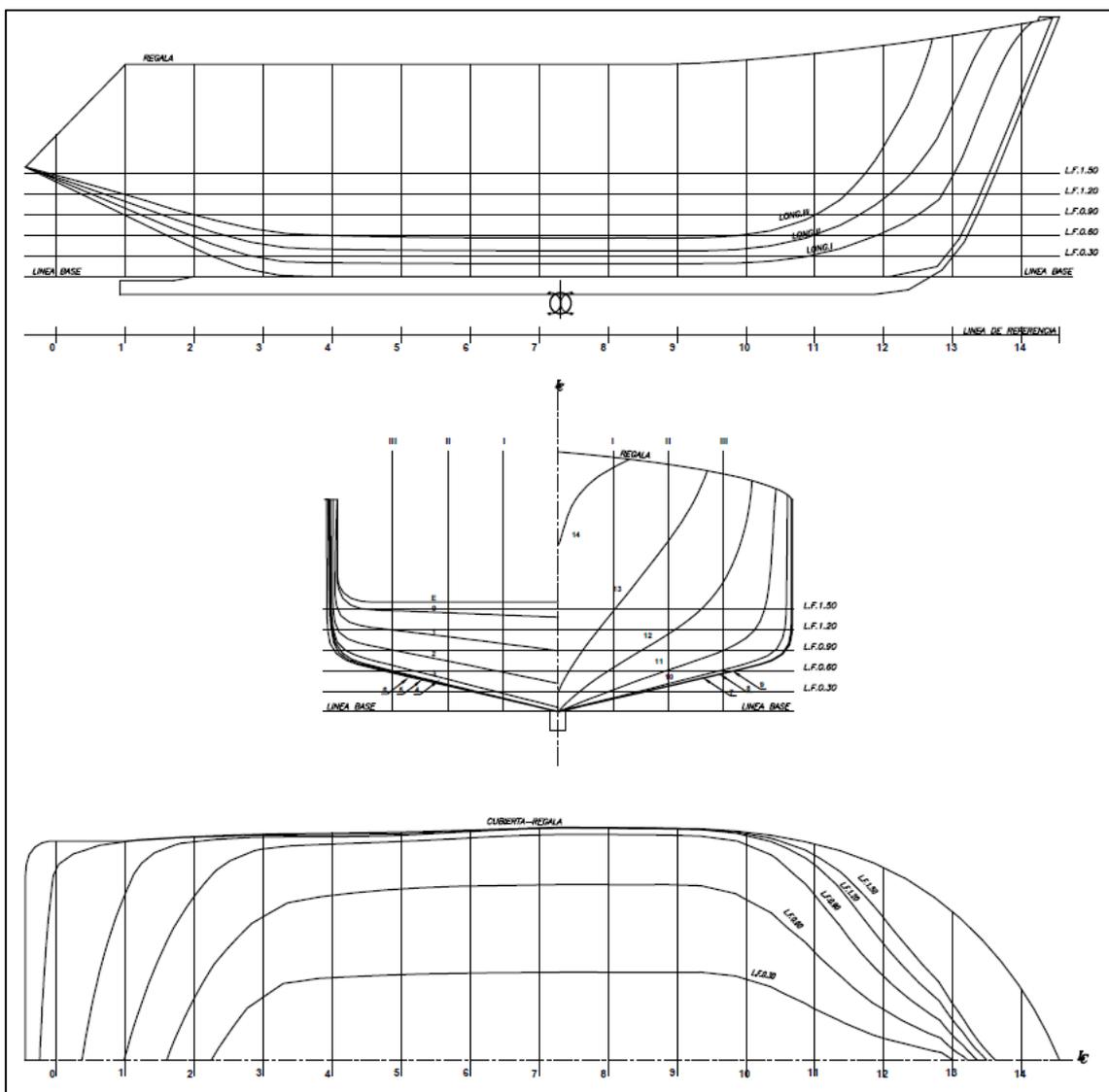


Figura N° 25. Líneas de formas para la propuesta de rediseño.

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 3.2.4 Hidrostática

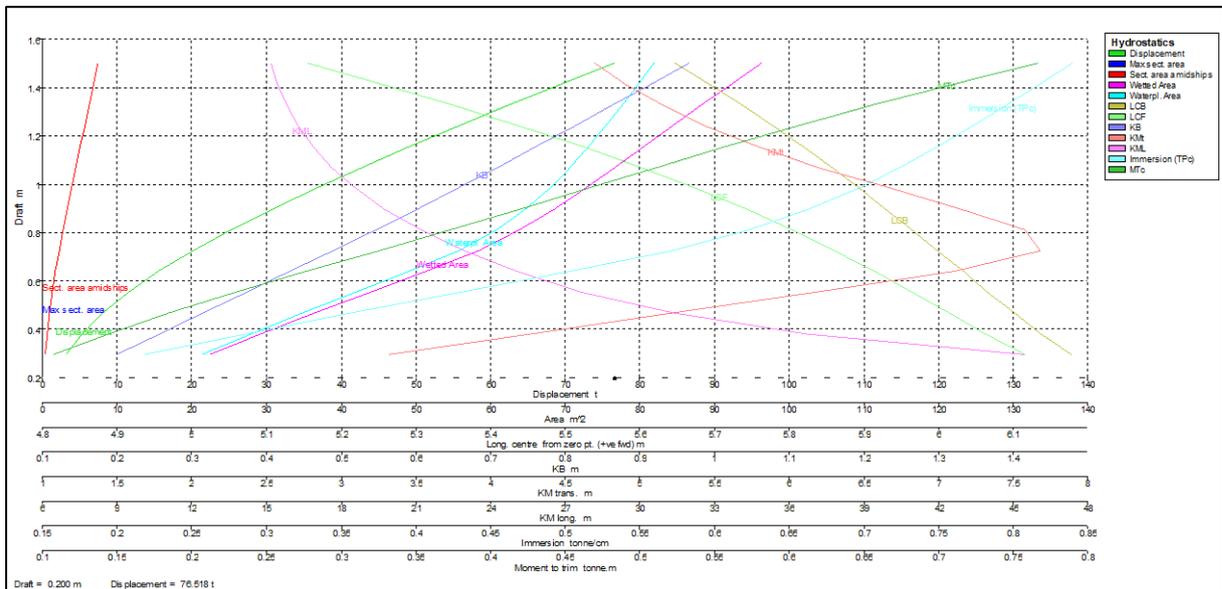
Con el modelo del casco ya diseñado en el programa Maxsurf, se procederá a la toma de datos respecto a la forma en diferentes condiciones de inmersión, para este caso se consideró tomar los calados de 1,2 m; 1,3 m; 1,4 m; y 1,5m. Con estos datos, se podrá graficar las curvas hidrostáticas de la nave, mostrándonos de una manera más general las características de la embarcación.

**TABLA N° 25. VALORES DE LA FORMA DEL CASCO DEL REDISEÑO A DIFERENTES CALADOS PARA EL TRAZADO DE LAS CURVAS HIDROSTÁTICAS**

HIDROSTÁTICAS DEL VOLUMEN SUMERGIDO PARA EL REDISEÑO				
Medición	T = 1,5 m	T = 1,4 m	T = 1,3 m	T = 1,2 m
Desplazamiento (t)	76,52	68,24	60,22	52,46
Volumen (m <sup>3</sup> )	74,653	66,579	58,752	51,183
L <sub>wl</sub> (m)	13,864	13,617	13,37	13,124
B <sub>wl</sub> máx. (m)	6,800	6,800	6,800	6,795
Superficie mojada (m <sup>2</sup> )	99,321	94,327	89,412	84,558
Área de sección máx. (m <sup>2</sup> )	7,428	6,747	6,066	5,386
Área WL (m <sup>2</sup> )	81,886	79,435	76,946	74,313
Cp	0,725	0,725	0,724	0,724
Cb	0,528	0,513	0,497	0,478
Cm	0,728	0,708	0,686	0,661
Cwp	0,868	0,857	0,846	0,833
LCB (m)	5,648	5,701	5,751	5,799
LCF (m)	5,156	5,271	5,378	5,482
KB	0,965	0,907	0,847	0,788
KMt	4,7	4,941	5,24	5,599
KML	15,186	15,502	15,957	16,543
TPc	0,839	0,814	0,789	0,762
MTc	0,921	0,838	0,762	0,688

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 26. Curvas hidrostáticas de la propuesta de rediseño de 0.3 m a 1.5 m de calado.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 3.2.5 Francobordo y compartimentación

#### 3.2.5.1 Francobordo

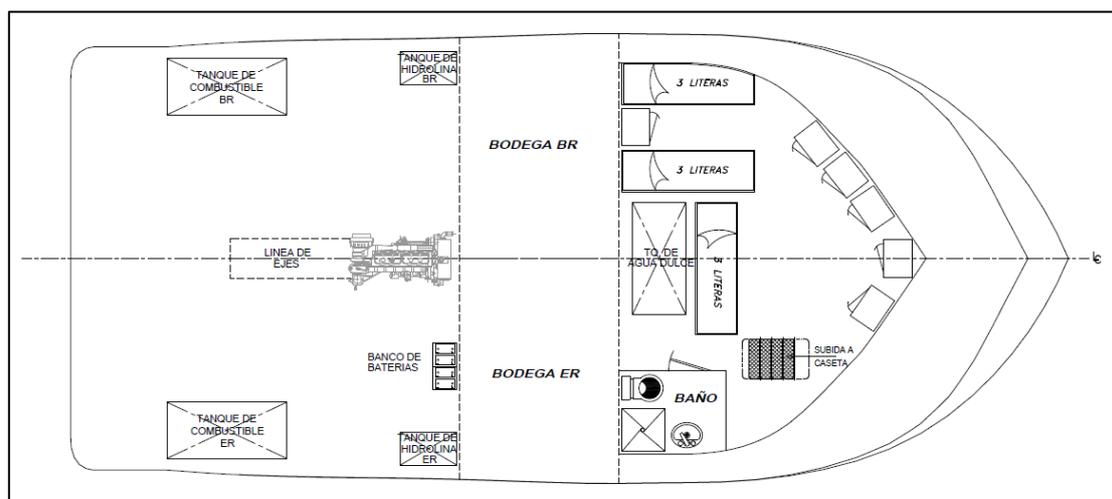
El francobordo mínimo para la embarcación Buenos Aires, según la JFA (Agencia pesquera de Japón), en donde clasifican la estabilidad y seguridad a este tipo de embarcaciones es 0,453 m, siendo calculado considerando un valor de 3,8 m para el puntal de diseño [28].

Considerando que nuestro nuevo calado será 1,5 m, y el cálculo del francobordo se determina por la resta de la distancia desde la quilla hasta el lado superior del forro de cubierta y el calado, tenemos, que el valor del nuevo francobordo es 1,2 m, siendo así un valor más que aceptable para una embarcación pesquera de madera.

#### 3.2.5.2 Compartimentación

Para este rediseño propondremos una nueva disposición de los elementos de sala de máquinas y de los tanques, esto con el fin de mejorar la estabilidad de la nave. Partiendo por la evaluación de la forma del casco del rediseño, esta nave tiende a un trimado negativo, hacia proa, por lo que la concentración de pesos será en popa, para mantener un trimado nulo, por lo cual:

- Reubicación de los tanques de combustibles.
- Reubicación del aparato motor de proa a popa.
- Reducción de la capacidad del tanque de hidrolina y reubicación del compartimiento del centro a popa.
- Adición de un nuevo tanque de combustible en el lazareto.
- Bajar el tanque de agua dulce de la caseta a bajo cubierta.



**Figura N° 27. Vista horizontal de la disposición general para la propuesta de rediseño.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Existiendo un redimensionamiento, también se tendrá que tener en cuenta las nuevas capacidades de algunas zonas de la embarcación, como la bodega y el de la caseta; la bodega con el fin de ajustarse a la ley general de pesca del Perú y la caseta para mantener en todo lo posible el área de trabajo en cubierta.

#### Capacidad de la bodega

La ley general de pesca establece que la capacidad de bodega de las embarcaciones de pesca artesanal en el Perú no debe exceder de 32,60 m<sup>3</sup>; siendo la capacidad actual de la embarcación Buenos Aires mucho mayor que la establecida, se reducirá el número de cuatro bodegas a dos bodegas, también se mantendrá la separación de cuadernas, con estos factores obtendremos el volumen de la bodega.

$$\nabla_{Bodega} = 29,3 \text{ m}^3$$

#### Volumen de acomodaciones

En la embarcación Buenos Aires, todo lo que refiere a la habitabilidad de la nave se encuentra en la caseta, con un volumen aproximado de 50 m<sup>3</sup>, el mantener la capacidad de la caseta infiera en reducir el área de trabajo en cubierta, por lo cual también se reducirá el volumen de la caseta aproximadamente a la mitad de su capacidad, reduciendo su dimensión en eslora, y habilitando espacios bajo cubierta para la habitabilidad del personal; y también reduciendo la capacidad de tripulantes de 11 a 9 tripulantes.

$$\nabla_{Caseta} = 26 \text{ m}^3$$

### 3.2.6 Estructuras

Para determinar el escantillonado de la estructura del rediseño de nuestra embarcación, se utilizará el registro naval “Bureau Veritas”, en el apartado para la “Clasificación y construcción de buques pesqueros de madera” publicado en el año 1963.

En este reglamento el escantillonado es calculado para embarcaciones de madera, se establece el dimensionamiento de los componentes estructurales para madera de roble con una densidad de 700 Kg/m<sup>3</sup> y con un 15% de contenido de humedad. El reglamento nos permite realizar una corrección de dimensiones según el tipo de madera a utilizar; pero, debido a que este cálculo está directamente relacionado con la densidad, esta corrección será hecha con una relación de altura del componente y la densidad del material.

#### Determinación del numeral para el escantillonado

Como ya se mencionó en el apartado del escantillonado, se deberá establecer dimensiones de reglamento, de las cuales algunas dimensiones serán tomadas directamente del modelado

digital y otras como la eslora de reglamento y el numeral reglamentario serán calculados con la ecuación 16 y 17 previamente descritas en el apartado de escantillonado; entonces, nuestros valores obtenidos son:

**TABLA N° 26. VALORES INICIALES PARA LA DETERMINACIÓN DEL ESCANTILLONADO DEL REDISEÑO**

Dimensión de reglamento	Valor
L	13,13 m
B	6,80 m
C	3,80 m
H	3,20 m
N	339,15 m <sup>3</sup>

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Dimensiones de los elementos estructurales según reglamento

Los valores obtenidos por según las tablas del reglamento son:

**TABLA N° 27. VALORES DE ESCANTILLONADO PROPUESTOS POR "BUREAU VERITAS"  
PARA LA PROPUESTA DE REDISEÑO**

Elemento	Ancho (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Distancia (cm)
Quilla	22,0	28,0		
Sobrequilla	23,0	22,0		
Roda - Codaste	22,0	33,0		
Cuaderna en la cubierta	9,5	10,5		45,0
Cuaderna en el pantoque		14,5		
Cuaderna en el pie		17,5		
Varenga con sobrequilla	9,5	23,5		
Forro ordinario			4,0	
Forro reforzado			6,2	
Desarrollo de las tracas de cinta				86,0
Desarrollo de las tracas de pantoque				65,0
Durmiente	19,0	8,5		
Sotadurmiente	19,0	6,2		
Trancanil	13,0	7,4		
Baos ordinarios	14,5	15,0	67,5 88,0	
Forro de la cubierta			5,5	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Correcciones del reglamento por el numeral y la relación de dimensiones

El reglamento establece 3 criterios para la modificación de las dimensiones de los elementos estructurales, siendo el aumento del numeral N, corrección de escantillonado  $C_1$  y la corrección  $C_2$ . Para ello obtendremos las siguientes correcciones:

**TABLA N° 28. TABLA DE VALORES PARA LAS CORRECCIONES IMPUESTAS POR "BUREAU VERITAS"**

	Valor	Corrección	Elementos
Aumento del Numeral	3,45	0	Quilla, sobrequilla, anchura cuadernas y varengas; espesor del forro; durmientes y trancañil
Corrección C <sub>2</sub>	0,84	0	Altura de la cuaderna y desarrollo de cinta y pantoque
Corrección C <sub>1</sub>		12%	Altura de la cuaderna y desarrollo de cinta y pantoque

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Por tanto, las nuevas dimensiones de los elementos estructurales serán:

**TABLA N° 29. VALORES DE ESCANTILLONADO REALIZANDO LAS CORRECCIONES DADAS  
POR "BUREAU VERITAS"**

Elemento	Ancho (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Distancia (cm)
Quilla	22,0	28,0		
Sobrequilla	23,0	22,0		
Roda - Codaste	22,0	33,0		
Cuaderna en la cubierta	9,5	11,8		45,0
Cuaderna en el pantoque		16,2		
Cuaderna en el pie		19,6		
Varenga con sobrequilla	9,5	23,5		
Forro ordinario			4,0	
Forro reforzado			6,2	
Desarrollo de las tracas de cinta				96,3
Desarrollo de las tracas de pantoque				72,8
Durmiente	19,0	8,5		
Sotadurmiente	19,0	6,2		
Trancanil	13,0	7,4		
Baos ordinarios	14,5	15,0	67,5	
			88,0	
Forro de la cubierta			5,5	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### Corrección de los elementos por la variación de la densidad del material

El reglamento establece que, debido al diferente tipo de madera usado, se realizará una corrección adicional delimitada por la densidad del material a utilizar; utilizando la ecuación 19 obtendremos que:

Para los elementos contruidos con tornillo:

$$h_1 = \frac{0,88}{h_2}$$

Para los elementos contruidos con faique:

$$h_1 = \frac{1,05}{h_2}$$

Donde:

$h_1$ : *Altura del elemento de rediseño*

$h_2$ : *Altura del elemento del reglamento*

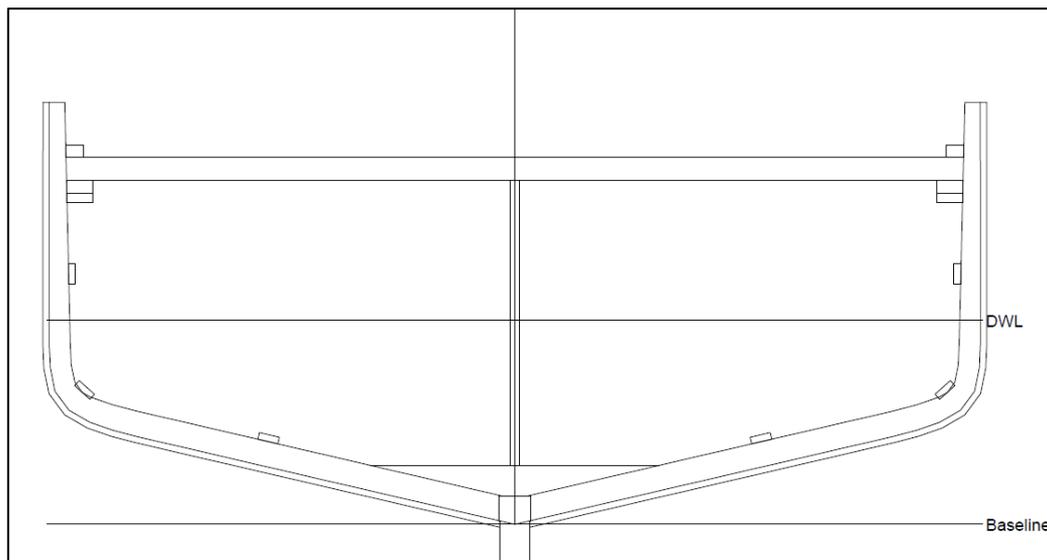
Entonces, obtendremos como valores del escantillonado final:

**TABLA N° 30. VALORES DE ESCANTILLONADO APLICANDO LA CORRECCIÓN POR VARIACIÓN DE DENSIDAD DE LAS MADERAS**

Elemento	Ancho (cm)	Altura (cm)	Espesor (cm)	Distancia (cm)
Quilla	22,0	26,7		
Sobrequilla	23,0	21,0		
Roda - Codaste	22,0	31,5		
Cuaderna en la cubierta	9,5	11,2		45,0
Cuaderna en el pantoque		15,5		
Cuaderna en el pie		18,7		
Varenga con sobrequilla	9,5	22,4		
Forro ordinario			4,6	
Forro reforzado			7,1	
Desarrollo de las tracas de cinta				107,9
Desarrollo de las tracas de pantoque				81,5
Durmiente	19,0	9,7		
Sotadurmiente	19,0	7,1		
Trancanil	13,0	8,4		
Baos ordinarios	14,5	17,0	67,5	
			88,0	
Forro de la cubierta			5,5	

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.



**Figura N° 28. Modelo de la sección maestra según el escantillado propuesto.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

### 3.2.7 Resistencia y potencia

Con las dimensiones y coeficientes establecidos para nuestro rediseño, y con el modelado de este en el programa Maxsurf modeler, se procederá a hacer una simulación para determinar la resistencia al avance de la nave, seleccionando el método Holtrop para la simulación y obtención de datos, debido a la clasificación de la nave y a su característica desplazante.

**TABLA N° 31. VALORES DE RESISTENCIA AL AVANCE DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO**

Velocidad (kn)	Froude N° Lwl	Froude N° Vol.	Holtrop Resist. (kN)	Holtrop Pot. (kW)
1,00	0,044	0,079	0,100	0,046
2,00	0,087	0,157	0,300	0,328
3,00	0,131	0,236	0,700	1,043
4,00	0,175	0,315	1,200	2,375
5,00	0,219	0,393	1,800	4,527
6,00	0,262	0,472	2,600	7,947
7,00	0,306	0,551	4,000	14,246
8,00	0,350	0,629	6,700	27,480
9,00	0,394	0,708	10,000	46,221
10,00	0,437	0,787	11,700	60,435

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El motor de la embarcación Buenos Aires se mantendrá para este rediseño, Volvo Penta D7A TA, cuyo consumo es equivalente a 213 g/kW.h generando una potencia de 130 kW. Para el rediseño se plantea el obtener una mayor autonomía de navegación, desplazándose a una mayor velocidad. La actual embarcación Buenos Aires, con el dato de consumo, y navegando a una velocidad máxima constante de 8 nudos, es capaz de navegar un poco menos de 8 días.

El rediseño cuenta con tres tanques de combustible, con una capacidad de 2,83 toneladas de diésel en total; como se muestra en la tabla de resistencia al avance anterior, el rediseño navega a 9 nudos con una potencia de 46,22 kW, asumiendo un rendimiento del sistema de propulsión de 0,55, al igual que en el cálculo de la autonomía de la Buenos Aires, la potencia necesaria que debe generar el aparato motor es de 84,04 kW.

Con estos datos podemos concluir que el consumo específico del motor es igual a 137,69 g/kW.h; con este valor determinaremos que el tiempo de navegación, con una velocidad máxima de 9 nudos, es:

$$\text{Autonomía de navegación (horas)} = \frac{\text{Capacidad de combustible (g)}}{P_{AM} \text{ (kW)} \times \text{Consumo A.M. (g/kW} \times \text{h)}}$$

$$\text{Autonomía de navegación (horas)} = \frac{2827440 \text{ g}}{84,04 \text{ kW} \times 137,69 \text{ g/kW} \times \text{h}}$$

$$\text{Autonomía de navegación (horas)} = 244.35 \text{ horas}$$

Por tanto, obtendremos una autonomía de navegación de un poco más de 10 días, lo cual ya nos da una permanencia de 2 días más en alta mar en relación con la embarcación actual, además de navegar a una velocidad de 9 nudos, un nudo mayor que la velocidad máxima de la Buenos Aires.

### 3.2.8 Estimación de pesos

Para la estimación de pesos se procederá a realizar una aproximación por relaciones de dimensiones y volúmenes, tomando como buque base a la embarcación Buenos Aires, por tanto, conociendo los pesos de esta nave, procederemos a calcular el peso rosca de la nave.

#### Peso de la estructura de la nave

El peso del casco será calculado con una relación comparando el número cúbico de las embarcaciones; además del aumento de un 5% del valor obtenido, con esto considerando un factor de error para el cálculo del peso.

$$P_{SC} = \frac{L \times B \times D}{L_0 \times B_0 \times D_0} \times P_{SC0} \times 1,05$$

$$P_{SC} = 32764 \text{ Kg}$$

### Peso de la estructura de la caseta

El peso de la caseta, será determinado por la relación del volumen de ambas casetas.

$$P_{Caseta} = \frac{\nabla_{Caseta}}{\nabla_{Caseta 0}} \times P_{Caseta 0}$$

$$P_{Caseta} = 2529 \text{ Kg}$$

### Otros pesos

Para la determinación de los pesos restantes del rediseño se tomarán el mismo valor que el de la embarcación Buenos Aires, debido a la reutilización de estos componentes para el rediseño.

### Centros de gravedad

Los centros de gravedad de todos los pesos pertenecientes al peso rosca de la nave se determinarán con una relación, entre el valor del centro de gravedad de los pesos en la embarcación Buenos Aires, y la comparación del puntal y eslora para la determinación del KG y LCG respectivamente.

**TABLA N° 32. ESTIMACIÓN DE PESOS PARA LA PROPUESTA DE REDISEÑO**

<b>CALCULO DE PESOS DEL REDISEÑO</b>			
Ítem de peso	Peso (Kg)	VCG (m)	LCG (m)
Estructura casco	32764	2,340	-0,305
Estructura caseta	2529	6,200	2,467
Trabajos carpintería	3884	2,259	-0,579
Fitting del casco	1023	2,012	1,387
Mástil	200	9,899	0,305
Maquinaria	2824	1,755	-3,100
Sistema del buque	386	2,493	2,643
Instalación eléctrica	86	4,855	1,475
Instalaciones de cubierta	590	4,429	-0,305
Absorción de agua	785	0,900	0,000
Pintura (3% ABC)	470	2,611	0,000
	45541	2,548	-0,270

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

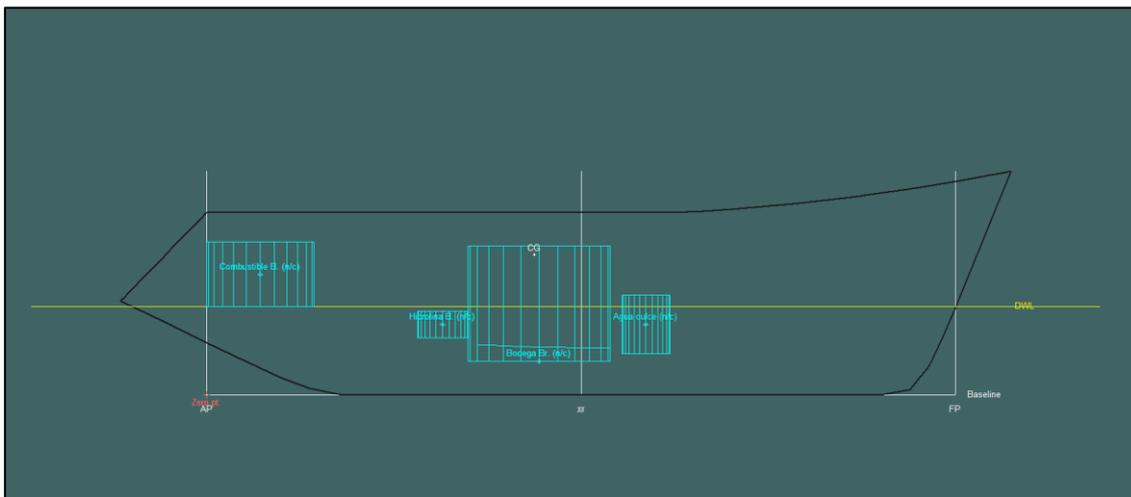
Por tanto, el valor del peso rosca o del buque liviano es:

**TABLA N° 33. RESULTADO DE LA ESTIMACIÓN PARA EL CÁLCULO DEL PESO DEL BUQUE ROSCA**

Pesos y centro de gravedad del buque liviano			
Ítem de peso	Peso (t)	KG (m)	LCG (m)
Buque liviano	45,541	2,548	6,039

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.



**Figura N° 29. Modelado de la disposición general para la propuesta de rediseño.**

Fuente: Maxsurf

Elaboración: Propia

## 3.2.9 Condiciones de carga

Para las condiciones de carga, en principio se considerarán tres; las cuales son:

**TABLA N° 34. CALCULO DE PESOS PARA EL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO**

CONDICIÓN SALIDA DE PUERTO					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento. Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	45,541	2,548	116,034	6,039	275,008
Combustible	2,827	2,050	5,796	0,900	2,545
Agua de consumo	1,224	1,200	1,469	7,400	9,058
Tripulación	0,720	1,700	1,224	8,400	6,048
Provisiones	0,495	3,200	1,584	8,400	4,158
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	0,000	1,543	0,000	5,600	0,000
Hielo	7,400	1,556	11,516	4,735	35,040
Hidrolina	0,313	1,200	0,376	3,975	1,244
Total	61,020	2,389	145,749	5,516	336,600

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

**TABLA N° 35. CALCULO DE PESOS PARA EL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80%**

BODEGA AL 80% Y CONSUMIBLES AL 50%					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	45,541	2,548	116,034	6,039	275,008
Combustible	1,414	2,050	2,898	0,900	1,272
Agua de consumo	0,612	1,200	0,734	7,400	4,529
Tripulación	0,720	1,700	1,224	8,400	6,048
Provisiones	0,248	3,200	0,792	8,400	2,079
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	19,914	1,543	30,717	5,600	111,517
Hidrolina	0,157	1,200	0,188	3,975	0,622
Total	71,104	2,255	160,337	5,690	404,575

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

**TABLA N° 36. CALCULO DE PESOS PARA EL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100%**

BODEGA AL 100% Y CONSUMIBLES AL 50%					
Ítem Pesos	Peso (t)	VCG (m)	Momento Vertical (t.m) (eje z)	LCG (m)	Momento Longitudinal (t.m) (eje x)
Buque Liviano	45,541	2,548	116,034	6,039	275,008
Combustible	1,414	2,050	2,898	0,900	1,272
Agua de consumo	0,612	1,200	0,734	7,400	4,529
Tripulación	0,720	1,700	1,224	8,400	6,048
Provisiones	0,248	3,200	0,792	8,400	2,079
Red de pesca	2,500	3,100	7,750	1,400	3,500
Carga	24,892	1,543	38,396	5,600	139,396
Hidrolina	0,157	1,200	0,188	3,975	0,622
Total	76,083	2,208	168,016	5,684	432,454

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

### 3.2.10 Estabilidad

Los criterios de estabilidad utilizados para este análisis son los propuestos por la FAO para la práctica de seguridad relativas de estabilidad de buques pesqueros pequeños en el año 2009. La cual trabaja alrededor de los valores obtenidos en las curvas GZ, en donde se muestra gráficamente los valores GZ en metros, siendo este un valor fundamental para la generación de la fuerza adrizante en el momento de escora de la nave. Además de que nos muestra la capacidad de la nave ante una estabilidad dinámica, generada por la variedad de fuerzas externas a la que está sometida nuestro buque en mar abierto, ya sea aire (viento), olas, etc. En donde la capacidad de reacción de la nave frente a las condiciones externas se da por el valor obtenido del área bajo la curva GZ.

También nos indica de la variación que hay en esta curva a las diferentes condiciones de carga, pues la distribución de pesos cambia a lo largo de la faena de la nave, como se visualiza en el apartado de condiciones de carga, por lo cual el análisis de estabilidad se realizará a las diferentes condiciones de carga en las que se somete el buque. Entonces, el primer paso que se ejecutara en este apartado es la realización de las curvas GZ mediante una tabla.

Las condiciones de carga consideradas son: Condición de buque liviano, el cual es la embarcación contando solo el peso rosca de la nave, sin ningún peso muerto como el de las bodegas o de consumibles; Salida de puerto, el cual es realizado considerando a la bodega sin

carga y a los tanques de consumibles con un 100% de capacidad; Almacenamiento de la captura, siendo esta condición después de realizada la captura y se procede al llenado gradual e igualitario de las bodegas con la pesca, para esto se considera a la bodega con un 80% y a los consumibles con un 50%; Faena terminada, para esta condición se basa en el llenado completo de la bodega con la pesca y se procederá al retorno al puerto, por tanto, la bodega se considerara con un 100% y los consumibles se mantendrá en 50%; Llegada a puerto, en esta se tomará la condición de la bodega a 100% de capacidad y un 10% de consumibles.

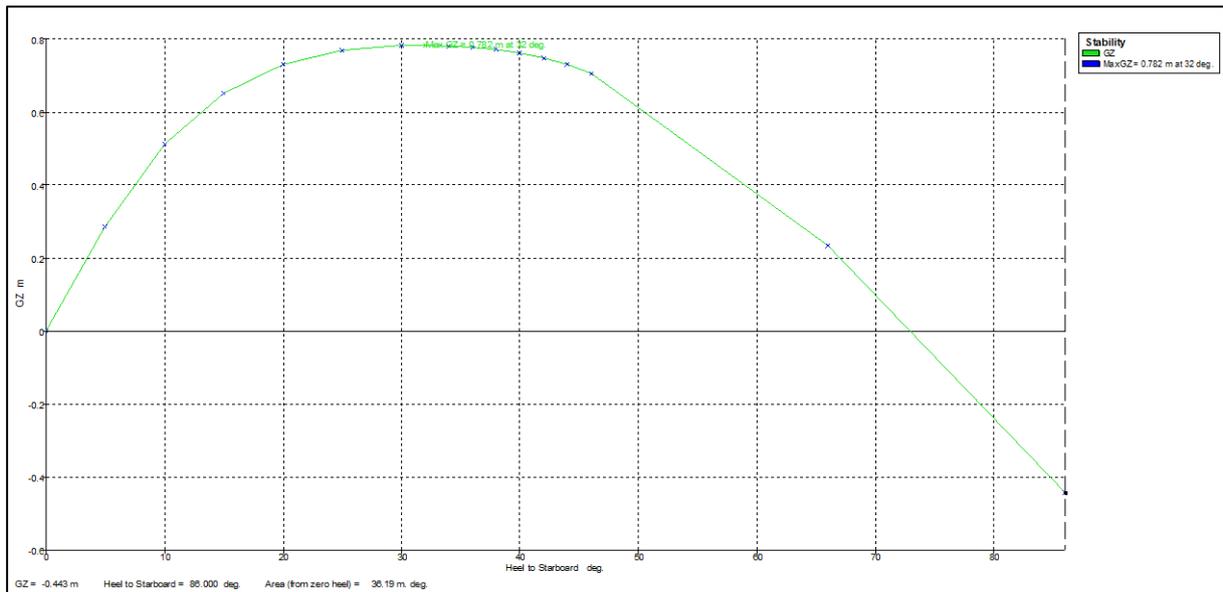
### Buque liviano

**TABLA N° 37. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BUQUE LIVIANO**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,51	0,73	0,78	0,78	0,78	0,78	0,77	0,76
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,56	8,77	16,33	17,90	19,46	21,02	22,56	24,10
Desplazamiento (t)	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54	45,54
Calado en FP (m)	1,21	1,17	1,06	1,02	0,98	0,94	0,89	0,84
Calado en AP (m)	0,96	0,72	0,37	0,28	0,18	0,08	-0,03	-0,15
Lwl (m)	13,24	13,93	13,89	13,88	13,86	13,84	13,82	13,79
Manga máx. en WL (m)	6,20	5,40	5,07	5,04	5,02	5,01	4,91	4,75
Área mojada (m <sup>2</sup> )	74,48	70,38	68,46	68,25	68,11	68,01	68,02	68,11
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	65,50	58,82	55,37	54,99	54,74	54,57	54,19	53,49
Cp	0,68	0,64	0,63	0,63	0,62	0,62	0,62	0,62
Cb	0,47	0,45	0,40	0,39	0,38	0,37	0,37	0,37
LCB (m)	6,08	6,11	6,14	6,15	6,15	6,16	6,17	6,17
LCF (m)	5,72	5,72	5,83	5,86	5,89	5,91	5,93	5,94

Fuente: Propia

Elaboración: Propia



**Figura N° 30. Curva GZ del rediseño en condición de “Buque liviano”.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Aplicación de criterios de estabilidad

**TABLA N° 38. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BUQUE LIGERO**

VALORES DE ESTABILIDAD	CRITERIOS	VALORES
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,285
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,421
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,136
GZmax		0,78
Ángulo en que se produce el GZmax	25°	32,00
Ángulo en que GZ > 0,20 m	30°	10,00
Altura metacéntrica (GM)	0,350 m	3,38
Punto de estabilidad nula		72,88

Elaboración: Propia

Fuente: Propia

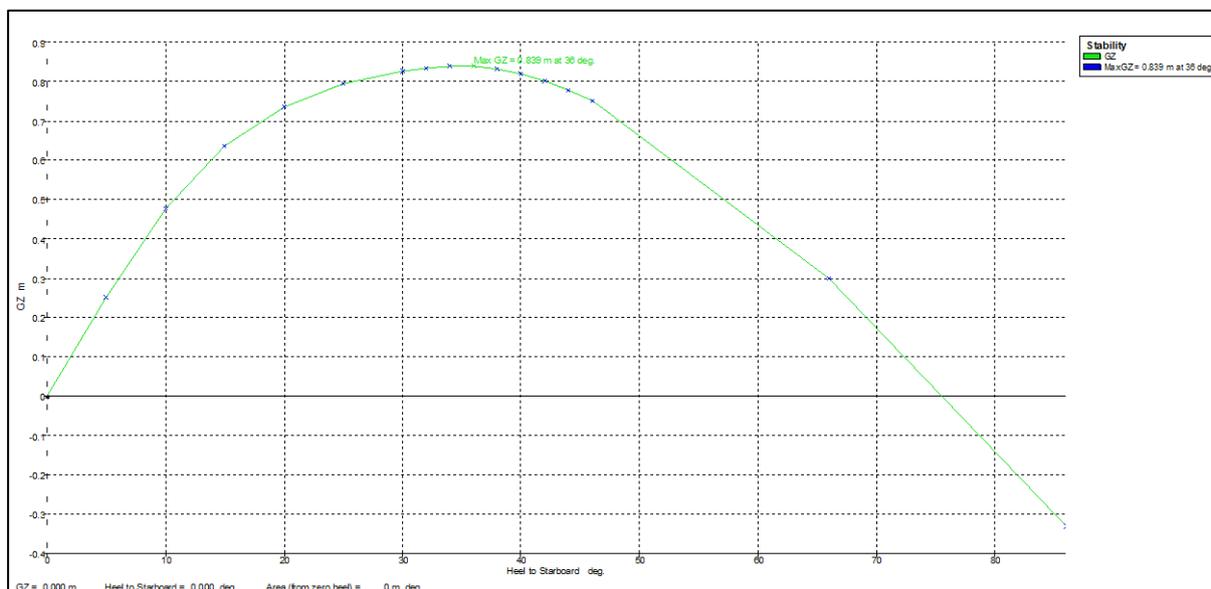
## Salida de puerto

**TABLA N° 39. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,48	0,74	0,83	0,83	0,84	0,84	0,83	0,82
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,38	8,44	16,25	17,91	19,58	21,26	22,93	24,59
Desplazamiento (t)	61,16	61,15	61,15	61,16	61,16	61,16	61,16	61,16
Calado en FP (m)	1,21	1,16	1,02	0,98	0,94	0,89	0,84	0,79
Calado en AP (m)	1,35	1,20	0,94	0,88	0,80	0,73	0,65	0,56
Lwl (m)	13,95	13,92	13,87	13,85	13,83	13,80	13,78	13,75
Manga máx. en WL (m)	6,56	5,72	5,33	5,29	5,19	5,04	4,86	4,70
Área mojada (m <sup>2</sup> )	87,14	81,84	79,47	79,24	79,17	79,39	79,68	79,96
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	74,79	65,76	61,42	60,98	60,25	58,76	57,01	55,36
Cp	0,72	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73	0,73
Cb	0,50	0,51	0,46	0,45	0,45	0,45	0,46	0,47
LCB (m)	5,50	5,52	5,53	5,53	5,54	5,54	5,54	5,55
LCF (m)	5,27	5,42	5,56	5,58	5,60	5,63	5,67	5,71

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.



**Figura N° 31. Curva GZ del rediseño en condición de “Salida de puerto”.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

## Aplicación de criterios de estabilidad

**TABLA N° 40. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE SALIDA DE PUERTO**

VALORES DE ESTABILIDAD	CRITERIOS	VALORES
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,284
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,429
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,145
GZmax		0,84
Ángulo en que se produce el GZmax	25°	36,00
Ángulo en que $GZ > 0,20$ m	30°	10,00
Altura metacéntrica (GM)	0,350 m	2,92
Punto de estabilidad nula		75,45

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

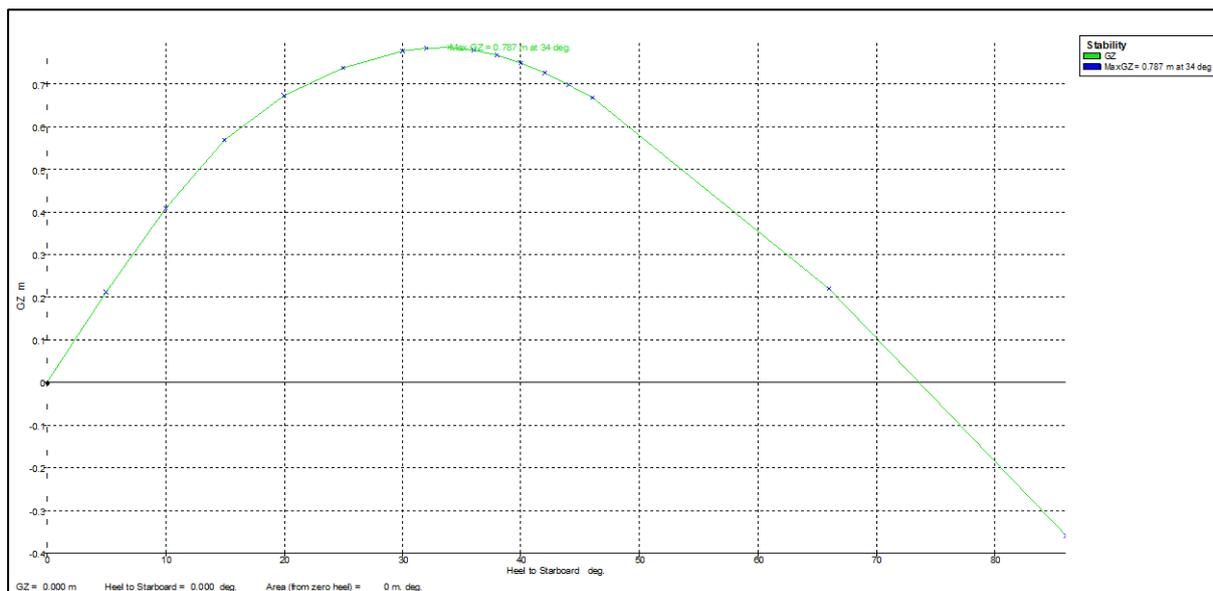
Bodega a un 80% y consumibles a 50%

**TABLA N° 41. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80%**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,41	0,67	0,78	0,79	0,79	0,78	0,77	0,75
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,05	7,47	14,73	16,30	17,87	19,44	20,98	22,50
Desplazamiento (t)	71,41	71,40	71,41	71,41	71,41	71,41	71,41	71,41
Calado en FP (m)	1,47	1,46	1,35	1,32	1,29	1,25	1,22	1,18
Calado en AP (m)	1,38	1,25	1,01	0,94	0,88	0,81	0,74	0,66
Lwl (m)	14,06	14,05	14,01	14,00	13,98	13,97	13,95	13,94
Manga máx. en WL (m)	6,77	6,06	5,56	5,32	5,09	4,89	4,72	4,56
Área mojada (m <sup>2</sup> )	92,37	87,83	85,54	85,70	86,02	86,40	86,77	87,10
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	77,88	69,57	64,72	63,13	61,20	59,16	57,25	55,51
Cp	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72	0,72	0,72
Cb	0,51	0,50	0,46	0,47	0,48	0,48	0,49	0,50
LCB (m)	5,71	5,73	5,74	5,75	5,75	5,75	5,76	5,76
LCF (m)	5,36	5,53	5,66	5,67	5,69	5,73	5,76	5,80

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.



**Figura N° 32. Curva GZ del rediseño en condición de "Bodega al 80%".**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Aplicación de criterios de estabilidad

**TABLA N° 42. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 80%**

VALORES DE ESTABILIDAD	CRITERIOS	VALORES
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,257
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,393
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,136
GZmax		0,79
Ángulo en que se produce el GZmax	25°	34,00
Ángulo en que GZ > 0,20 m	30°	10,00
Altura metacéntrica (GM)	0,350 m	2,44
Punto de estabilidad nula		73,48

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

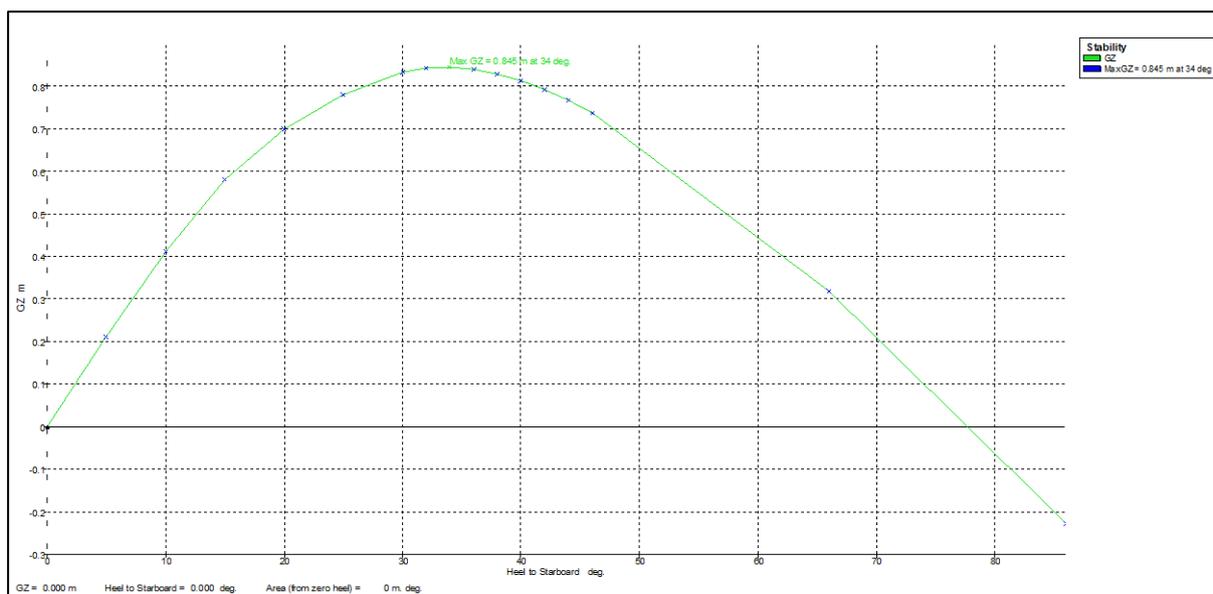
Bodega a 100% y consumibles a 50%

**TABLA N° 43. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100%**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,41	0,70	0,83	0,84	0,85	0,84	0,83	0,81
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,05	7,61	15,28	16,96	18,65	20,33	22,00	23,65
Desplazamiento (t)	76,39	76,38	76,39	76,39	76,39	76,39	76,39	76,39
Calado en FP (m)	1,54	1,53	1,43	1,40	1,38	1,35	1,31	1,28
Calado en AP (m)	1,44	1,32	1,10	1,04	0,98	0,92	0,86	0,79
Lwl (m)	14,09	14,08	14,04	14,03	14,02	14,01	13,99	13,98
Manga máx. en WL (m)	6,82	6,19	5,52	5,27	5,05	4,85	4,68	4,52
Área mojada (m <sup>2</sup> )	94,87	90,79	88,77	89,11	89,54	89,96	90,34	90,69
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	79,11	71,28	65,44	63,32	61,07	58,96	57,04	55,30
Cp	0,71	0,72	0,72	0,72	0,72	0,72	0,73	0,73
Cb	0,52	0,50	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51	0,52
LCB (m)	5,71	5,72	5,73	5,73	5,74	5,74	5,74	5,75
LCF (m)	5,35	5,54	5,66	5,68	5,71	5,75	5,78	5,81

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.



**Figura N° 33. Curva GZ del rediseño en condición de “Bodega al 100%”.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

## Aplicación de criterios de estabilidad

**TABLA N° 44. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE BODEGA AL 100%**

VALORES DE ESTABILIDAD	CRITERIOS	VALORES
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,267
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,413
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,146
GZmax		0,85
Ángulo en que se produce el GZmax	25°	34,00
Ángulo en que $GZ > 0,20$ m	30°	10,00
Altura metacéntrica (GM)	0,350 m	2,44
Punto de estabilidad nula		77,61

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia

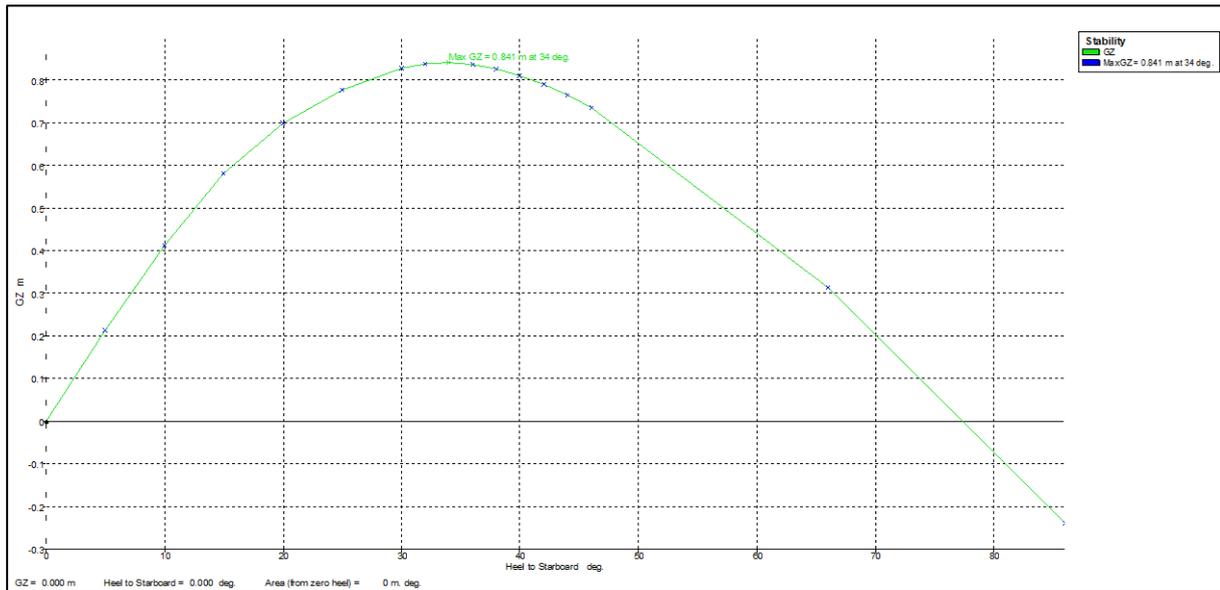
Retorno a puerto

**TABLA N° 45. TABLA DE VALORES PARA LA GENERACIÓN DE LA CURVA GZ EN CONDICIÓN DE RETORNO A PUERTO**

Angulo de escora en grados	10,0	20,0	30,0	32,0	34,0	36,0	38,0	40,0
GZ (m)	0,41	0,70	0,83	0,84	0,84	0,84	0,83	0,81
Área bajo la curva GZ (m.deg)	2,07	7,64	15,28	16,95	18,63	20,31	21,97	23,61
Desplazamiento (t)	74,59	74,58	74,59	74,59	74,59	74,59	74,59	74,59
Calado en FP (m)	1,55	1,55	1,45	1,43	1,40	1,37	1,34	1,31
Calado en AP (m)	1,39	1,26	1,02	0,96	0,90	0,83	0,76	0,69
Lwl (m)	14,09	14,09	14,05	14,04	14,03	14,02	14,01	14,00
Manga máx. en WL (m)	6,81	6,17	5,52	5,28	5,06	4,86	4,68	4,53
Área mojada (m <sup>2</sup> )	93,78	89,60	87,53	87,79	88,17	88,58	88,96	89,31
Área de plano de flotación (m <sup>2</sup> )	78,56	70,70	65,22	63,34	61,26	59,16	57,23	55,48
Cp	0,70	0,70	0,71	0,71	0,71	0,71	0,71	0,72
Cb	0,50	0,49	0,46	0,47	0,48	0,49	0,50	0,51
LCB (m)	5,78	5,79	5,81	5,81	5,81	5,82	5,82	5,82
LCF (m)	5,39	5,57	5,68	5,69	5,72	5,75	5,79	5,82

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.



**Figura N° 34. Curva GZ del rediseño en condición de “Retorno a puerto”.**

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Aplicación de criterios de estabilidad

**TABLA N° 46. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LOS VALORES DEL REDISEÑO EN CONDICIÓN DE REGRESO A PUERTO**

VALORES DE ESTABILIDAD	CRITERIOS	VALORES
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,267
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,412
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,145
GZmax		0,84
Ángulo en que se produce el GZmax	25°	34,00
Ángulo en que GZ > 0.20 m	30°	10,00
Altura metacéntrica (GM)	0,350 m	2,45
Punto de estabilidad nula		77,31

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Y para finalizar este punto, realizaremos un cuadro resumen de los criterios de estabilidad en las diferentes condiciones de carga.

**TABLA N° 47. TABLA COMPARATIVA DE LOS CRITERIOS DE ESTABILIDAD DE LA FAO CON LAS CONDICIONES DE CARGA ANALIZADAS PARA EL REDISEÑO**

VALORES DE ESTABILIDAD	CRITERIOS	C1	C2	C3	C4	C5
Área bajo la curva de 0°-30°	0,055 m.rad	0,285	0,284	0,257	0,267	0,267
Área bajo la curva de 0°-40°	0,090 m.rad	0,421	0,429	0,393	0,413	0,412
Área bajo la curva de 30°-40°	0,030 m.rad	0,136	0,145	0,136	0,146	0,145
GZmax		0,78	0,84	0,79	0,85	0,84
Ángulo en que se produce el GZmax	25° - 30°	32,00	36,00	34,00	34,00	34,00
Ángulo en que GZ > 0.20 m	30°	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Altura metacentrica (GM)	0,350 m	3,38	2,92	2,44	2,44	2,45
Punto de estabilidad nula		72,88	75,45	73,48	77,61	77,31

Fuente: Propia.

Elaboración: Propia.

Entonces, como se puede apreciar en la tabla anterior, la estabilidad de nuestro rediseño cumple y supera satisfactoriamente la estabilidad mínima impuesta por la FAO, y los resultados de la estabilidad de la embarcación pesquera Buenos Aires respectivamente.

### 3.2.11 Recomendaciones de seguridad

#### Prevención, detección y extinción de incendios y lucha contra incendios

En la parte estructural; los mamparos que delimitan los espacios de alojamiento contarán con 60 mm de madera con un revestimiento de planchas aislantes. La superficie del aislamiento instalado en los mamparos interiores de sala de máquinas serán impermeables a los hidrocarburos y a los vapores de hidrocarburos.

La escotilla de sala de máquinas se podrá cerrar desde fuera, además de un sistema de atraque para evitar cierre accidental. Y estas a su vez se mantendrán cerrada durante la faena. También todas las escaleras contarán con pasamanos

Los conductos de ventilación de la cocina no pasaran a través de los espacios de alojamiento o puestos de control; del mismo modo, la ventilación de los espacios de alojamiento y puente de mando, no pasaran por el de la cocina. La sala de máquinas tendrá un sistema de ventilación individual.

Las superficies expuestas del espacio de alojamiento de la tripulación, baño y puente de mando serán revestidas de un material piro retardante.

Se instalará una alarma contra incendio en la sala de máquinas, cocina y en la zona de alojamiento de la tripulación.

Se instalará una bomba contra incendio accionada mecánicamente y a distancia desde puente de mando, ubicada en sala de máquinas, alimentando a la manguera de 9 metros ubicada en cubierta con lanza combinada (aspersor y chorro), con un diámetro de 12 mm.

Contará con dos extintores de 9 litros, ubicado uno en sala de máquinas y otro en la caseta.

### Seguridad de la tripulación

Para ello se tomarán medidas consideradas por SUNAFIL, en donde se recomienda contar con un aro salvavidas por tripulante, por lo que se deberá disponer de nueve aros, además de que todos los tripulantes deberán contar con casco protector con barbiquejo; botas o calzado antideslizante y ropa impermeable; y guantes de cuero; además de que el maquinista deberá contar con protección auricular [29].

También cabe recalcar que es necesario el realizar capacitaciones al personal, pues el generar conciencia en ellos, es el primer paso para preservar la seguridad de los tripulantes.

### 3.3 Análisis económico

Para el cálculo de construcción de pequeñas embarcaciones pesqueras, ya sea de madera y acero, no se puede incurrir en cálculos hechos por otros países, debido a que el coste de construcción de estas embarcaciones suele diferir bastante, pues los precios influyen por los trabajos de cada astillero local, al igual que el precio del material a utilizar, del coste sumado al impuesto de algunos componentes utilizados [30]. Para obtener el valor muy preciso del coste de construcción, el único modo es que se haya construido un modelo idéntico en el pasado, y con este obtener ya la cotización casi precisa. También, aunque no con una precisión como la anterior, se puede obtener el costo de construcción basándose en la cotización de otras embarcaciones de la misma dimensión, material y función, que se haya construido en la misma localidad; es por ello que se recopiló información de astilleros artesanales de la región norte para determinar el valor aproximado.

No obstante, la construcción del casco y puente son solo un 30% o 45% del coste total para la construcción de una nave, dependiendo de los equipos que se usaran en la nave. Para este cálculo se tomarán en cuenta siete componentes de la nave a construir [30].

**TABLA N° 48. DETALLE DE COMPONENTES PARA EL CÁLCULO DE COSTO DE CONSTRUCCIÓN**

Componente	Descripción
Cuerpo del casco: Refuerzos del casco Cubierta	Forro exterior y cuadernas. Quilla, dormidos, mamparos, asientos de la máquina, durmientes, etc. Cubierta, baos de cubierta.
Caseta de cubierta	Caseta de gobierno y camareta alta.
Pertrechos	Trabajos de carpintería, revestimiento y aislamiento de la bodega de pesca, aparejos del mástil, depósitos de combustible, anclas, cadena de equipos de salvamento, equipo de cocina, equipo de navegación.
Maquinaria	Máquina principal, ejes de transmisión y hélice.
Equipos auxiliares	Generadores, bombas, timón y aparato de gobierno, maquinaria frigorífica.
Electricidad	Baterías, cableado, alumbrado de cubierta y alumbrado interior, equipo electrónico.
Equipo de cubierta	Chigres de pesca, motones de fuerza, molinetes, etc.

Fuente: Proyectos de embarcaciones pesqueras: 3 Arrastreros pequeños

Elaboración: FAO

Teniendo en consideración cuales son los componentes a determinar, y el costo de construcción de naves de madera de 15 metros de eslora en la región norte del Perú, se podrá realizar la aproximación del coste de inversión. Cabe recalcar que algunos costos no se considerarán por estar ya considerados en otro componente, como el caso de las manos de obra, y también no se contara con el coste de algunos componentes de maquinaria y de aparejos, esto debido a que estos ya están presentes en la embarcación Buenos Aires y serán elementos reutilizables.

**TABLA N° 49. COSTO DE INVERSIÓN APROXIMADO PARA LA REALIZACIÓN DEL REDISEÑO**

COSTE DE CONSTRUCCIÓN	
COMPONENTES	COSTO (SOLES)
Casco y cubierta	S/.230,000.00
Caseta de cubierta en madera	S/.27,500.00
Pertrechos	S/.50,000.00
Maquinaria	S/.150,000.00
Equipos auxiliares	S/.50,000.00
Electricidad	S/.5,000.00
Equipo de cubierta	S/.0.00
<b>TOTAL</b>	<b>S/.512,500.00</b>

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Ahora valoraremos la viabilidad del proyecto de la propuesta de rediseño, en donde realizaremos un cálculo de los ingresos y egresos anuales de la embarcación Buenos Aires, considerando las nuevas capacidades de la nave proyectadas. Para este punto fue necesario el recolectar información del mercado local, tanto de la venta de pescados que la nave captura y los salarios manejados para los trabajadores; también se realizaron algunas aproximaciones para la determinación de gastos que afrontara la nave a lo largo de sus operaciones desde la realización del rediseño hasta después de cinco años, como puede ser algunos costos en mantenimiento de casco o equipos, y como también la devaluación de algunos de los elementos o máquinas de la nave. En este cálculo también se realizó en base a las recomendaciones del documento técnico de pesca N°188 de la FAO, en la sección de la valoración económica comparativa de pequeños arrastradores [30].

El fin del cálculo de ingresos y egresos de la nave, es el poder determinar un flujo de caja, para así poder determinar su viabilidad, con los indicadores de la tasa interna de retorno (TIR) y con el valor actual neto (VAN).

Entonces, el primer punto trabajado, es el tener presente el costo de inversión, pero esta vez agrupados en 3 componentes: Casco y equipo; maquinaria e instalaciones; y Aparejos de pesca. Estos siendo componentes que agrupan a parte de los componentes trabajados en el cálculo de construcción anterior. La nueva agrupación de componentes se debe a la facilidad de aproximación de algunos datos de gastos fijos y variables a calcular después.

**TABLA N° 50. RESUMEN DEL COSTO DE INVERSIÓN APROXIMADO PARA EL REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES**

<b>COSTE DE LA INVERSIÓN</b>	
Casco y equipo	S/307,500.00
Maquinaria e instalación	S/205,000.00
Total, casco y máquina	S/512,500.00
Aparejo de pesca	S/-
<b>Inversión total</b>	<b>S/512,500.00</b>

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

El segundo paso es el cálculo de los gastos fijos y variables, siendo estos calculados a lo largo de un año; para esto se recompiló datos sobre el precio del combustible, hielo y el pago del personal de pesca en el mercado local.

**TABLA N° 51. ESTIMACIÓN DE GASTOS FIJOS ANUALES DEL REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES**

<b>GASTOS FIJOS ANUALES</b>	
Depreciación (10% Total casco y máquinas)	S/51,250.00
Seguros (5% Total casco y máquinas)	S/25,625.00
Mantenimiento casco (5% casco y equipo)	S/2,675.00
Sueldo básico dotación	S/86,400.00
Costo de administración (5% Total casco y máquinas)	S/25,625.00
<b>Total</b>	<b>S/191,575.00</b>

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

**TABLA N° 52. ESTIMACIÓN DE GASTOS VARIABLES ANUALES DEL REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES**

<b>GASTOS VARIABLES ANUALES</b>	
Combustible	S/12,804.52
Lubricantes e Hidrolina	S/1,280.45
Hielo	S/120,094.25
Revisión y reparación del motor	S/12,300.00
Reparación del casco	S/9,225.00
Reparación y reemplazo de aparejo	S/4,508.76
Gastos varios	S/35,140.30
Gratificaciones a la dotación	S/98,699.91
<b>Total</b>	<b>S/294,053.19</b>

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Ahora ya solo quedaría la determinación de los ingresos anuales de la nave, siendo estos solo generados por la pesca, por tanto, se determinará con la cantidad de pesca capturada en un año, multiplicada por el precio de esta, este precio variara según el tipo de pesca, siendo la caballa y el bonito sus principales capturas, y el jurel y la lisa la segunda. También se tendrá en consideración la cantidad de días opera esta nave, que depende del capitán de la nave, siendo así, la nave opera un aproximado de 37 semanas anualmente.

**TABLA N° 53. INGRESOS ANUALES POR PESCA DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO**

<b>INGRESO POR CAPTURA ANUAL DE PECES</b>		
Captura Promedio anual Caballa	191	t
Captura Promedio anual Bonito	191	t
Captura Promedio anual Jurel	128	t
Captura Promedio anual Lisa	128	t
Precio promedio por t de Caballa	300	S/
Precio promedio por t de Bonito	1000	S/
Precio promedio por t de Jurel	3000	S/
Precio promedio por t de Lisa	800	S/
<b>Total, de ingresos anuales</b>	<b>S/733,223.68</b>	

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Con estas tablas, se podrá determinar el flujo neto de caja anual, siendo esto la resta de los ingresos generados por pesca de la nave rediseñada, menos la suma de gastos fijos y variables anuales de la nave.

$$\text{Flujo neto de caja anual} = \text{Ingresos anuales} - (\text{Gastos fijos} + \text{Gastos variables})$$

$$\text{lujo neto de caja anual} = S/247595.49$$

Finalmente determinaremos la rentabilidad del rediseño de la nave, tomando como valor de inversión inicial el total del coste del rediseño, aumentado el capital de trabajo. También consideraremos que el flujo de efectivo neto a lo largo de cinco años será constante; y también una tasa de interés del 20%.

**TABLA N° 54. DETERMINACIÓN DEL VAN Y TIR PARA MEDIR LA VIABILIDAD DE LA PROPUESTA DE REDISEÑO**

Año	VAN	TIR
5	227962.08	39%
4	128459.01	33%
3	9055.32	21%

Fuente: Propia

Elaboración: Propia

Con esto, obtenemos que a partir del tercer año de realizada el rediseño, obtenemos un valor positivo para el valor actual neto, siendo S./ 9,055.32, indicándonos esto ya la recuperación de la inversión realizada. Además, que el valor de la tasa interna de retorno para los años tres, cuatro y cinco son 21%, 33% y 39% respectivamente, siendo estos valores mayores al valor de la tasa de interés, lo que nos corrobora la viabilidad del proyecto, en este caso, el proyecto es aceptable.

#### IV. CONCLUSIONES

1. Se determinó el estado actual de la embarcación Buenos Aires, con una eslora de 17,7 m y una capacidad de bodega de 80 m<sup>3</sup>, la cual no cumple con las dimensiones ni capacidad de bodega mínima exigida por la ley general de pesca según su permiso de funcionamiento, lo cual puede llevar a una sanción e inclusive el desmantelamiento de la nave. Y se comprobó el problema de estabilidad que presenta la embarcación Buenos Aires, para lo que se realizó la gráfica de la curva GZ a los diferentes criterios de carga, en donde el ángulo en el que se produce el GZ máximo, en 4 de las 5 condiciones analizadas, apenas llega a un valor de 30°, siendo el valor mínimo del criterio de estabilidad brindados por la FAO.
2. La propuesta de rediseño se realizó, calzando dentro de los parámetros de seguridad y estabilidad aceptables para una embarcación pesquera, proponiendo una eslora de 15 m y una capacidad de bodega de 29 m<sup>3</sup>, manteniendo el área de trabajo en cubierta; generando así un rediseño capaz de realizarse, especificando la correcta disposición de espacios y elementos estructurales de la nave. Sobre todo, se mejoró la estabilidad, en donde el ángulo en el que se produce el GZ máximo en las diferentes condiciones, obtienen un valor máximo de 36° y un valor mínimo de 32°. También se mejoró la autonomía de la nave, pasando de un tiempo de navegación de 7 a 10 días, yendo a una velocidad mayor a comparación que la nave real, pasando de 8 a 9 nudos.
3. Se comprobó también con éxito la viabilidad del proyecto para el rediseño de la embarcación Buenos Aires, en donde el valor actual neto en tres años, da un valor positivo para el VAN (Valor actual neto) de S./ 9,055.32.

## **Recomendaciones**

Se recomienda hacer un análisis del sistema propulsivo del proyecto, tomando como objetos de estudio el motor, buscando un motor más eficiente que el actual, reduciendo pesos y evitando el exceso de gastos en consumo en el caso de tener un motor no adecuado para esta embarcación; y la hélice, mejorando así su performance en el mar, y reduciendo los problemas en vibración, rumorosidad y cavitación los caso de sobredimensionada o no tener las dimensiones suficientes.

Se recomienda hacer un diseño para la habilitación de un sistema de refrigeración para la embarcación, generando una reducción de gasto en hielo, y aumentando el espacio destinado para la pesca en la bodega.

Se recomienda hacer un análisis de los esfuerzos a los que está sometido el mástil, siendo este una problemática en casi todas las naves pesqueras, debido a su constante rotura por las cargas a las que está sometida por el peso de la pesca y la red mojada.

Se recomienda hacer un sistema de automatización para la carga y descarga de bodega.

## V. LISTA DE REFERENCIAS

- [1] Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico - INGEMMET, «Mar del Grau: Develando el fondo marino,» Lima, 2016.
- [2] M. M. Alor Hurtado, «Importancia Estratégica de la ingeniería Naval para el Fortalecimiento del Poder Marítimo del Perú,» *Revista de la Escuela Superior de Guerra Naval*, pp. 36-51, 2009.
- [3] RPP Noticias, «SNP: El 90% de flota pesquera peruana es artesanal y de menor escala,» *RPP Noticias*, 2 Septiembre 2014.
- [4] M. J. Curt, «Los moluscos, el submarino y el gris naval,» *Revista general de marina*, vol. 271, pp. 57-72, 2016.
- [5] R. Coayla Berroa y P. Rivera Miranda, «Estudio sobre la seguridad en el mar para la pesca artesanal y en pequeña escala,» FAO, Roma, 2008.
- [6] El Presidente de la República, «Ley general de pesca,» El Gobierno de Emergencia y Reconstrucción Nacional.
- [7] R. Motta, «En Moquegua analizan problemas de la pesca artesanal,» *La República*, 11 Octubre 2019.
- [8] Ministerio de la Producción, «Challenges and Opportunities for Small-Scale Fishers in Fish Trade,» de *Behind the Headlines*, Ginebra, 2017.
- [9] M. Scarponi, «Use of the Wolfson stability guidance for appraising the operational stability of small fishing vessels,» de *16th International Ship Stability Workshop*, Belgrado, 2017.
- [10] O. Malpica Moreno y J. Bardales Azareño, «Determinación de la estabilidad de una pequeña embarcación pesquera de madera de diseño predominante en la zona norte del litoral peruano,» Universidad Agraria La Molina, Lima, 2018.
- [11] Ministerio de la Producción, «PRODUCE,» 7 Junio 2018. [En línea]. Available: <https://www.produce.gob.pe/index.php/k2/noticias/item/968-produce-autoriza-implementacion-del-cuarto-programa-piloto-para-fortalecer-la-pesca-artesanal-en-lambayeque>. [Último acceso: 17 Junio 2019].
- [12] C. Béné, S. Devereux y K. Roelen, «Social protection and sustainable natural resource management: Initial findings and good practices from small-scale fisheries,» FAO, Roma, 2015.
- [13] A. Jaleel y D. Grewal, *A Perspective on Safety and Governance Issues of Fishing Vessels*, World Maritime University, 2017.
- [14] J. Olivella Puig, *Teoría del Buque: Estabilidad, varada e inundación*, Barcelona: UPC Barcelona, 1994.
- [15] A. Bonilla de la Corte, «Cálculos de los elementos de carena,» de *Teoría del Buque*, Cádiz, 1979, pp. 41-69.
- [16] A. Bonilla de la Corte, «Flotabilidad, desplazamientos y coeficientes de afinamiento,» de *Teoría del Buque*, Cádiz, 1979, pp. 71-79.
- [17] J. F. Fyson, *Design of Small Fishing Vessels*, Farnham, 1985.
- [18] J. Olivella Puig, *Teoría del Buque: Flotabilidad y estabilidad, problemas*, Barcelona: UPC Barcelona: Universitat Politècnica de Catalunya, 2010.
- [19] Det Norske Veritas, «DNV.GL,» [En línea]. Available: <https://www.dnvgl.com/>. [Último acceso: 16 Junio 2019].

- [20] Registro Italiano Navale, «RINA,» 22 Abril 2020. [En línea]. Available: <https://www.rina.org/en/>.
- [21] Bureau Veritas, *Reglamento para la construcción de buques pesqueros de madera*, 1963.
- [22] A. Gudmundsson, «Prácticas de seguridad relativas a la estabilidad de buques pesqueros pequeños,» FAO, Roma, 2009.
- [23] R. Pérez Fernández y M. Lamas Pardo, «El comportamiento en la mar de estructuras flotantes,» *Análes de mecánica y electricidad*, vol. 88, pp. 36-40, 2011.
- [24] J. Olivella Puig, *Teoría del Buque: Flotabilidad y estabilidad*, Barcelona: UPC Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya, 1994.
- [25] B. L. Guerrero B., «Curvas Hidrostáticas,» Humboldt Marine Training, Valparaíso, 2011.
- [26] G. Petursdottir, O. Hannibalsson y J. M. Turner, *La seguridad en el mar como parte integrante de la ordenación pesquera*, Roma: FAO, 2001.
- [27] FAO, *La flota pesquera mundial, en el estado mundial de la pesca y acuicultura*, Roma: FAO, 1998.
- [28] Fishing Boats Association of Japan, *In the Journal of the Fishing Boats Association of Japan*, Tokyo, 1964, pp. 66-83.
- [29] SUNAFIL, «Manual de seguridad y salud en el trabajo: Sector Pesquero,» [En línea]. Available: [http://gacetalaboral.com/wp-content/uploads/2018/04/Manual-SST\\_Pesquero.pdf](http://gacetalaboral.com/wp-content/uploads/2018/04/Manual-SST_Pesquero.pdf). [Último acceso: 8 Junio 2020].
- [30] J. F. Fyson, *Proyecto de embarcaciones pesqueras: 3 Arrasteros pequeños*, Roma: FAO, 1982.
- [31] J. A. Medicina Di Paolo, «Pesca artesanal en el Perú,» Universidad de Lima, Lima, 2014.

## VI. ANEXOS

## Anexo 1. Imágenes del estado actual de la embarcación Buenos Aires.



Figura N° 35. Sala de máquinas de la embarcación Buenos Aires.



Figura N° 36. Lazareto de la embarcación Buenos Aires.

### Anexo 2. Cálculo del francobordo mínimo

$$f_{min} \geq pd/15 + 0.20$$

Donde:

pd: Puntal de diseño (m)

Entonces:

$$f_{min} = 3.8/15 + 0.20$$

$$f_{min} = 0.453 \text{ m}$$

### Anexo 3. Cálculo de la potencia del motor para una velocidad de nueve nudos.

$$P_{AM} = \frac{P_{EFF}}{n_{tot}}$$

Donde:

$P_{EFF}$ : Es la potencia necesaria para el desplazamiento de la nave.

$n_{tot}$ : Rendimiento total del sistema de propulsión.

Entonces:

$$P_{AM} = \frac{46.221 \text{ kW}}{0.55}$$

$$P_{AM} = 84.04 \text{ kW}$$

### Anexo 4. Simulación de resistencia al avance del rediseño a 9 nudos.

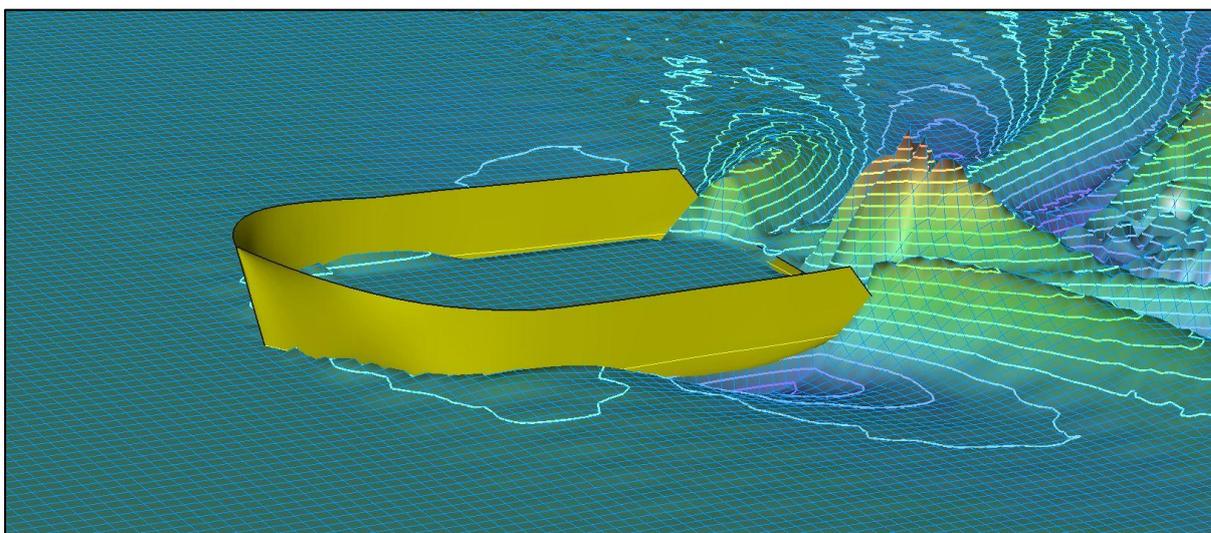


Figura N° 37. Simulación de resistencia al avance de la propuesta de rediseño.

## Anexo 5. Ficha técnica del motor Volvo Penta D7A TA.

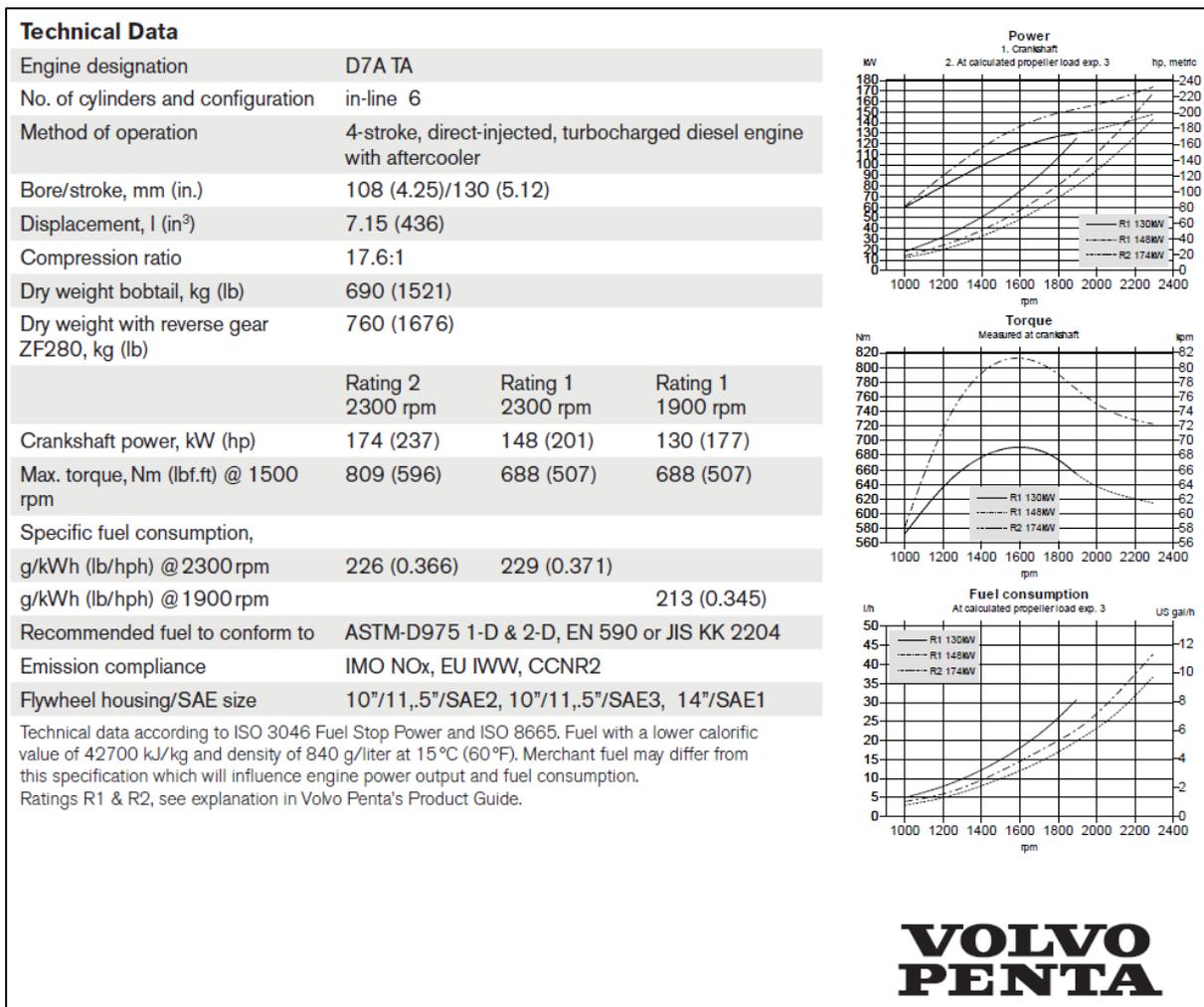
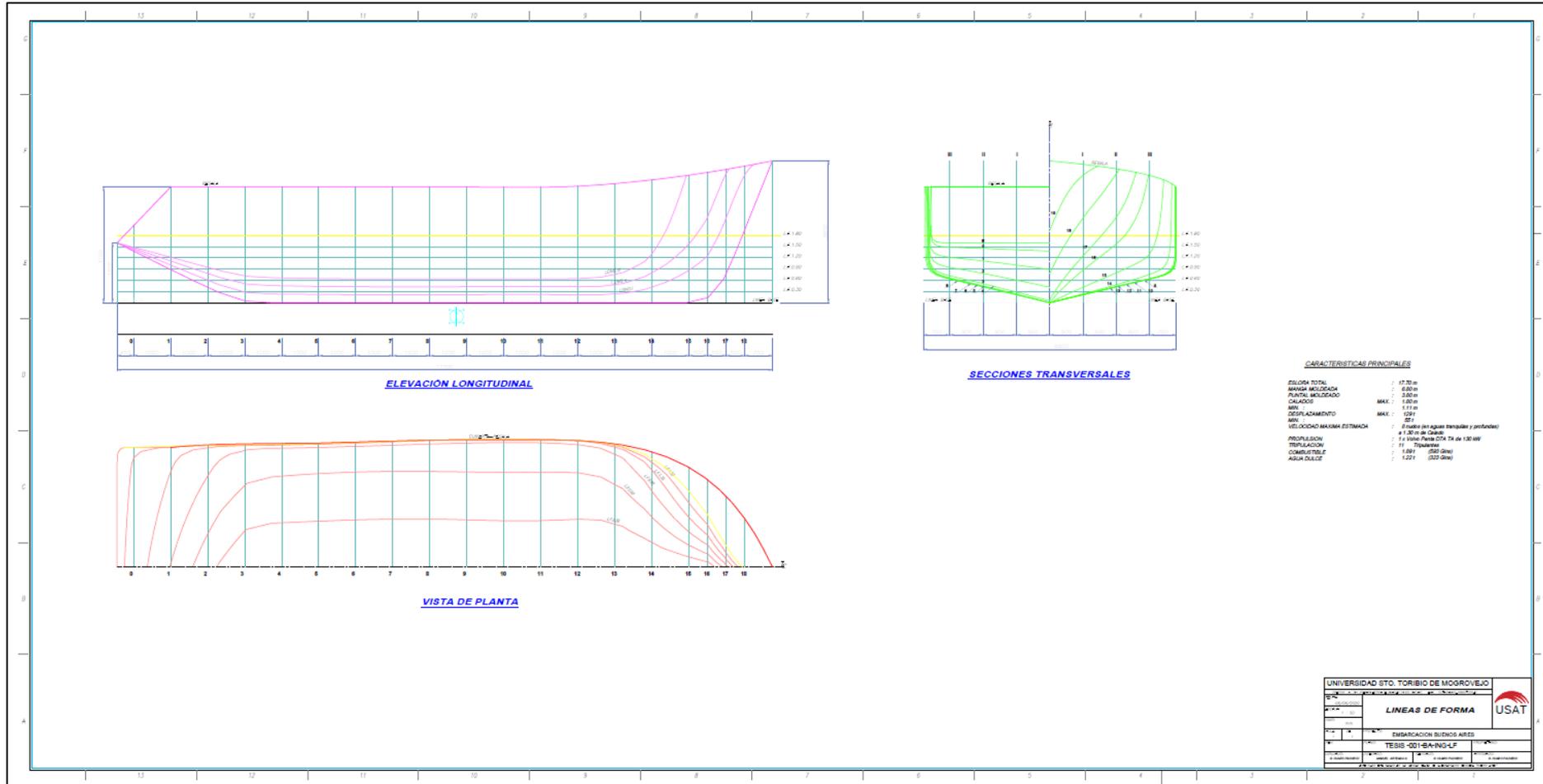
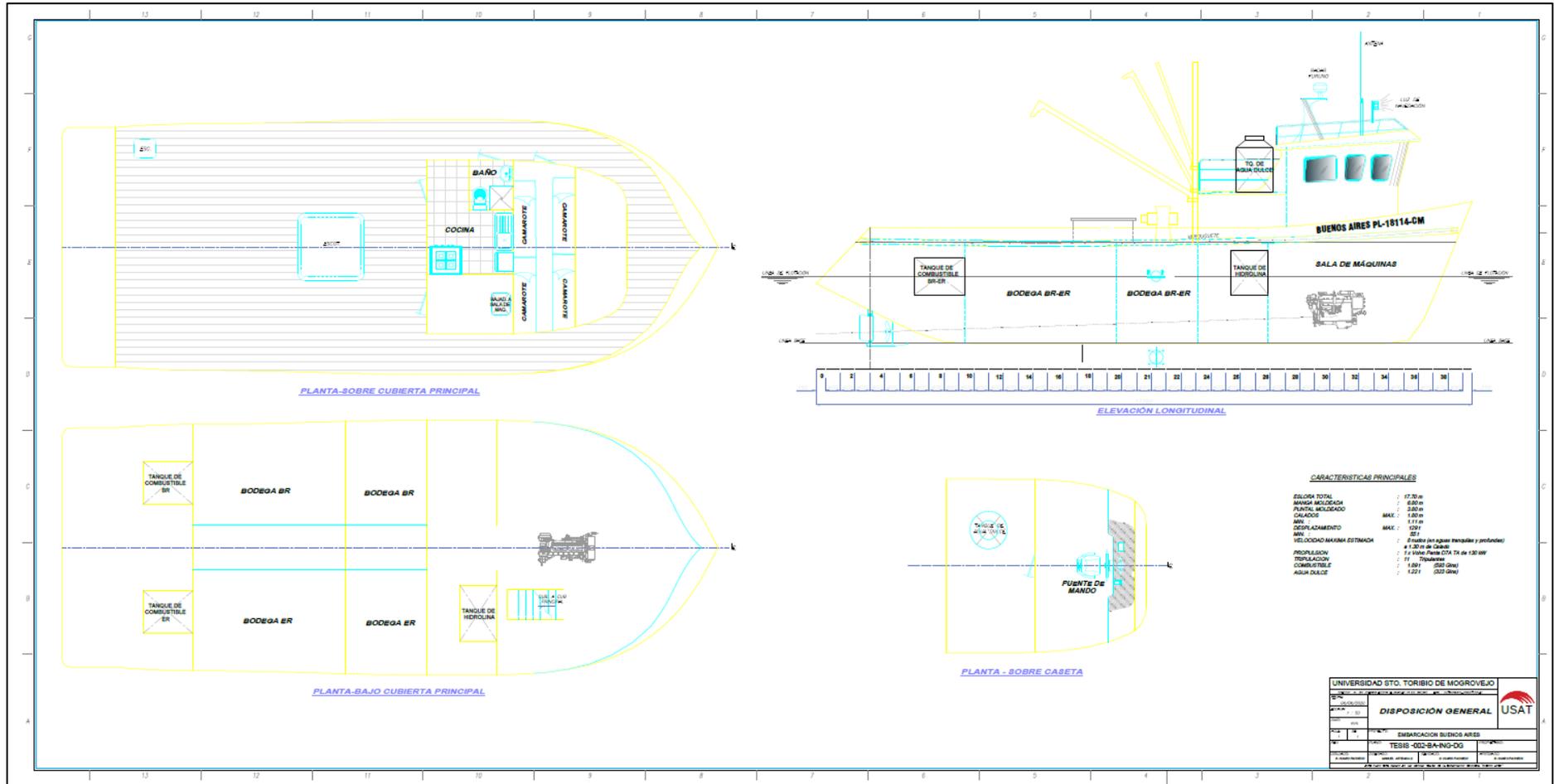


Figura N° 38. Ficha técnica del motor D7A TA.

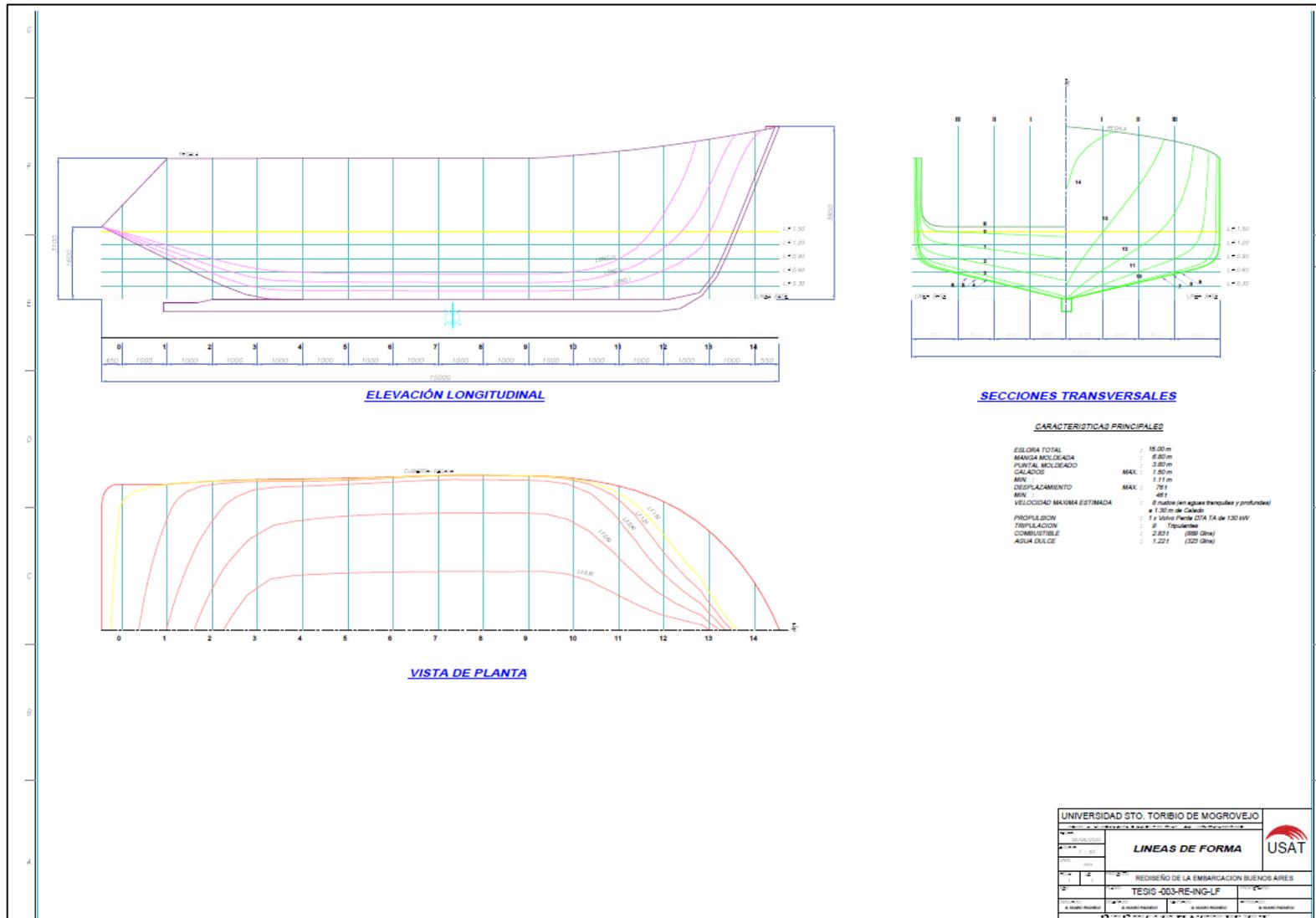
Anexo 6. Plano de líneas de formas de la embarcación Buenos Aires.



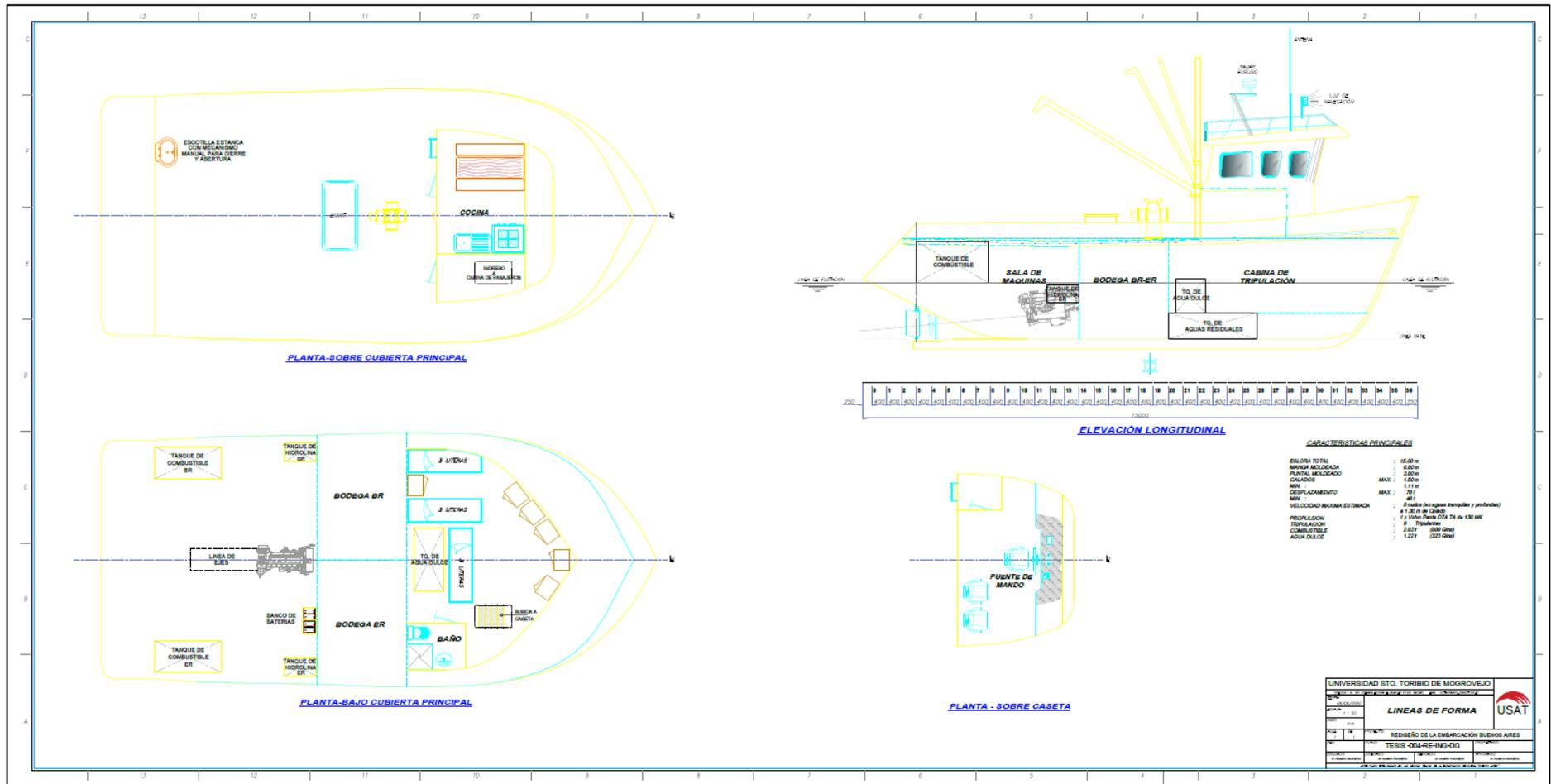
### Anexo 7. Plano de disposición general de la embarcación Buenos Aires



Anexo 8. Plano de líneas de formas de la propuesta de rediseño.



Anexo 9. Plano de disposición general de la propuesta de rediseño.



UNIVERSIDAD STO. TORIBIO DE MOGROVEJO

**LINEAS DE FORMA**

REDISEÑO DE LA EMBARCACIÓN BUENOS AIRES

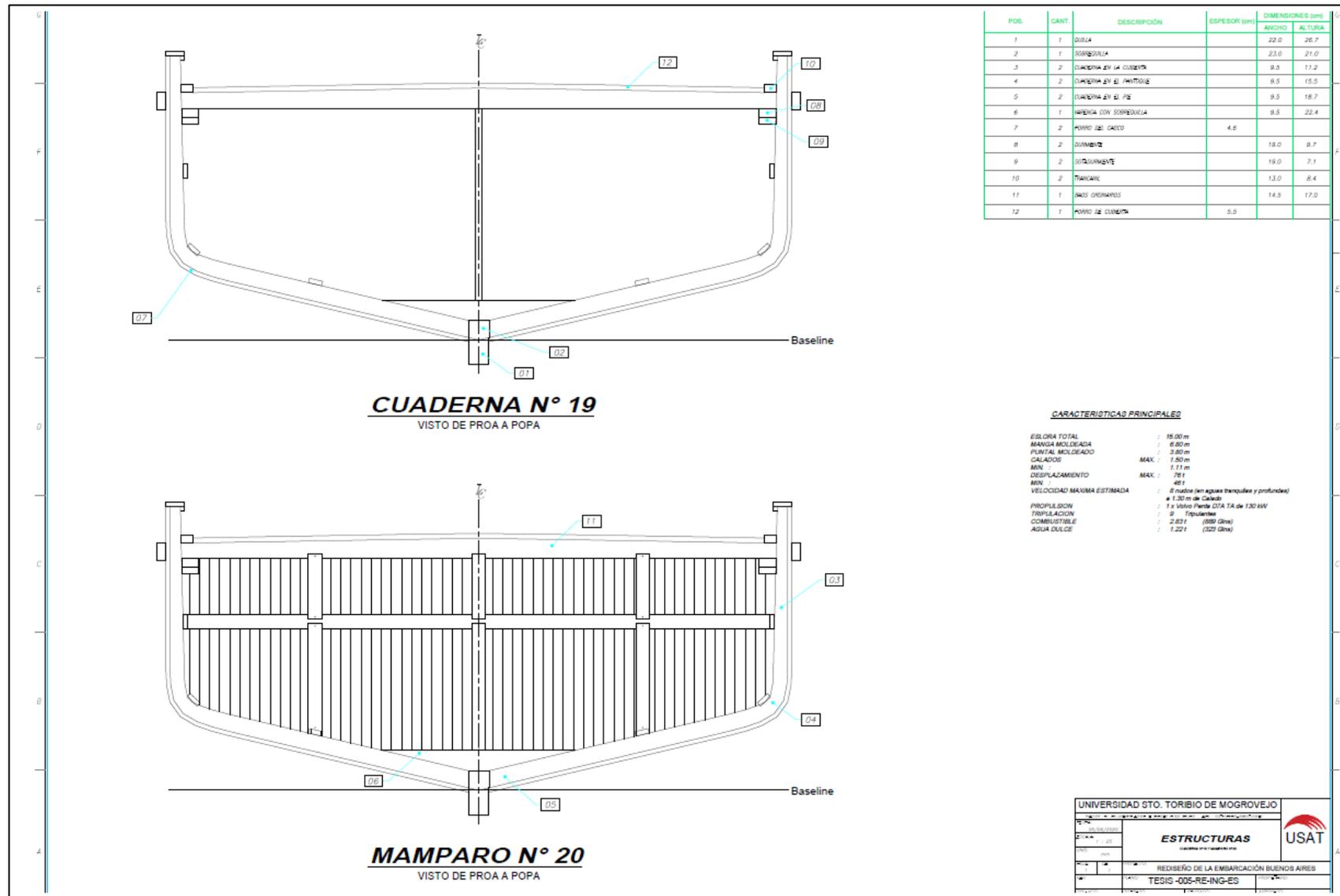
TEBIS 004-RE-ING-DG

FECHA: 15/05/2024

PROFESOR: DR. ROBERTO GARCÍA

ALUMNO: ANDRÉS GARCÍA

Anexo 10. Plano de elementos estructurales de la sección maestra de la propuesta de rediseño.





Anexo 12. Plano del sistema de combustible del rediseño.

