

DISEÑO DE EMBARCACIÓN FLUVIAL TURÍSTICA, PARA NAVEGAR EN EL RÍO AMAZONAS DESDE IQUITOS HASTA LA RESERVA DE PACAYA-SAMIRIA

Jhuber Vásquez^{1,*}, Manuel Urcia², Marco Biot³, Giorgio Sbrizzai⁴

¹Escuela de Ingeniería Naval, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú (jhucris89@hotmail.com)

²Escuela de Ingeniería Naval, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, Chiclayo, Perú (murcia@usat.edu.pe)

³Department of Engineering and Architecture, University of Trieste, Trieste, Italy (biot@units.it)

⁴Fincantieri SpA, Trieste, Italy (giorgio.sbrizzai@gmail.com)

(*) Autor correspondiente

ABSTRACT

The recent growing demand for tourism in the Loreto Region, presents an opportunity to improve the economic situation of the inhabitants of the area. One of the touristic activities having a continuous growth, are the river cruises along the Amazon River and its tributaries. Currently there are eight vessels engaged in this business area, that make the routes from Iquitos to native villages, national parks and reserves, giving tourists the possibility to observe the great biodiversity proper of this region and unique in the world. Existing vessels making these journeys do not have a suitable design or sufficient services and comfort on board to satisfy passengers' expectations. These aspects limit the reach and growth of higher quality tourism, as well as leaving aside the ecological factor. Taking into account these factors, an innovative cruise ship concept design has been made. The structural design has been developed according to state of the art inland navigation rules. The hull forms have been chosen taking into account typical hull forms of the region. The services and comfort on board have been greatly considered to offer a better cruise experience to the passengers. This touristic cruise ship has been designed to represent a reference point for future developments and cruise ship designs in the Amazon basin.

Keywords: river cruise ship; eco-friendly ship; general arrangement design; comfort on board ships; concept design.

RESUMEN

La creciente demanda turística en la Región Loreto en los últimos años, presenta una oportunidad para mejorar la situación económica de los pobladores de la zona. Una de las actividades turísticas que crece cada vez más, son las travesías por el río Amazonas y sus afluentes. Actualmente existen ocho embarcaciones dedicadas al rubro, que realizan rutas desde Iquitos hasta pueblos indígenas, parques y reservas naturales, dando la posibilidad al turista de observar la gran biodiversidad, propia de la región y única en el mundo. Las embarcaciones que actualmente realizan estas travesías no cuentan con el diseño adecuado o con suficientes servicios y comodidades a bordo. Estos aspectos limitan el alcance y crecimiento del turismo de mayor calidad, además de dejar de lado al factor ecológico. Teniendo en cuenta estos factores, se ha realizado el diseño innovador de un crucero. El diseño estructural se ha desarrollado siguiendo las más actuales normas para buques de navegación interna. Las formas de la carena se han escogido teniendo en cuenta las carenas típicas de la región. Se ha pensado cuidadosamente en el diseño de los servicios y confort a bordo para ofrecer una mejor experiencia a los pasajeros. Este buque crucero turístico se ha diseñado para ser un punto de referencia para futuros desarrollos y diseños de buques crucero en la Amazonía.

Palabras clave: buque crucero fluvial; buque ecológico; diseño de planos generales; confort a bordo del buque; diseño conceptual.

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Iquitos en la región Loreto se encuentra ubicada a orillas de río Amazonas, se considera a este río como el más caudaloso y, también fue nombrado como una de las siete maravillas naturales del mundo. Desde hace décadas y en todas las temporadas del año por los ríos amazónicos se realizan los viajes turísticos y expediciones científicas [1], es un foco importante de atracción para los visitantes nacionales y extranjeros.

La Región Loreto con su inmensa Amazonía tiene mucho que ofrecer al mundo en el campo turístico, al poseer las reservas nacionales de Pacaya y Samiria, Allpahuayo Mishana, la propia naciente del río Amazonas y sus afluentes como: río Ucayali y río Marañón, también los pueblos autóctonos que conservan su cultura y riqueza tradicional desde hace siglos, representan un gran interés para el mundo moderno.

Las embarcaciones existentes dedicadas al turismo no cuentan con suficientes instalaciones para proporcionar mayor comodidad y recreación a bordo, las actividades de entretenimiento se encuentran limitadas por la ausencia de varios servicios considerados para tal fin, como un casino, cafetín, piscina tobogán, un mirador, gimnasio, discoteca, que son importantes para el turista. Además, existen problemas de contaminación acústica producidos por las vibraciones en la sala de máquinas indicándonos deficiencias en el diseño arquitectónico y estructural. Por lo tanto, se presenta la necesidad de ofrecer un nuevo diseño de embarcación turística fluvial considerando las particularidades de navegación por el río Amazonas y que cuente con todas las instalaciones necesarias para brindar al turista bienestar y seguridad durante su viaje, así como una excelente e inolvidable experiencia; asimismo, creará puestos de trabajo en la población directos e indirectos elevando el nivel económico tanto por la atención a los turistas, como por la venta de los productos ya sea alimentos, artesanías, transportes alrededor de zonas atractivas.

La embarcación propuesta será para 38 turistas donde caben dos por cabina o 57 con tres, acondicionados en 19 cabinas con balcón independiente, ubicados en el primer y tercer puente de la embarcación. Para el servicio a bordo se contará con 24 tripulantes dedicados a la atención de los turistas durante el viaje, también dos botes con motor fuera de borda para realizar turismo en zonas restringidas.

CARACTERÍSTICAS GEOGRÁFICAS

Reserva de Pacaya y Samiria “La Selva de los Espejos”

Establecido como la Reserva de Pacaya y Samiria (Figura 1) en el año 1982 por el estado Peruano, ocupando un área de 2 080 000 hectáreas también es conocida como la selva de los espejos, en la afluencia de los ríos Ucayali y Marañón, su nombre proviene de los ríos que la recorren: Samiria y Pacaya [2].

La reserva alberga una gran diversidad de flora y fauna silvestre, así como de vida acuática: 449 especies de aves, 102 de mamíferos, 69 de reptiles, 58 de anfibios, 256 de peces y 1204 especies vegetales.

En la reserva se presentan el ciclo de creciente y vaciante: en la temporada de Octubre hasta Abril se presenta la temporada de lluvias y el agua de los ríos y quebradas inunda gran parte de los bosques, por lo que le corresponde a la época de creciente. El resto del año corresponde a la de vaciante.



Figura 1: Mapa de la reserva de Pacaya y Samiria en la Región Loreto, ubicada al nororiente del Perú.

Actualmente, hay algunas embarcaciones que realizan recorridos por la reserva natural y, para el acceso a zonas más restringidas se agencian de botes que poseen motor fuera de borda, estos botes son remolcados por la embarcación principal una vez terminado el recorrido por las zonas restringidas. Estos recorridos son cortos realizándose en horas del día como de noche para así apreciar la gran variedad de fauna silvestre.

El río Amazonas, la vía principal de transporte

El río Amazonas tiene una longitud aproximada de 6800 km, y un caudal medio de 225000 m³/h. Desde hace muchas décadas, por este río se desarrollan el tránsito comercial y el turismo, permitiendo el desarrollo de los pueblos aledaños como de las ciudades principales de: Yurimaguas, Contamana, Requena, Pucallpa, Iquitos, entre otras.

Debido a su gran caudal y navegabilidad circulan diferentes tipos de embarcaciones como: botes “peque peque”, deslizadores, motochatas, motonaves, remolcadores, pontones y mini cruceros para el turismo, lo cual lo convierte en la vía principal de acceso comercial y turístico en la región de Loreto.

EXIGENCIAS DEL PROYECTO

Flujo de turismo y permanencia de turistas en la Amazonía

Para llegar a la reserva de Pacaya-Samiria desde Iquitos, se necesita aproximadamente un día, viajando a una velocidad de crucero de 10 nudos. Además, se necesitan mínimo de 5 a 6 días para conocer la gran biodiversidad y demás atractivos de la reserva. Es por esto que se ha diseñado la embarcación para tener una autonomía de 11 días. Esta cantidad de días de funcionamiento continuo, permitirá que en un futuro dicha embarcación también realice circuitos turísticos al nororiente de la ciudad de Iquitos como a la ciudad de Caballococha, a pueblos indígenas en las

riberas del río Napo, las tres fronteras, entre otras; donde el tiempo necesario para una visita es también de aproximadamente 10 a 11 días.

En los últimos años se ha incrementado el turismo en la reserva de Pacaya-Samiria tanto nacional como extranjero. En el año 2012 la reserva fue visitada por 9030 turistas extranjeros y 785 turistas nacionales [1], el más relevante flujo de turistas extranjeros es en el mes de febrero con 1002 visitantes y para los turistas nacionales el mes de agosto con 127 visitantes. Cabe indicar que ha habido un incremento del 35% de turistas extranjeros, respecto al año 2011. Estos números, a pesar de la crisis económica mundial, vienen incrementando constantemente desde el año 2005. Es por esto que se ha decidido por diseñar la embarcación para instalar 19 cabinas, que pueden alojar un máximo de 57 pasajeros, número mayor al de las actuales embarcaciones, que como máximo alojan a 32 pasajeros.

REFERENCIAS Y ANTECEDENTES PARA LA ARQUITECTURA Y DISEÑO DE LA EMBARCACIÓN

La gran biodiversidad de animales que existen en la región de Loreto inspiró a innovar en el diseño de las sobre-estructuras de la embarcación para que estén en armonía con la naturaleza: se ha dado a la chimenea la forma de la aleta superior de un delfín rosado, las ventanas en las amuras en forma de caparazón de un Motelo o Taricaya “charapa”, la proa en forma de un lagarto y el puente de mando a la cabeza una rana. De esta forma, se ha logrado resaltar la naturaleza amazónica en el crucero.

Para mayor seguridad y mejor estructura de la embarcación se ha desarrollado el diseño de las estructuras y los cálculos de estabilidad en caso de buque íntegro utilizando el registro de clasificación ABS (American Bureau of Shipping) [3]. Aún no se han realizado cálculos en caso de falla por encontrarse el proyecto en una fase de diseño conceptual.

Como muestras principales se consideran: Aqua Expedition y Aria Expedition (Figura 2), estas embarcaciones son las más sofisticadas de la región brindando un turismo de buen nivel en los últimos años en la zona; cabe mencionar que también existen otras embarcaciones a este rubro como: Arapaima (30), Delfin I, Delfin II, Selva Viva, etc. La capacidad de turistas en este tipo de embarcaciones en la región es desde 16 a 30 turistas y su autonomía no supera 4 días en algunas [4].



Figura 2: Embarcación turística “Aria” realiza circuitos turísticos desde Iquitos hasta la Reserva de Pacaya-Samiria desde 2011, es el tipo de embarcación que se pretende mejorar. Fuente: www.aquaxpeditions.com

La eslora de la embarcación, se ha establecido en 61.00 metros de eslora, que son los necesarios para una apropiada distribución de los espacios. Luego, a partir de esta, y utilizando datos de

embarcaciones ya existentes en la región Loreto (ver Figura 3), se ha obtenido una manga de 11.20 metros. Además, dichas medidas son apropiadas para maniobrar y navegar en el río Amazonas y sus afluentes principales.

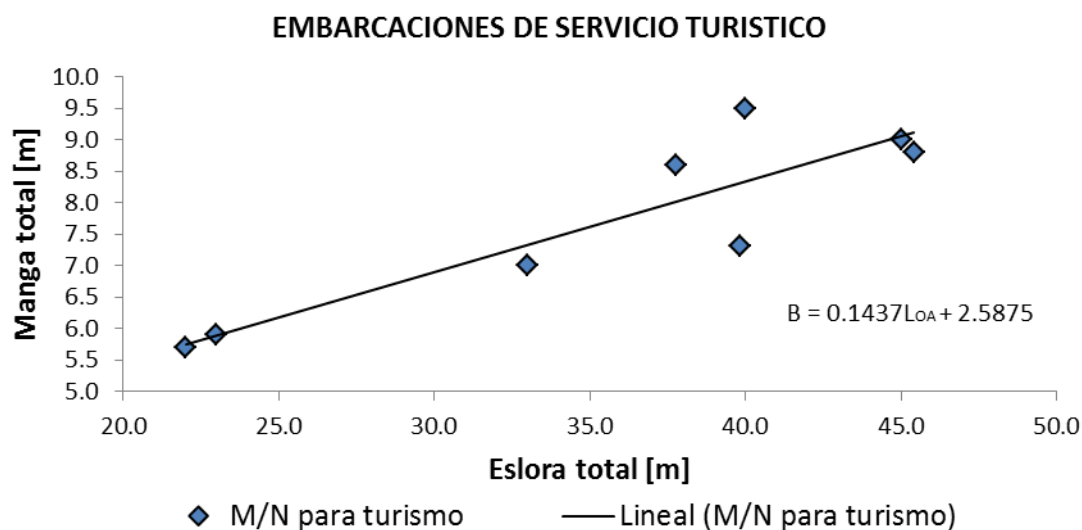


Figura 3: Diagrama de dispersión de las embarcaciones turísticas existentes en la Región Loreto.

Los turistas extranjeros que llegan a nuestro país, han probablemente tenido experiencias en otros cruceros o centros de atracciones en sus países de origen, o en otros países durante diversos viajes. Las embarcaciones actuales aparte de contar con cabinas que pueden llegar a ser muy lujosas, no cuentan con otros servicios de entretenimiento. Es aquí donde se quiere innovar, introduciendo el concepto de crucero ya utilizado en cruceros de pasajeros alrededor del mundo. Este crucero, a diferencia de los ya existentes en la Amazonía peruana, contará con diferentes atracciones para que el pasajero pueda disfrutar de su tiempo de viaje, incluso durante la navegación desde Iquitos hasta el punto de destino, al cual se llega en no menos de dos días.

NOCIONES PRINCIPALES DE LA EMBARCACIÓN PROPUESTA

La embarcación a diseñar posee las siguientes características especificadas en la Tabla 1:

Tabla 1: Características principales de la embarcación propuesta

Eslora total (L)	61.00	m
Manga (B)	11.20	m
Puntal del casco (D)	2.70	m
Desplazamiento (Δ)	678.50	Ton
T	1.35	m
V	12	kn
Motores	2x356 @1800 RPM	kW
Autonomía	11	días

Las relaciones principales de la embarcación a proyectar se han hecho a partir del espacio requerido para instalar los servicios que se deseaba brindar a los pasajeros, y luego haciendo una comparación y sucesivo afinamiento, teniendo en cuenta datos estadísticos de embarcaciones existentes en la región de Loreto [5]. Para el cálculo de la estructura se realizó el escantillonado con el registro de clasificación ABS [3], lográndose una robustez longitudinal suficiente para soportar las cargas distribuidas a lo largo de la embarcación.

Geometría de carena en la embarcación

La geometría de la carena proyectada (ver Figura 4) posee la forma para navegar con dos propulsores y, sus líneas de forma están acorde a las embarcaciones típicas fluviales en la región, también guarda relación con la carena propuesta en el estudio realizado por el Ing. Pedro Elizalde en el 2002 [6].

Para obtener una mejor continuidad de las curvas en el casco han sido utilizados softwares tales como FreeShip y Rhinoceros junto a sus aplicaciones como el estilo Gaussian para ver las zonas que poseen radios mínimos y máximos en zonas de mayor complejidad para su desarrollo.

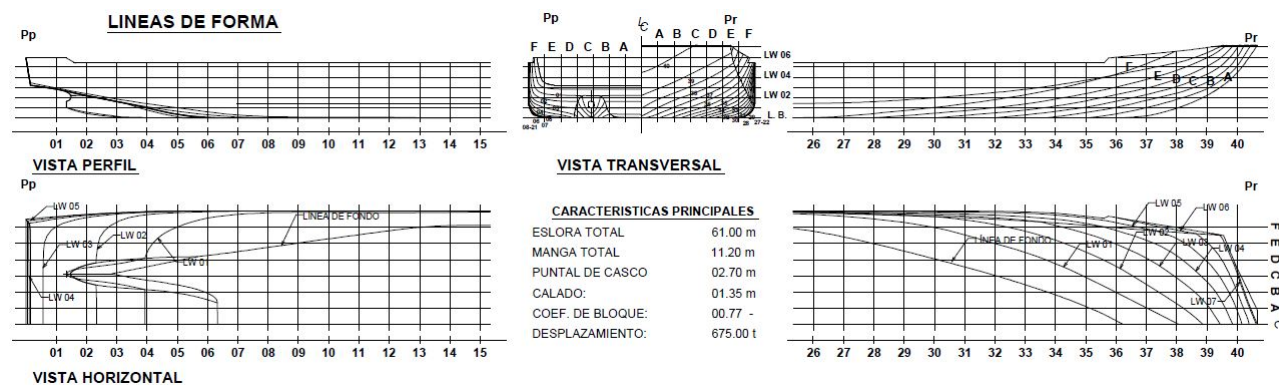


Figura 4: Vistas principales, líneas de forma de embarcación fluvial proyectada.

Acomodación y confortabilidad a bordo

Para mejor la confortabilidad y diversión a bordo de la embarcación se dispone de los espacios mostrados en la Tabla 2:

Tabla 2: Área disponible en cada ambiente

Ambiente	Área
Casino-Cafetín	54 m ²
Cabinas (cubierta I y III)	24 m ²
Restaurant (cubierta II)	85 m ²
Cine (cubierta II)	72 m ²
Sala de lectura (cubierta II)	139 m ²
Discoteca (cubierta II)	128 m ²
Terraza recreacional-panorámica (cubierta IV)	365 m ²

Bajo cubierta se encuentran los sistemas de funcionamiento tales como: aire acondicionado, achique y sentina, aguas grises, aguas negras, planta de separador de hidrocarburos, hidráulico, hidroneumático, etc. Las áreas de confortabilidad y distracción a bordo fueron pre estimadas en función a embarcaciones turísticas existentes tales como: embarcación fluvial Aqua Expedition construida en Iquitos-Perú y también del crucero transatlántico Carnival Magic construido en Monfalcone-Italia; la mayor relevancia en la distribución fue en los espacios de la sala de lectura, en el cine, en la discoteca, también en la geometría de la piscina en conjunto a su tobogán. Estos y más detalles, pueden apreciarse en la Figura 5, 6 y 7.



Figura 5: Vista general de la embarcación propuesta.



Figura 6: Vista del restaurante, sala de lectura, cine y discoteca.

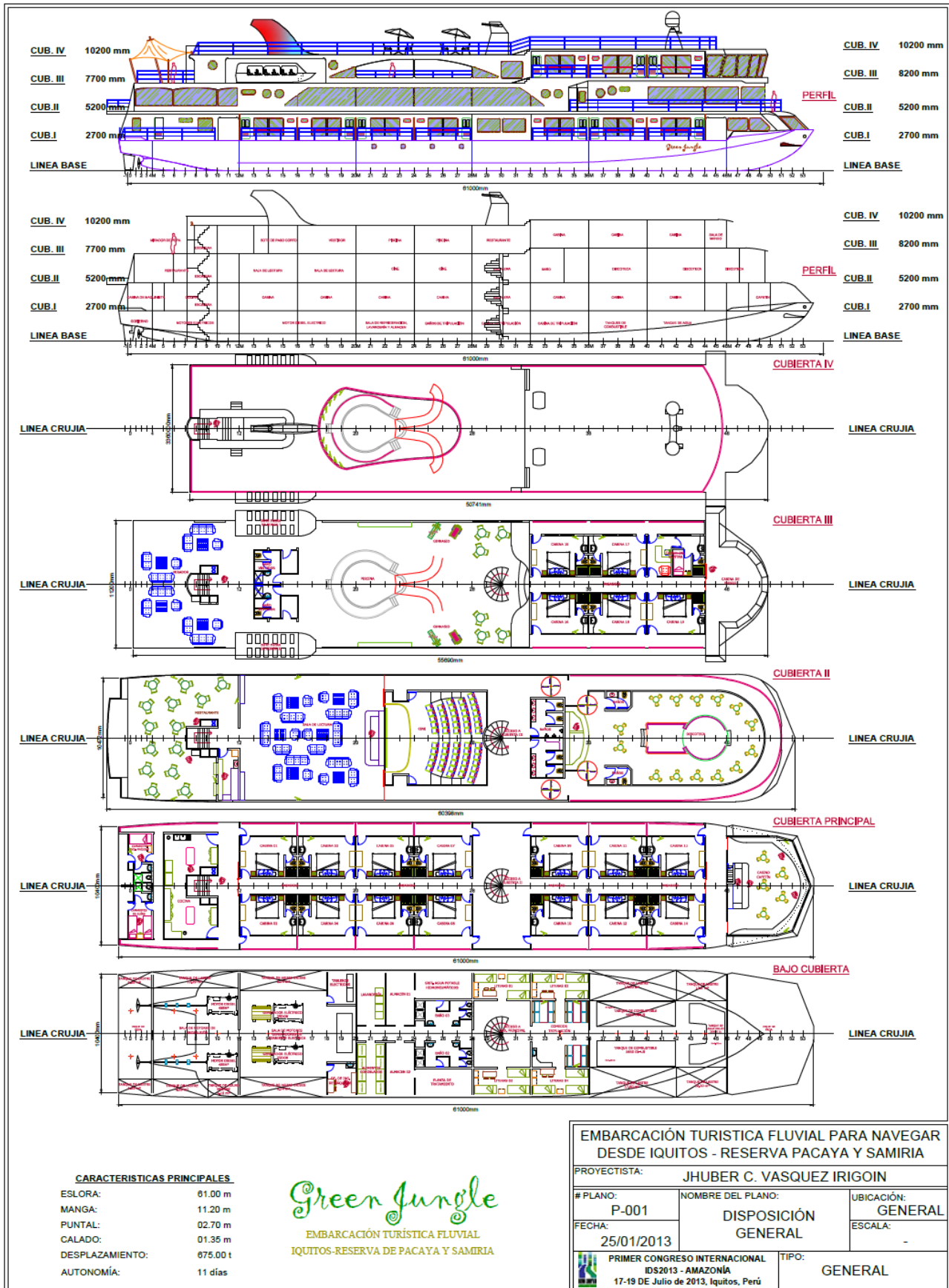


Figura 7: Disposición general.

Fundamentos y características principales del diseño

La estabilidad de la embarcación se ha verificado en tres condiciones de carga: la primera condición es en el momento de la partida (ver Tabla 3 y Figura 8), cuando la embarcación está a plena carga en el muelle, en la segunda condición cuando la embarcación ha llegado a su destino (reserva de Pacaya y Samiria) y la tercera cuando llega nuevamente al puerto de Iquitos. Los valores de la estabilidad varían porque están en función a la carga y distribución que es en este caso los tanques de lastre y combustible.

Tabla 3: Resultados de los cálculos de estabilidad del buque en estado íntegro para la primera condición de carga.

Criterios Según ABS	Condición	Valor actual
Mín. GMt	≥ 0.150 m	5.651 m
Máx. GZ	≥ 15 deg	20 deg
Área bajo la curva GZ desde 0° a 40°	≥ 5.15 m*deg	40.68 m*deg
Área bajo la curva GZ desde 30° a 40°	≥ 1.72 m*deg	9.51 m*deg
Área $[A=3.15+0.057(30-GZ_{\max})]$ bajo la curva GZ hasta GZ_{\max}	≥ 3.72 m*deg	7.45 m*deg

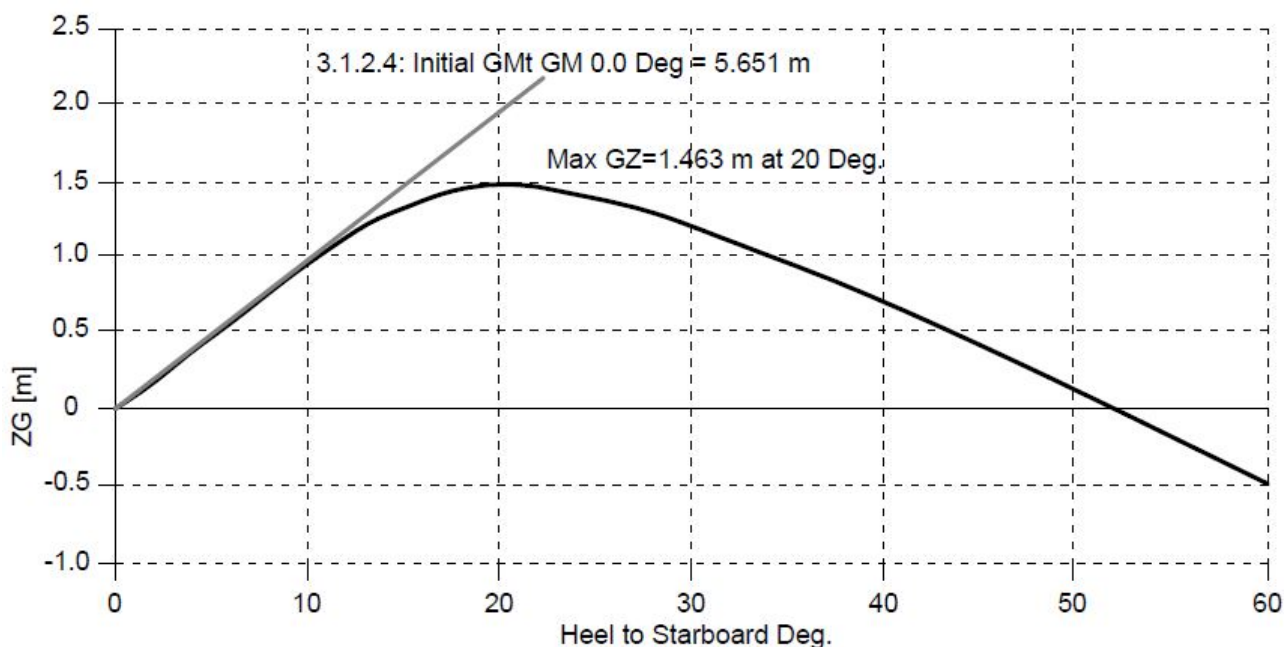


Figura 8: Curva de brazos adrizantes GZ, para la primera condición de carga.

Los cálculos del momento flector están fundamentados en la teoría de Navier [7], y está aplicada en la cinta, el trancanil, la quilla y los pantoques, por ser los puntos más alejados del eje neutro, es decir son los puntos de concentración más críticos del momento flector máximo en cualquiera de las condiciones de navegación. En la Figura 9, se muestra un diagrama con el castillo de los pesos, el empuje, diagrama de cargas, esfuerzo cortante y momento flector de la embarcación en condición de plena carga, y en aguas tranquilas. Mientras que en la Figura 10, la sección maestra.

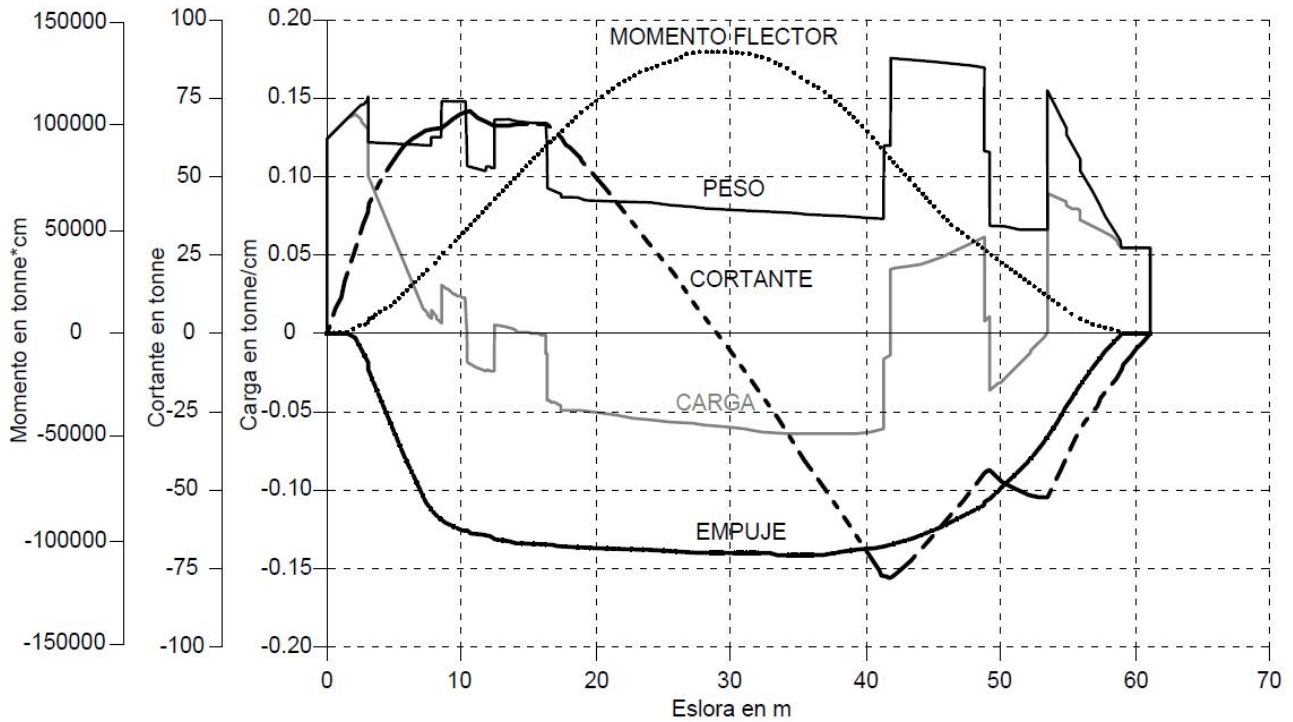


Figura 9: Diagrama de cargas, esfuerzo cortante y momento flector en la condición de plena carga, en aguas tranquilas.

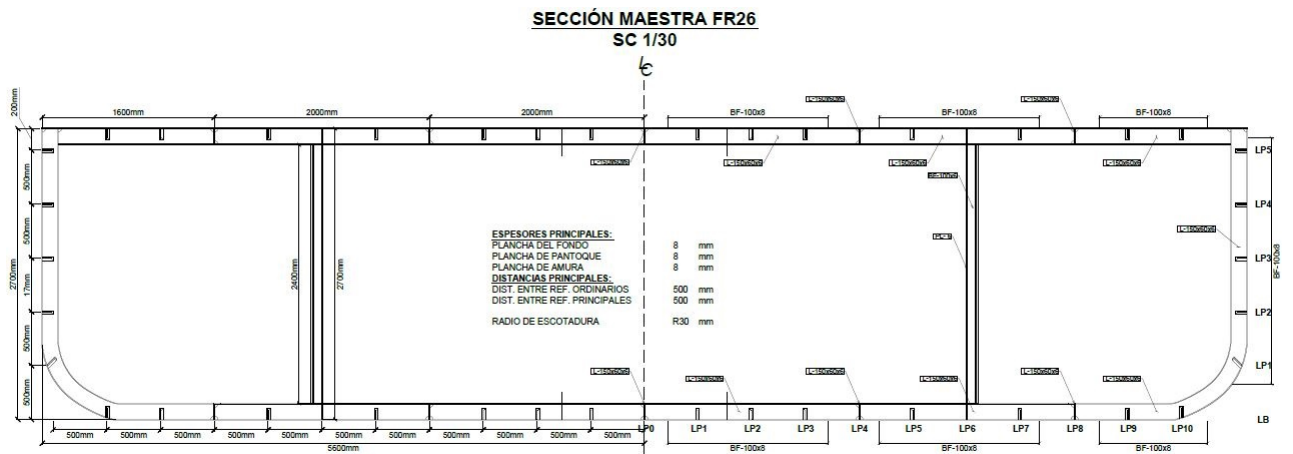


Figura 10: Sección maestra del casco la embarcación propuesta

Para calcular la resistencia al avance se utilizaron series sistemáticas para carenas desplazantes de Holtrop [8] incluidas en el paquete del programa MaxSurf – HullSpeed, también como se aprecia en el Figura 11 la resistencia en función a la velocidad donde no se incluye resistencia de apéndices y del rendimiento del sistema de propulsión, también los resultados de la formación de olas en el contorno de la carena pueden observarse en la Figura 12.

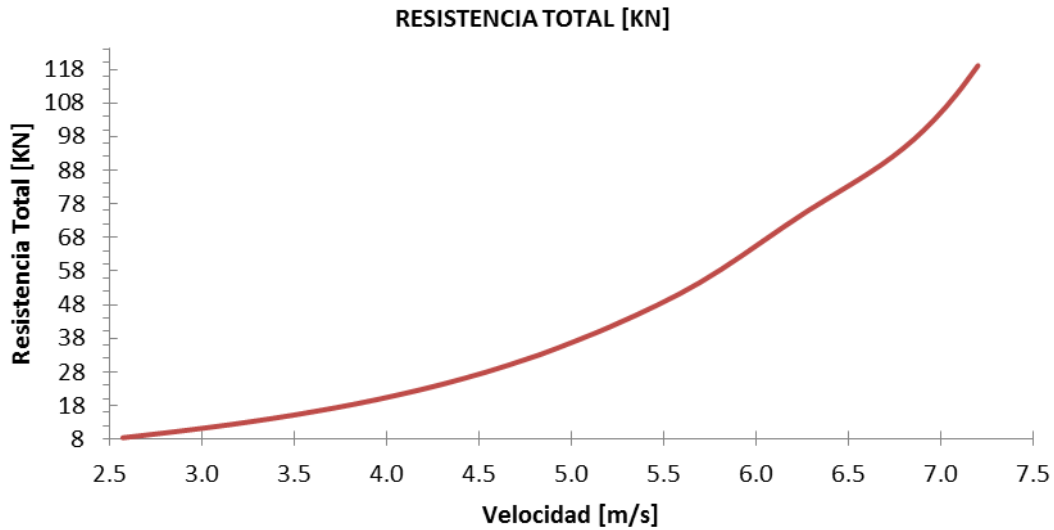


Figura 11: Resistencia al avance en KN de la embarcación propuesta

Para el diseño del sistema de propulsión se consideró dos hélices de paso fijo conformadas por 5 palas, la geometría es típica de las series de la Serie B-screw de Wageningen que tiene por código B5-105 con un diámetro de 1,14 m. El porcentaje estimado de cavitación según el diagrama de Burril es 17% en el aspa, y es un rango normal típico de hélices [9]. El eje de la hélice es de 101,6 mm y está calculada según las normas dictadas por el registro de clasificación ABS.

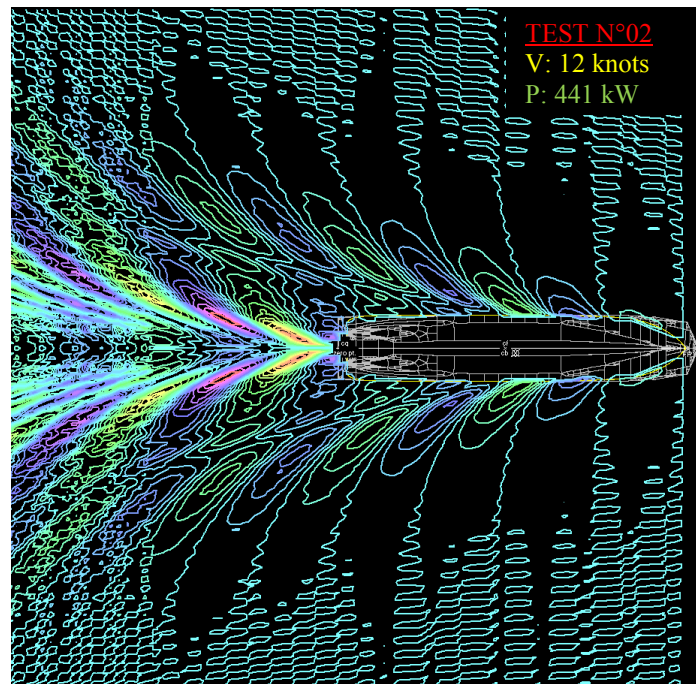


Figura 12: Patrón de olas generado por la embarcación a 12 nudos

Para el suministro de corriente eléctrica en toda la embarcación se provee de dos grupos electrógenos encapsulados con potencia de 210 Kw en cada uno, los quipos y maquinaria usan corriente alterna de 220V y corriente continua de 12 y 24 V.

En la sala de máquinas, mamparos estancos, mamparos de colisión, divisiones en la cocina, camarotes y puente de mando serán protegidos con material ignífugo reglamentado según la IMO, los espesores del material están acorde a la zona a proteger.

FUTUROS DESARROLLOS

Cabe resaltar que este diseño está aún en una etapa inicial, de diseño conceptual, y hay todavía muchos aspectos que pueden ser mejorados y/o modificados. Algunas de estas mejoras, pueden ser por ejemplo la altura entre los puentes. Aumentar esta altura a 3 metros, brindaría más confort a los pasajeros. Las cabinas en el tercer puente podrían ser trasladadas al segundo puente, en lugar de la sala de proyección de cine, de este modo se tienen las cabinas en un mismo lugar, y así la sala de proyección de cine pasa a un ambiente con mayor altura entre los puentes.

En las cabinas también un detalle a considerar, es que sería más útil contar con una cama de dos plazas, y una eventual cama de una plaza a añadir, en vez de una cama de tres plazas. Además, la disposición del baño puede cambiarse para colocar todo en un mismo ambiente cerrado.

Estos son detalles arquitectónicos que pueden ser modificados según los requerimientos de un eventual armador, que afectarían mínimamente las características ingenieriles de seguridad del funcionamiento del buque.

CONCLUSION

El nuevo diseño cómodo y atractivo permite al turista una estadía placentera y prolongada a bordo de la embarcación, ya que posee las comodidades tales como piscina-tobogán, amplio mirador, botes para turismo en zonas restringidas, amplio restaurante, sala de lectura, cine, discoteca, amplias cabinas y cafetín con casino. Estas innovaciones permiten realizar viajes de varios días a la reserva de Pacaya-Samiria y también a pueblos nativos más alejados. Esto elevará el aumento del flujo de turistas, con un consecuente mejoramiento del nivel económico de la población local.

REFERENCIAS

- [1] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo, (2012), Estadística de turismo Región Loreto. <http://www.mincetur.gob.pe>
- [2] Reserva Nacional Pacaya Samiria, (2013), Tours en Pacaya y Samiria. <http://www.pacayasamiria.com.pe>
- [3] American Bureau of Shipping, (2007), Steel Vessels for Service o Rivers and Intercoastal Waterways. Houston. 2007. <http://www.eagle.org>
- [4] Aqua Expedition, (2013), Descubra la Amazonía peruana. <http://www.aquaexpeditions.com/>
- [5] Gobierno Regional de Loreto, (2012), Catálogo de mapas de La región Loreto. <http://www.regionloreto.gob.pe/>
- [6] Pedro Elizalde (2002), Estudio Preliminar para Establecer un Sistema de Transporte Fluvial en la Subcuenca del Río Daule. Tesis de Grado, Guayaquil, Ecuador. <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/4672/1/7193.pdf>
- [7] James M. Gere (2005), Resistencia de Materiales. Quina edición, Editorial Thomson. España.
- [8] D. G. M. Watson (2002), Practical Ship Design. Primera edición, Editorial OCEAN ENGINEERING SERIES EDITORS, Volumen I. Reino Unido.
- [9] Edward V. Lewis (1988): Principles of Naval Architecture-SNAME. Segunda revisión. Editorial: The Society of Naval Architecture and Marine Engineers. Estados Unidos de Norteamérica.