

Sistema Robótico de Identificación Contención y Retiro de Hidrocarburos en el Mar Peruano

Informe de Servicio de Mecanizado y Manufactura Digital

Elaborado por:

Jara Rios, Jose Alonso

Revisado por: Arce Cigueñas, Diego Martín

Aprobado por: Akamine Serpa, Claudia Maritza

Lima, Diciembre de 2022

INTRODUCCIÓN

El presente documento describe el servicio de mecanizado y manufactura digital en base al diseño de la embarcación simétrica de monocascos con plataforma superior; cuya finalidad es tener el sistema físico de flotación para posicionar el resto de componentes como el Oil Skimmer Hidráulico TDS 118, el Generador Whynco, entre otros.

Se presenta el desarrollo de los cascos con el listado de procesos realizados desde el diseño hasta la manufactura de las partes. Asimismo, la plataforma superior considerando los cambios y/o distribución de los componentes que se colocaran sobre esta. Tal como se observa en la Figura 1, el USV Principal tendrá sobre si el generador y arrastrará en la superficie marina el Oil Skimmer y la vejiga que almacena el aceite recolectado.

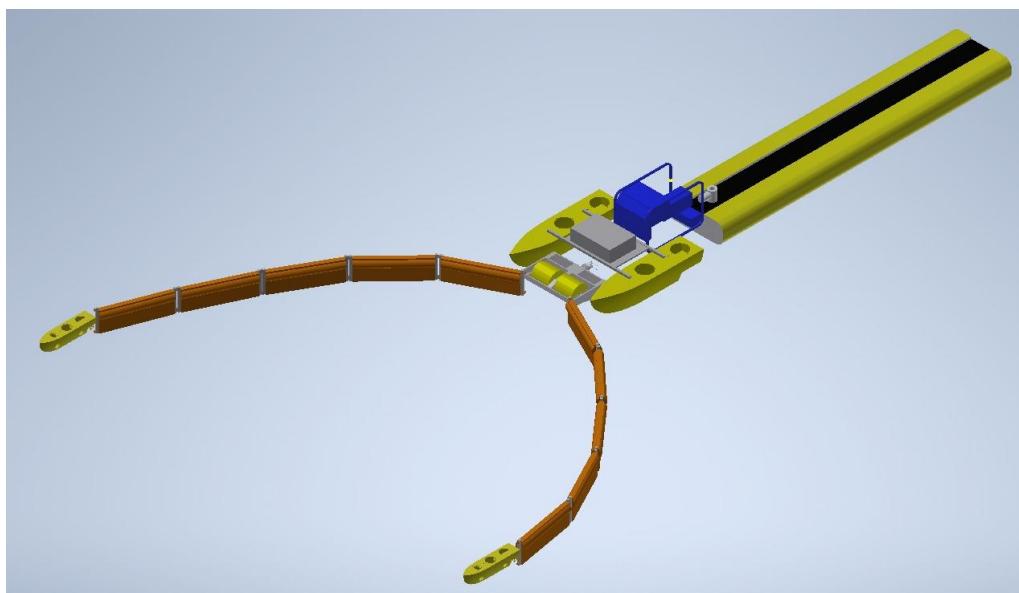


Figura 1. Sistema de Recolección de Hidrocarburos. (Elaboración propia)

I. DISEÑO MONOCASCOS

La elaboración de los cascos de una embarcación parte de los tipos de cascos que se podrían emplear. Para ello, tal como se muestra en la Figura 2, los cascos tienen una gran variación de frentes o carenas. Estas tienen tanto beneficios como limitantes según la selección a emplear; siendo las más comunes los tipo C, D y H por la forma simplificada y menos detallada.

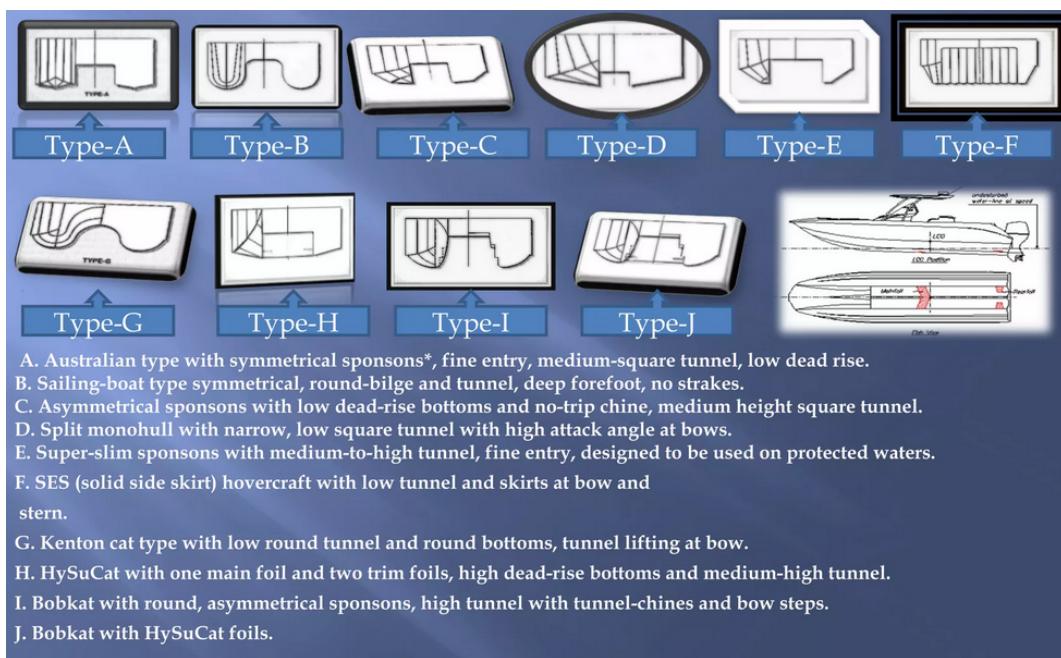


Figura 2: Tipos de Carena para embarcaciones. (SLIDEShare, 2014)

Una vez identificadas las opciones, se realiza un análisis cuantitativo de diversos factores a los resaltando el efecto de entorno y la función de la embarcación; para este caso, será un entorno marino de aguas frías con la finalidad de soportar una gran carga, que sería el Generador Whynco, y arrastrar algunos componentes como las vejigas y el oil skimmer TDS 118. En la Figura 3, se aprecia un ejemplo de cómo se realiza este análisis cuantitativo. Acá resalta por la importancia de costos y facilidad de fabricación 2 tipos de carena común: C y H.

Aspects	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1. Low Vertical Acceleration - Sponsons	2	7	5	4	9	9	5	6	7	8
2. Low Vertical Acceleration - Tunnel	3	3	3	1	5	9	1	6	7	9
3. Inward banking in Turns	1	1	9	7	6	4	5	7	9	9
4. Non-broaching in Following Seas	2	3	6	7	4	6	7	5	8	8
5. Non-weaving in Quartering Seas	8	8	2	3	4	7	7	3	8	8
6. Resistance to Barrel-Rolling	1	5	9	3	7	7	7	5	9	9
7. Load Carrying Ability	5	5	6	7	2	3	8	5	6	7
8. Transverse Stability	6	6	7	3	4	3	4	7	7	7
9. Pitching Stability	4	5	6	7	4	3	6	7	7	8
10. Dry Ride in Small Chop	6	6	6	3	7	2	2	7	7	7
11. Economy at Planing Speeds	8	4	7	4	2	9	7	9	6	8
12. Economy of Construction	8	9	8	7	5	1	6	7	9	7
Total Score	54	62	74	56	59	57	65	74	90	95

Figura 3: Ejemplo análisis cuantitativo de carenas vs criterios de la función, fabricación y entorno.

(SLIDEShare, 2014)

Finalmente, se emplea maxsurf Bentley Versión 17.0 y rhinoceros 5.0 en base a la carena seleccionada y se adquieren los valores referenciales para limitar tanto la potencia necesaria de los propulsores, el oleaje máximo, el peso más teórico a llevar, dimensiones de los cascos, etc. Tal como se aprecia en la Figura 4, estos valores o factores limitan los criterios de ingeniería para determinar mejor la selección o limitación del resto de componentes que dan propósito a la embarcación, principalmente los propulsores.

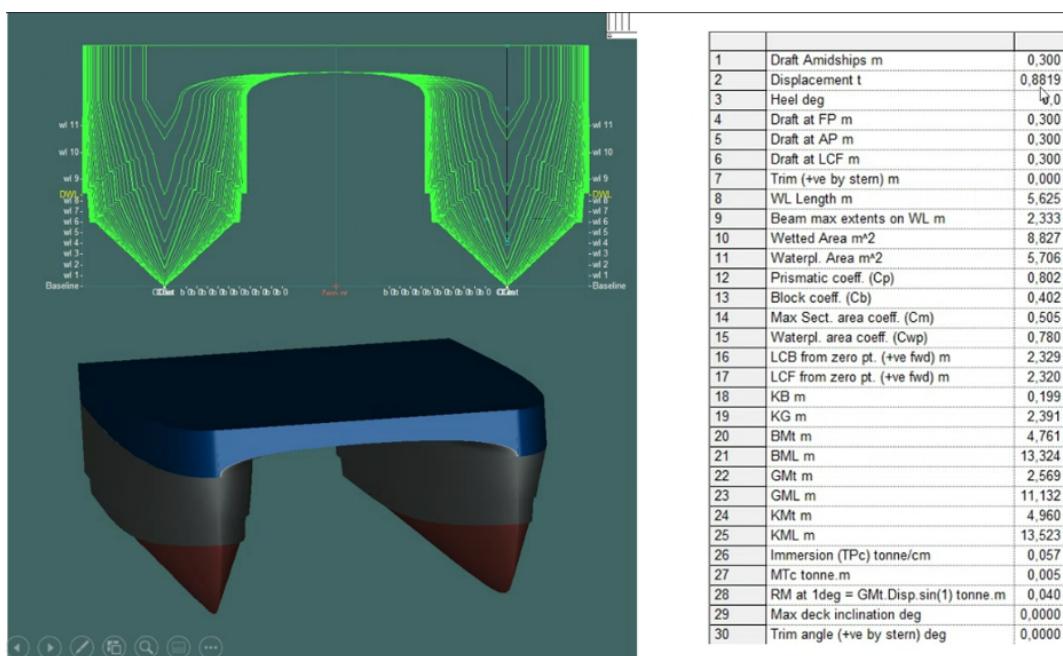


Figura 4: Simulación de Carena y análisis de resultados. (Elaboración propia)

En las Figuras 5 y 6, se aprecia las alturas o distancias respecto a la línea base o vértice en la cual intersectan las dimensiones máximas del casco. Así mismo, se aprecia la water line (DWL, según software) o línea de agua que asegura cuánto se van a sumergir los cascos bajo las condiciones indicadas; sin embargo, esto no será definitivo hasta tener los valores más limitados por coeficientes propios del diseño de ingeniería.

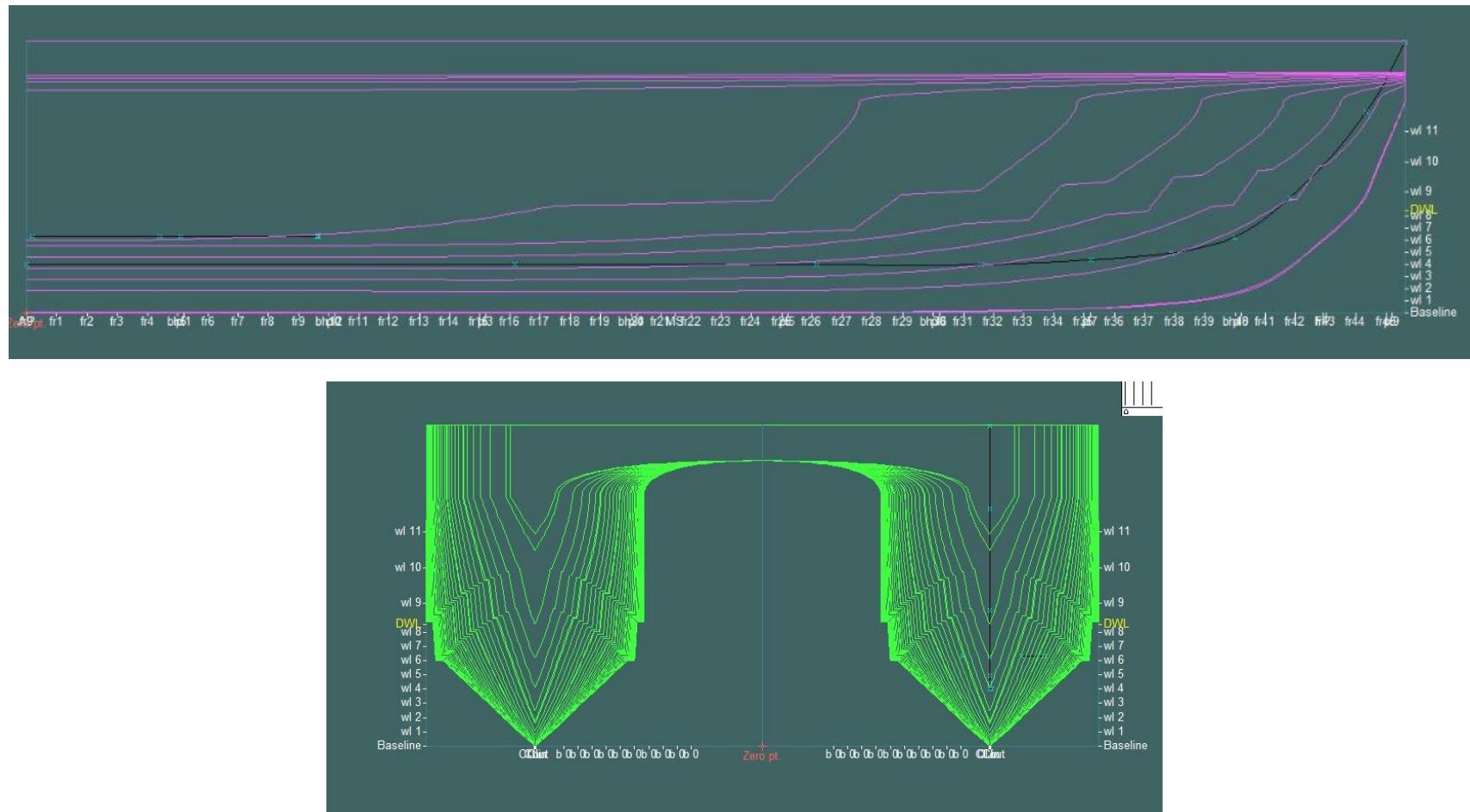


Figura 5 y 6: Baseline y Waster Line de los cascos. (Elaboración propio)

II. DISEÑO PLATAFORMA SUPERIOR

La plataforma superior se analizó como una estructura o armadura compuesta por perfiles o vigas para simplificar el cálculo. Se consideró una carga de 300 kgf como máximo para limitar la selección de perfiles, puntos de mayor esfuerzo, etc; todo mediante el software SolidWorks. En la Figura 7 y 8, se aprecia la armadura realizada, la fuerza aplicada, el comportamiento de esta fuerza sobre la vigas que la componen y el punto máximo de flexión.

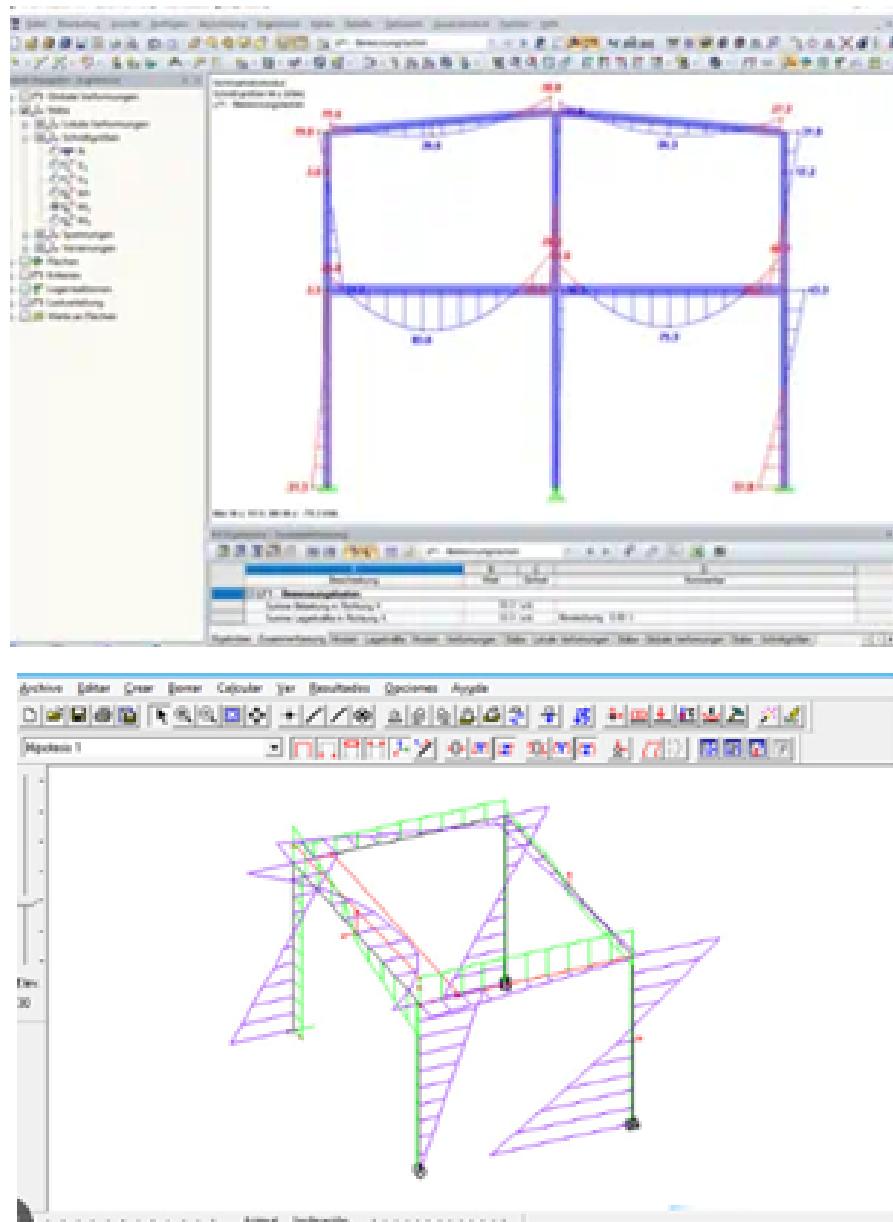


Figura 7 y 8: Modelado 3D en SolidWorks de la Plataforma Superior simplificada. (Elaboración propia)

Asimismo, como se observa en la Figura 9 y 10 se observa el análisis de las conexiones entre las piezas de unión con los cascos y los amortiguadores. Se evidencia que el grado de esfuerzo no alcanza niveles de rotura o elongación permanente; esto se debe principalmente al material a usar, que sería acero galvanizado, el espesor de la plancha y el nivel de soldadura que tendrá que ser continua y por ambos lados o caras de las uniones entre piezas.

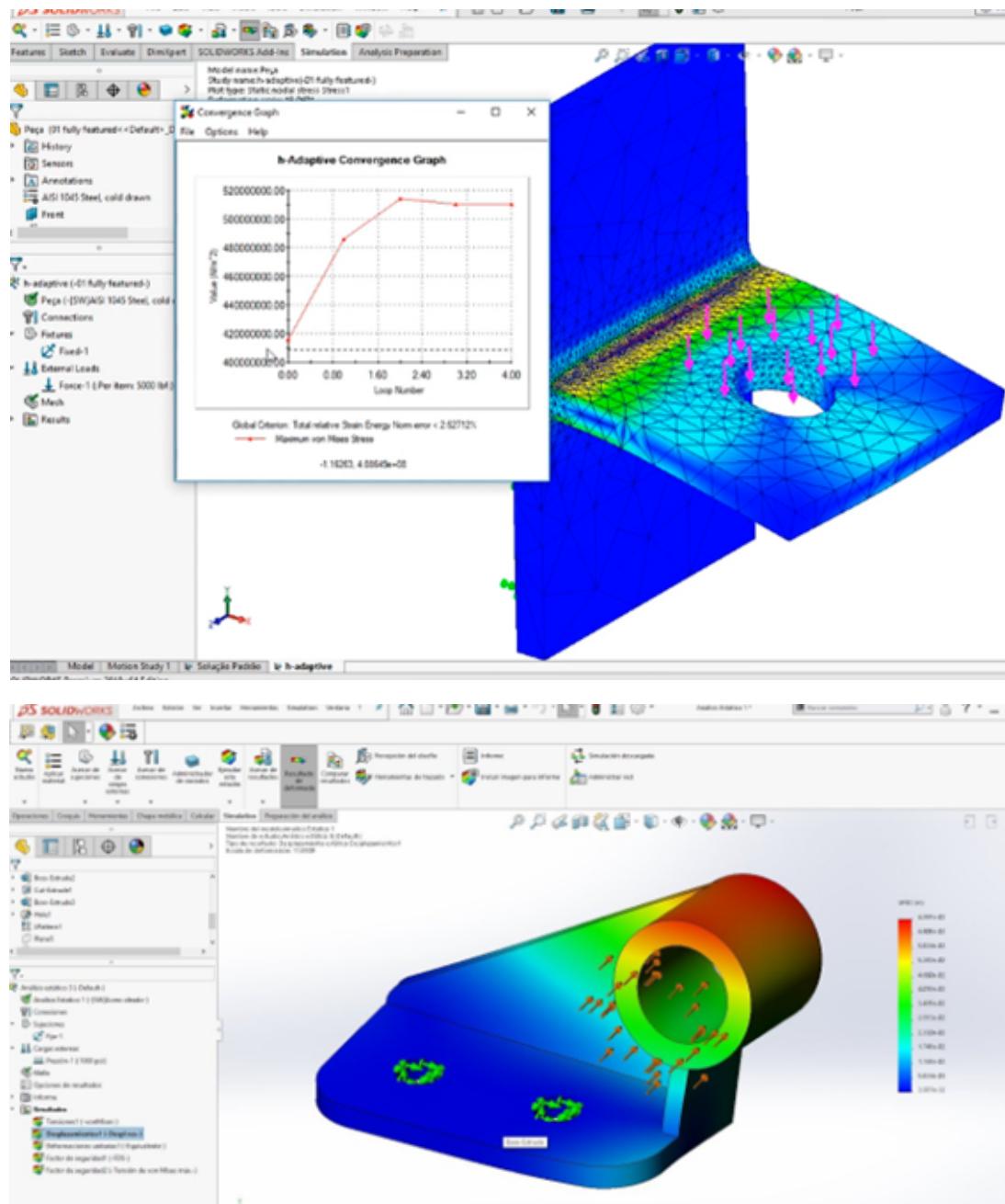


Figura 9 y 10: Análisis de esfuerzos de las piezas unidas a los cascos y amortiguadores. (Elaboración propia)

Finalmente, se analizó el comportamiento del amortiguador mediante una simulación en SolidWorks. Este tendrá una compresión máxima de 176 mm y con un ángulo respecto al eje pivote central de 4° como máximo para el impacto de las olas. Este último es significativo a pesar de aparentar un valor cuantitativo bajo; quiere decir que, soportará olas de hasta 1 m de alto. En la Figura 11, se aprecia la zona de mayor esfuerzo cercano al punto de unión entre la plataforma y la horquilla propia del amortiguador. Tener en cuenta que cuando una ola impacta de forma frontal o trasera, los 4 amortiguadores trabajan eficientemente en conjunto.

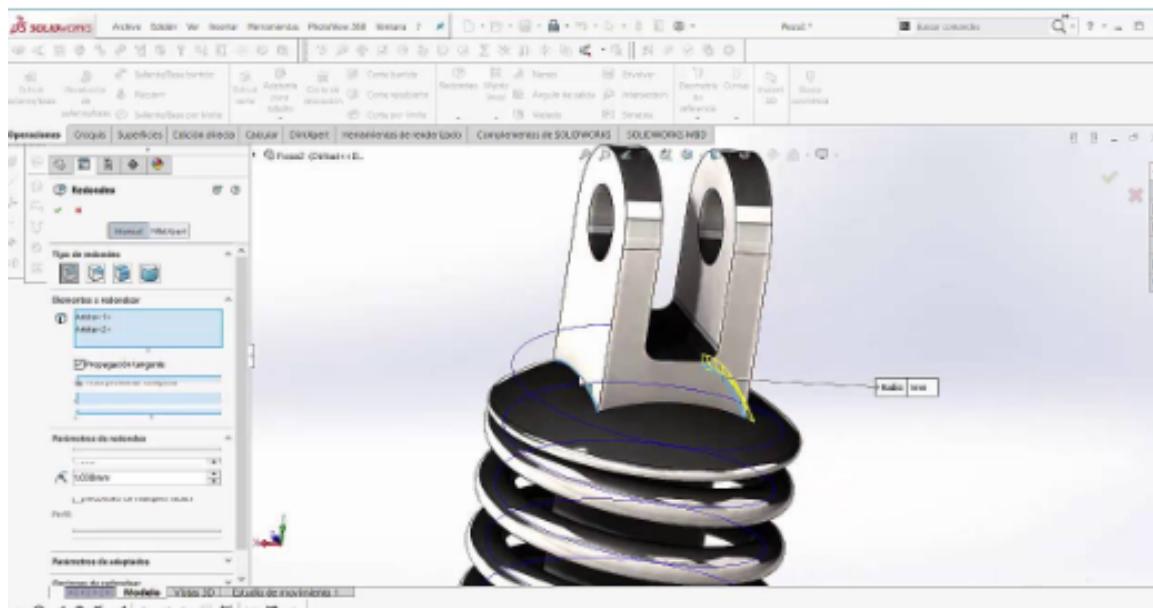


Figura 11: Análisis por simulación del amortiguador en SolidWorks.

III. PLANOS

En base a los diseños previos, se realizaron los planos de los cascos y la plataforma superior o cubierta, los cuales se describen en los siguientes párrafos mediante 2 pares de planos. La innovación de este diseño es la segmentación mediante mamparas de los cascos para así facilitar su transporte y envío por otros medios que no sean terrestres. Adicionalmente, el uso de un sistema de amortiguamiento simétrico para tener una igual resistencia de olas provenientes de proa o popa; sin embargo las olas transversales afectarían al sistema, por ello se tiene que posicionar el sistema en contra o a favor de las olas durante su uso.

REVISIÓN PRELIMINAR:

En base a la selección y obtención de los dispositivos de propulsión y baterías, se comenzó con la distribución de estos dentro de los cascos. Se consideró un espacio prudente entre los cascos para colocar el Oil Skimmer TDS 118 y la consideración de los pesos de cada elemento montado en los cascos.

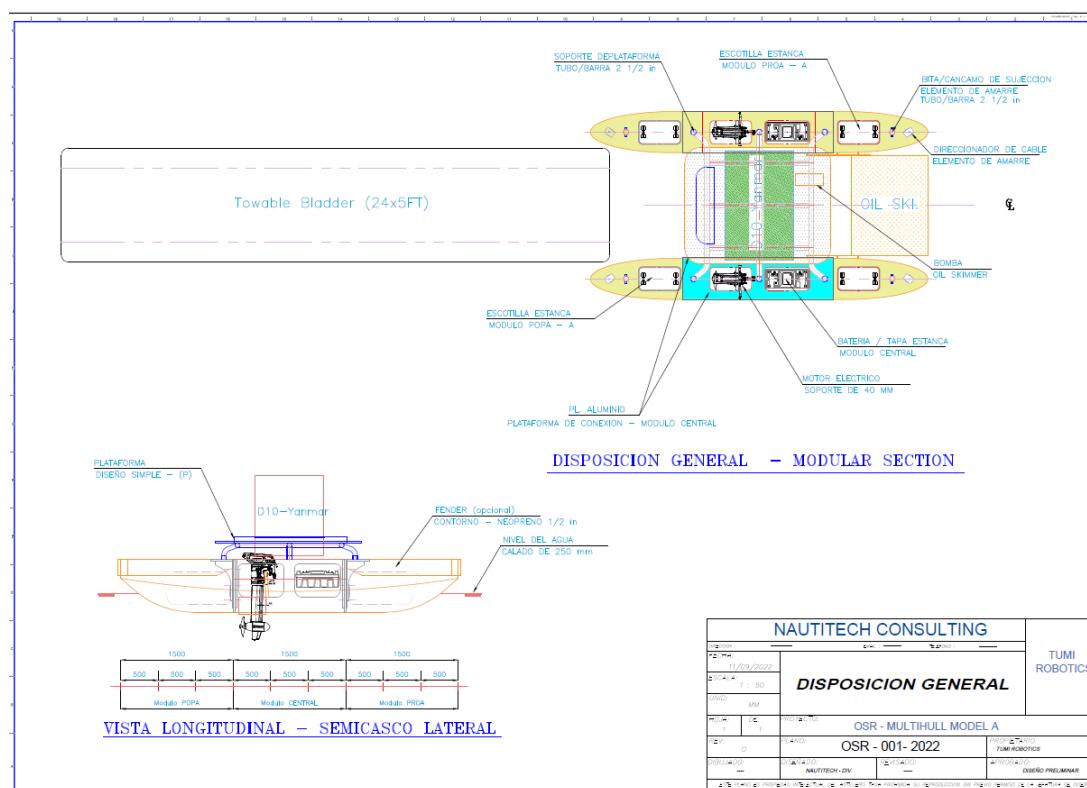


Figura 12: Plano preliminar - Disposición General. (Elaboración propia)

En la Figura 12, se visualiza la Disposición General de los componentes, principalmente la ubicación de los propulsores Cruise 3.0 RS de 8 hp cada uno como máximo y de sus baterías Power 24-3500. En esta primera versión no se detalla mucho la ubicación del generador ya que estaba en proceso de selección y adquisición.

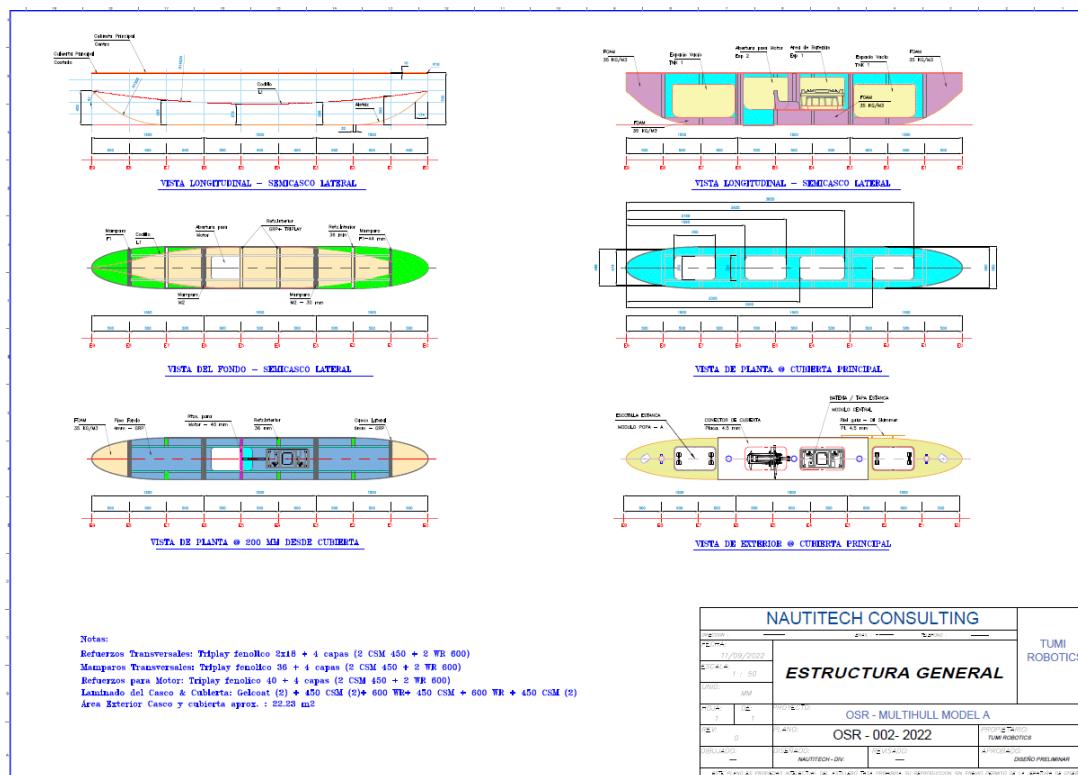


Figura 13: Plano preliminar - Estructura General. (Elaboración propia)

En la Figura 13, para la fabricación de los cascos se detallaron tanto las medidas generales, los cortes para los mamparos y los orificios para la colocación de otros componentes definidos o extras. La distribución de pesos y centroide geométrico guardan una relación de simetría con los cascos y la altura más baja posible para evitar volcaduras.

REVISIÓN FINAL:

Ya definidas las dimensiones del generador de la empresa Whynco y su peso máximo de 300 kg, se garantiza las limitantes en medidas para su colocación sobre la plataforma superior o cubierta. Asimismo, que se evite afectar el centroide y desbalance de las fuerzas a generarse. Cabe resaltar, que las vibraciones del generador serán disipadas por los amortiguadores y el propio sistema propuesto por Whynco, de tal forma que no habría problemas de desconexión de piezas o pernería.

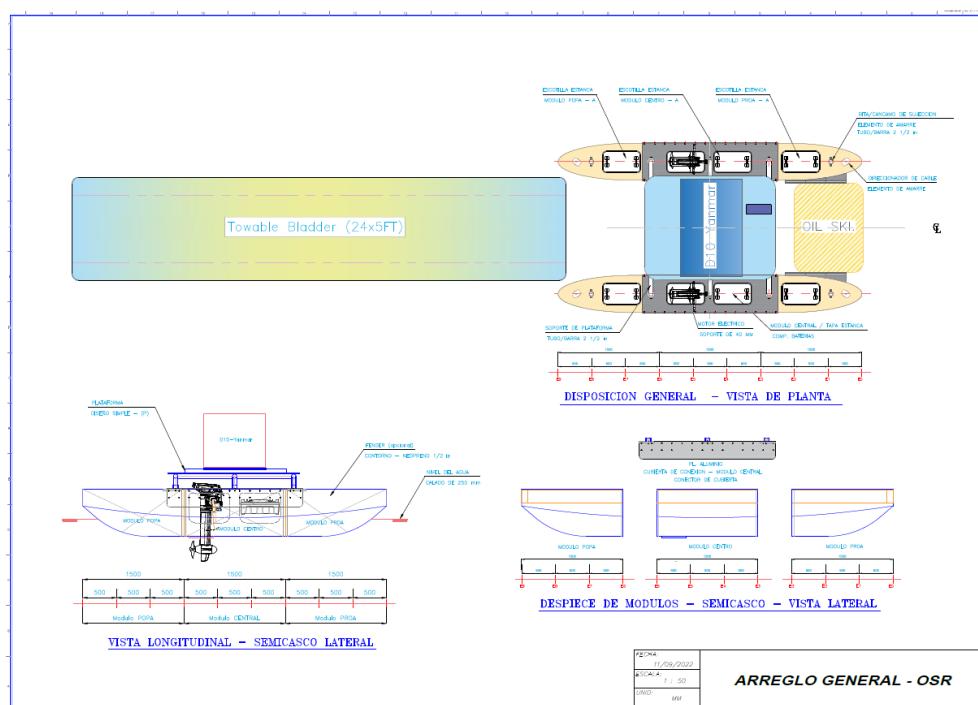


Figura 14: Plano final - Arreglo General - OSR. (Elaboración propia)

En la Figura 14, se evidencia el Arreglo General de los componentes, incluyendo la ubicación de la plataforma superior y los amortiguadores. Adicionalmente, se detallan los soportes en los cascos para fijar el Oil Skimmer TDS 118, esto será de suma importancia para evitar que se golpee con los cascos durante la operación o se volqué por una ola.

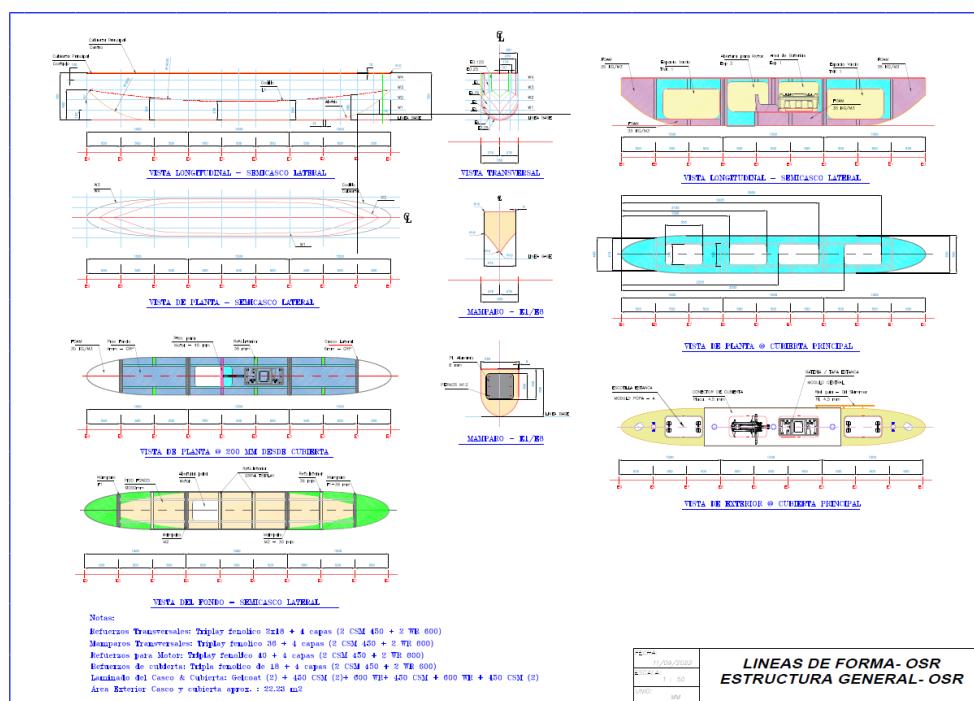


Figura 15: Plano final - Líneas de Forma - OSR. (Elaboración propia)

En la Figura 15, se aprecian las Líneas de Forma o segmentación de los cascos para así tener el grado de modularidad requerida para facilitar el transporte de estos. Este último requerimiento fue para disponer de un mejor detalle a los proveedores dedicados a la fabricación de embarcaciones pequeñas. Sin embargo, este servicio fue finalmente realizado con la misma empresa que lo diseñó, Nautitech.

Los planos serán adjuntados al documento para facilitar su visualización y entender a detalle las características para la fabricación o comprensión de su funcionamiento en conjunto.

IV. IMPLEMENTACIÓN DE LOS MONOCASCOS

Posterior a la aprobación de los planos y limitaciones detalladas, se comenzó la construcción de los contramoldes, para lo cuál se requería de la adquisición de materiales, trazado de cuadernas, corte de cuadernas, armado, misma secuencia para los refuerzos; luego el forrado, masillado, recubrimiento de fibra, desmoldeo y acabado final. En los siguientes párrafos se describen algunos de estos procesos.



Figura 16: Corte y marcado de las tablas. (Elaboración propia)

Tal como se observa en la Figura 16, la cortadora trabajó en automático el trazado y separación de las tablas principales. Tanto las cuadernas como los refuerzos se realizaron a la par para ambas piezas o cascos. El cuerpo de madera sirve como contra molde.



Figura 17 y 18: Corte de Cuadernas y Escuadras. (Elaboración propia)

En la Figura 17 y 18, se observa la obtención de los refuerzos y cuadernas marcadas para posteriormente realizar el ensamble de estas. Las medidas y marcado se realiza con sumo cuidado para preservar las dimensiones correctas del contramolde; si bien se pueden hacer correcciones en el proceso, esto no debería ser significativo para el acabado.

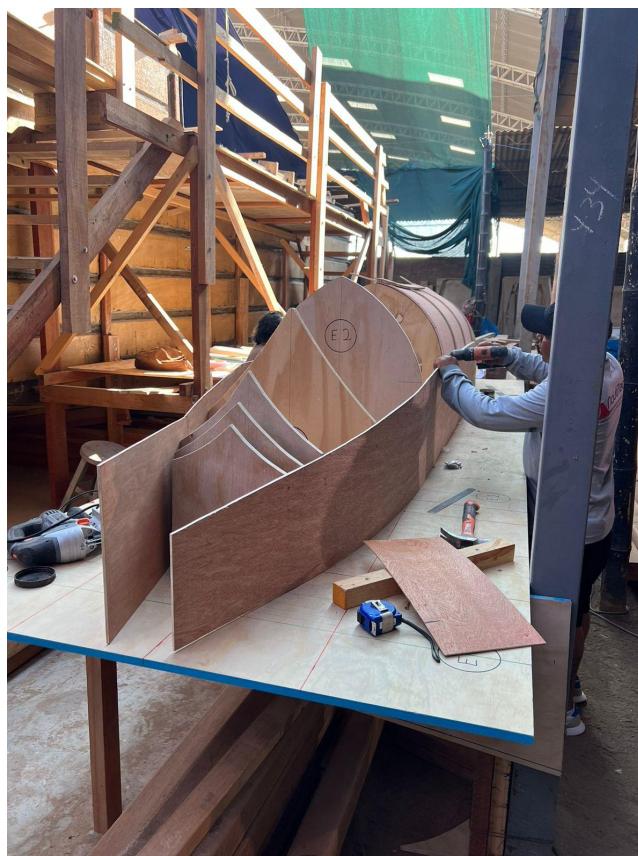


Figura 19: Armado de cuadernas y refuerzos. (Elaboración propia)

El armado inicial de las cuadernas y refuerzos se observa en la Figura 19. Se emplea tanto pegamento en alta concentración como clavos y pernos para fijar bien los elementos. La curvatura de las planchas de madera debe ser precisa para ser efectivo

hidrodinámicamente con el impacto de las olas, al igual que en el corte de estas durante el desplazamiento de la embarcación.



Figura 20: Forrado del contramolde. (Elaboración propia)

Posterior al armado de la estructura de madera, se realiza el forrado del cuerpo del casco, tal como se observa en la Figura 20. Este proceso es rápido, cada capa o pasada se debe realizar con firmeza y de forma manual. Adicionalmente, el tiempo de secado debe ser oportuno entre capa y capa para así tener posteriormente un buen laminado de la fibra de vidrio.



Figura 21: Masillado del casco. (Elaboración propia)

En la Figura 21, el masillado se realiza por pasadas hasta que seque lo necesario y así aplicar la siguiente capa o pasada hasta obtener las dimensiones internas o externas deseadas. Se tiene que realizar de forma uniforme en toda la pared inferior del casco. La

tapa se realiza posteriormente ya que hay que retirar las cuadernas y refuerzos antes de sellar la pieza.



Figura 22: Retiro de cuadernas y refuerzos. (Elaboración propia)

Se retiran las cuadernas y refuerzos o pre desmoldeo, para realizar el proceso de laminado, según la Figura 22. Este proceso intermedio sirve como correctivo para las posibles fallas mínimas previamente realizadas. Asimismo, se evalúa el espacio de los componentes para cotejar el correcto funcionamiento de los cascos; en este caso, se posicionaron y midieron los propulsores y baterías para ver cómo afecta su colocación y posible movimiento del propulsor.



Figura 23: Desmoldeo de la matriz. (Elaboración propia)

En la Figura 23, se observa como se retira la matriz luego de realizar el laminado por capas de fibra de vidrio. En la parte superior queda una lengüeta o saliente, producto del retazos que exceden la forma para así evitar grietas o fisuras durante el desmoldeo. Este proceso es delicado y requiere de bases de madera para evitar movimientos bruscos que rompan el casco base.



Figura 24: Corrección del espesor y daño del casco. (Elaboración propia)

En la Figura 24, se aprecia la corrección del espesor de algunas partes del casco y la longitud de 4.5 m según el diseño de ingeniería. Poco a poco, el operario da forma a los bordes antes de que termine de secar por completo la capa de fibra de interés. Así se evita que existan grumos o discontinuidades propias de un proceso arduo.



Figura 25: Pintado y secado de los cascos. (Elaboración propia)

Finalmente, como se aprecia en la Figura 25. Se pintan los cascos de un color neutro como el blanco para así tener la base de pintura eficiente para añadir cualquier otro. Si bien el color más común es el amarillo, para esta embarcación en particular se optó por el color naranja de la misma tonalidad del logo de la empresa TUMI robotics, un color sumamente característico que resalta a razón del color del mar y facil de detectar a distancias significativas.

V. IMPLEMENTACIÓN DE LA PLATAFORMA SUPERIOR

Según los planos realizados, se adquieren los perfiles y mecanizan las planchas de acero para armar la plataforma superior. Esta también se compone de los elementos de sujeción para los amortiguadores, los cuales tienen que estar unidos a los cascos mediante placas perforadas para el ingreso de un eje libre. Son un total de 4 amortiguadores que funcionan en pares por cada casco, estos tienen la función principal de prevenir el ataque de las olas por proa, popa, ligeramente transversales y disminuir la vibración del generador Whynco.



Figura 26: Piezas de sujeción Plataforma superior. (Elaboración propia)

En la Figura 26, se observan las piezas de sujeción para los amortiguadores. Estas son específicamente para los cascos. Asimismo, se observa que están cortadas y delimitadas pero faltaría soldarlas.



Figura 27: Soldado de las placas para la plataforma superior. (Elaboración propia)

En la Figura 27 se aprecian las piezas finales soldadas que permitirán el montaje del resto de componentes. Estas tienen una resistencia alta para impedir que el peso de casi 300 kg producto del generador Whynco ocasione una volcadura o daño de la fibra de vidrio. Asimismo, se evidencia un grosor considerable de las piezas, para evitar dobleces o daños durante la soldadura en caliente.



Figura 28: Plataforma superior soldada. (Elaboración propia)

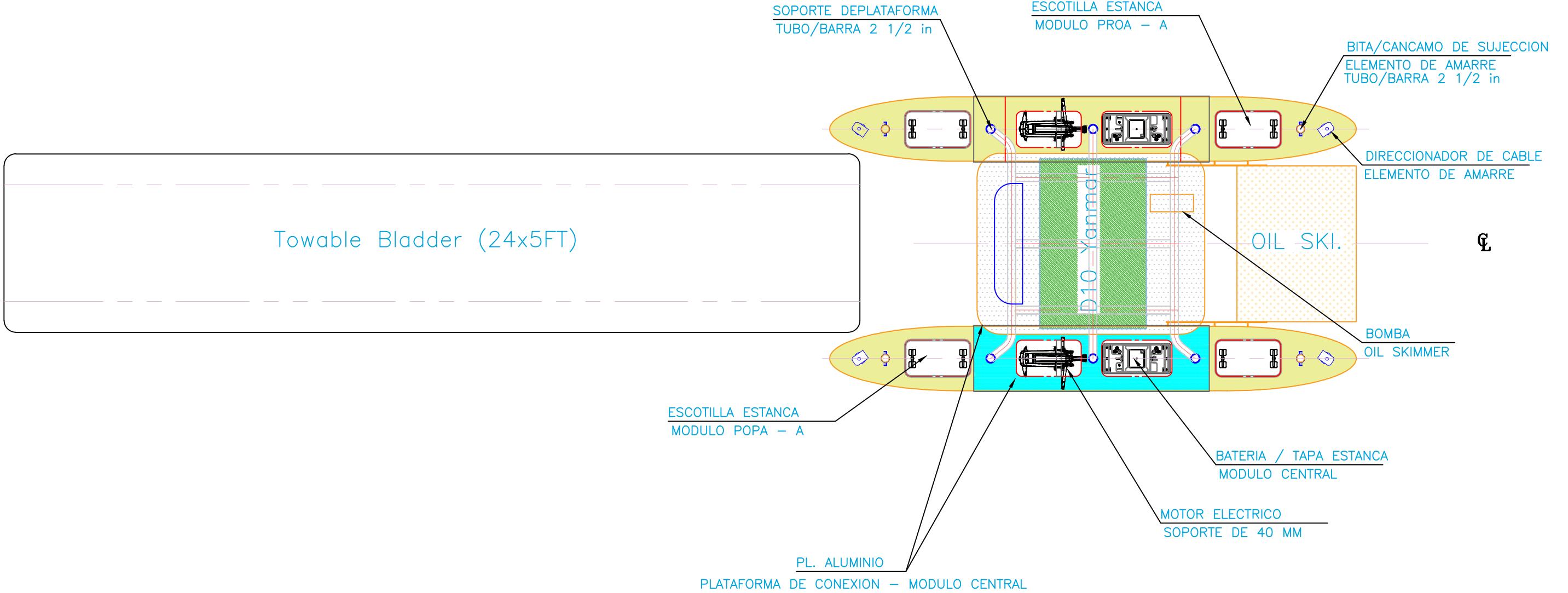
Finalmente, en la Figura 28 se aprecia la estructura de la plataforma superior soldada y lista para colocar las planchas que permitirán la sujeción con el generador Whynco. En los extremos están instaladas las placas para la conexión con los amortiguadores; en el centro se tienen 2 barreras verticales para reforzar la sujeción a los cascos de tal forma que sirva como pivote. La estructura es de acero galvanizado y será recubierta con pintura para evitar la oxidación.

Bibliografía

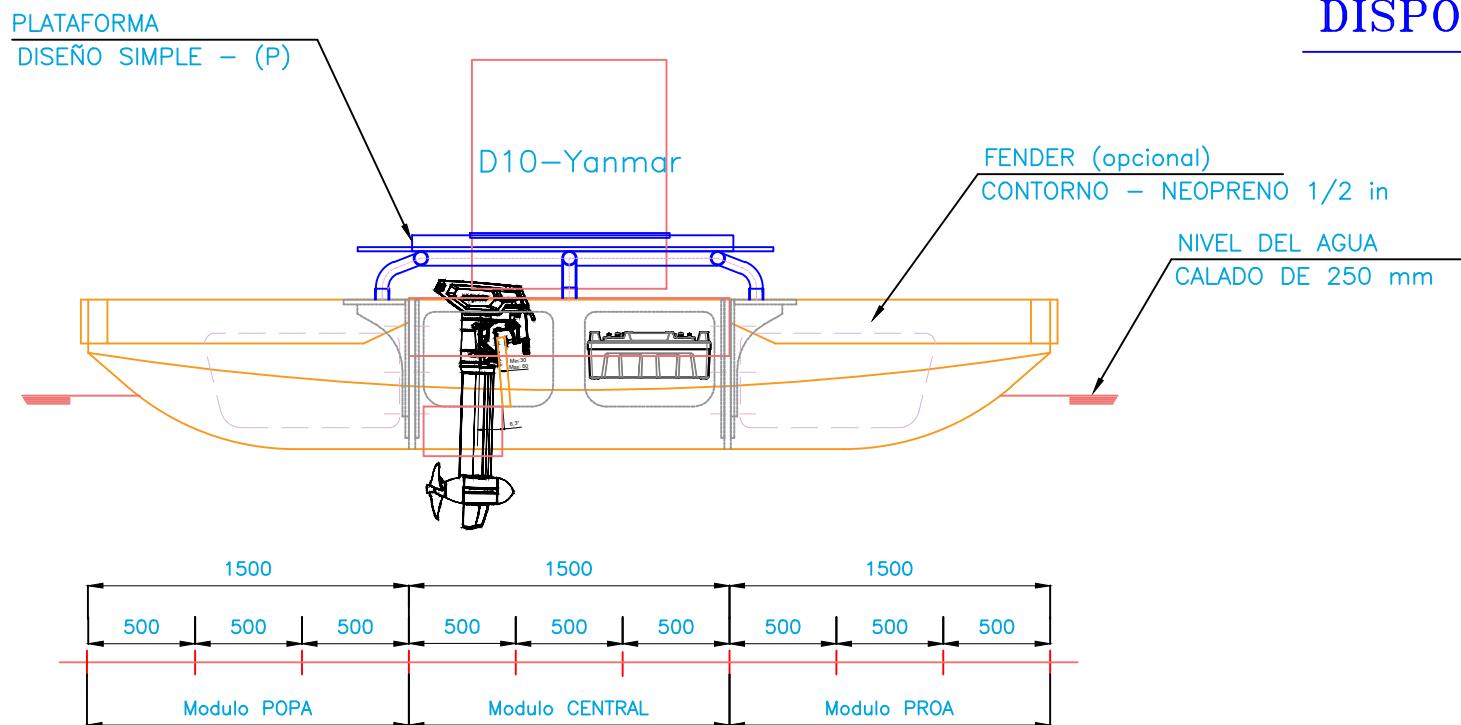
SLIDEShare (2014). Design of a Pleasure Craft with Catamaran Hull. Aung, Htike.

Consultado el día 18 de diciembre del 2022. Recuperado de:

<https://www.slideshare.net/HtikeAungKyaw/design-of-a-pleasure-craft-with-catamaran-hull>



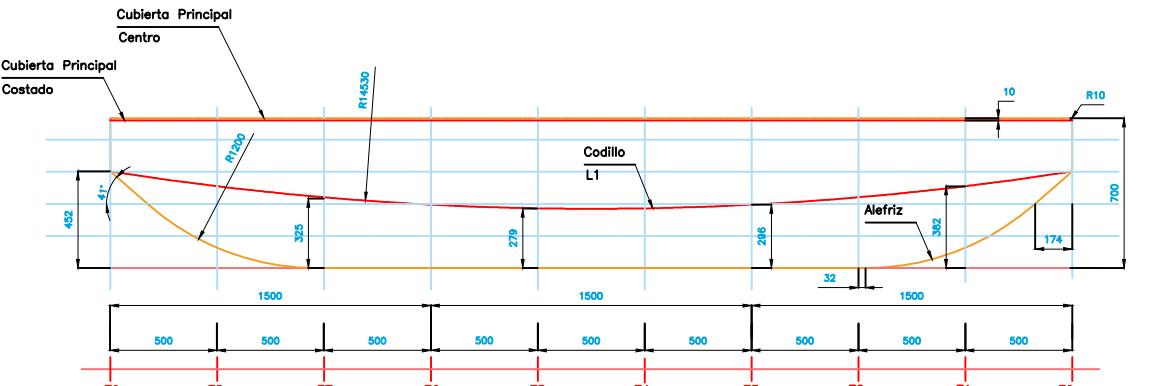
DISPOSICION GENERAL – MODULAR SECTION



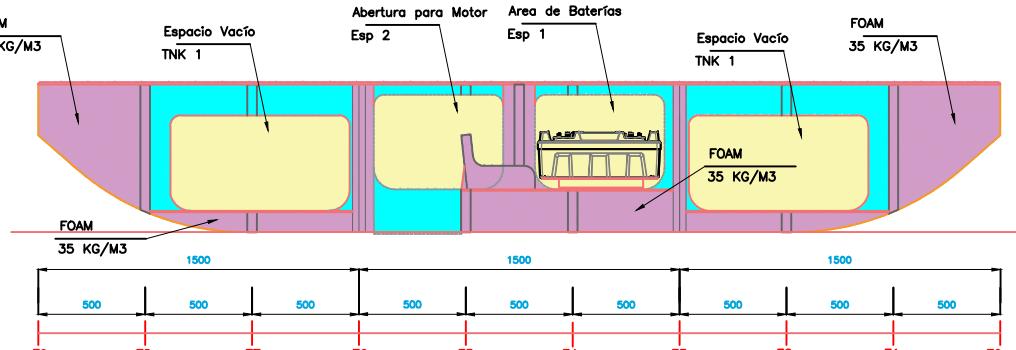
VISTA LONGITUDINAL – SEMICASCO LATERAL

NAUTITECH CONSULTING			TUMI ROBOTICS
DIRECCION :	-----	EMAIL :	-----
FECHA:	11/09/2022	ESCALA:	1 : 50
UNID:	MM	HOJA:	DE:
REV:	0	PROYECTO:	OSR - MULTIHULL MODEL A
DIBUJADO:	DISEÑADO:	PLANO:	OSR - 001- 2022
-----	NAUTITECH - DIV.	REVISADO:	PROPIETARIO: TUMI ROBOTICS
ESTE PLANO ES PROPIEDAD INTELECTUAL DEL ASTILLERO TASA PROHIBIDA SU REPRODUCCION SIN PREVIO PERMISO DE LA JEFATURA DE DISEÑO	APROBADO:	-----	DISEÑO PRELIMINAR

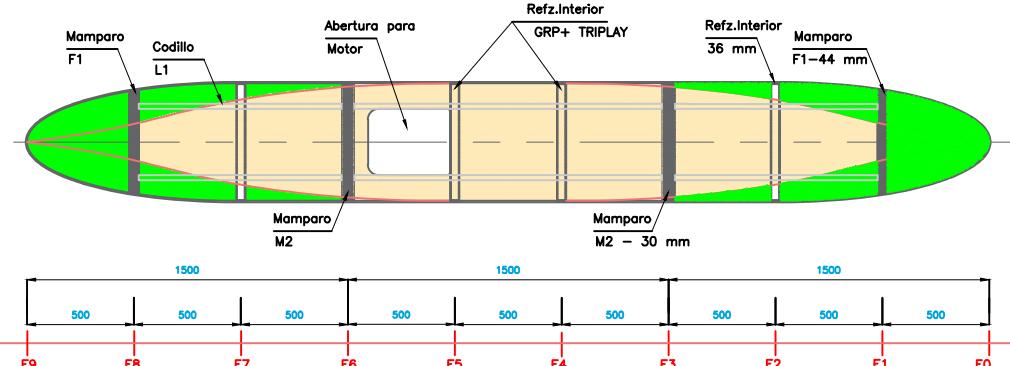
DISPOSICION GENERAL



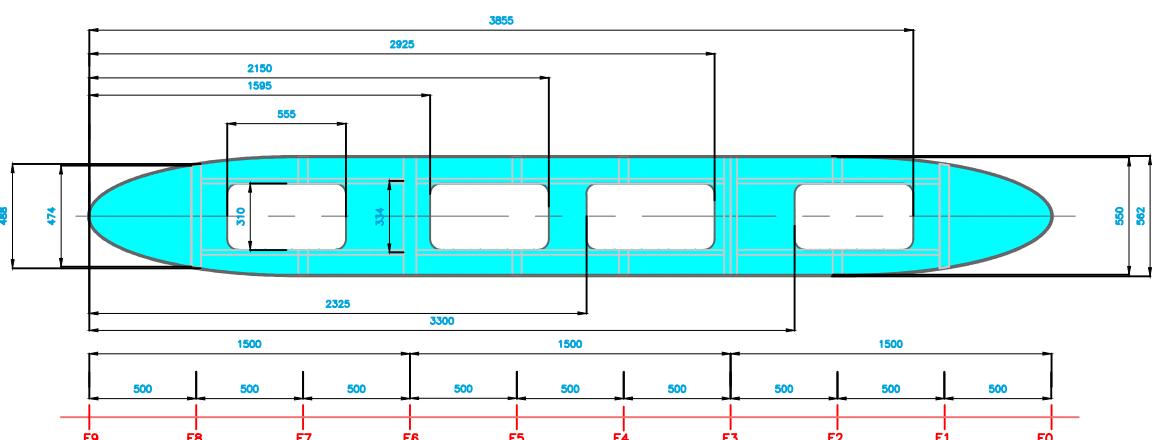
VISTA LONGITUDINAL – SEMICASCO LATERAL



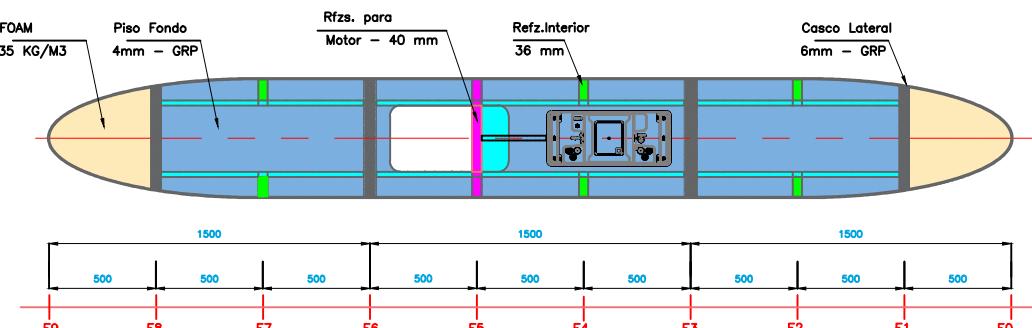
VISTA LONGITUDINAL – SEMICASCO LATERAL



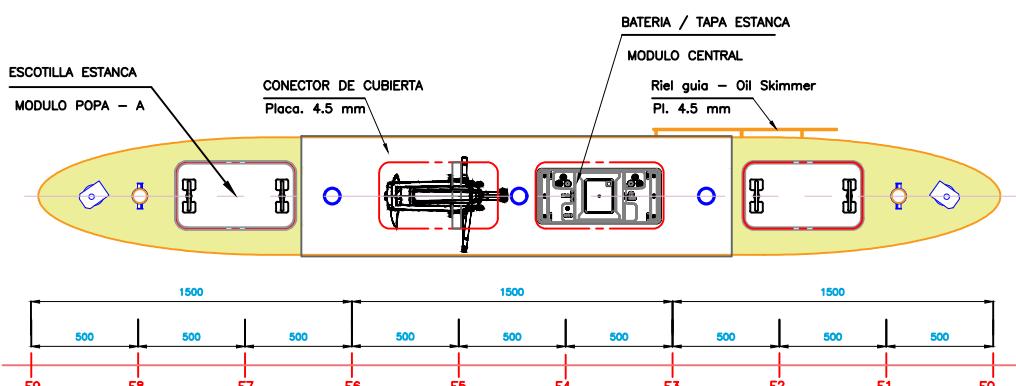
VISTA DEL FONDO – SEMICASCO LATERAL



VISTA DE PLANTA @ CUBIERTA PRINCIPAL



VISTA DE PLANTA @ 200 MM DESDE CUBIERTA



VISTA DE EXTERIOR @ CUBIERTA PRINCIPAL

Notas:

Refuerzos Transversales: Triplay fenolico 2x18 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

Mamparos Transversales: Triplay fenolico 36 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

Refuerzos para Motor: Triplay fenolico 40 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

Laminado del Casco & Cubierta: Gelcoat (2) + 450 CSM (2)+ 600 WR+ 450 CSM + 600 WR + 450 CSM (2)

Área Exterior Casco y cubierta aprox. : 22.23 m²

NAUTITECH CONSULTING

DIRECCION : ----- EMAIL : ----- TELEFONO : -----

FECHA: 11/09/2022

ESCALA: 1 : 50

UNID: MM

HOJA: 1 DE: 1 PROYECTO:

OSR - MULTIHULL MODEL A

REV: 0 PLANO: OSR - 002- 2022 PROPRIETARIO:

TUMI ROBOTICS

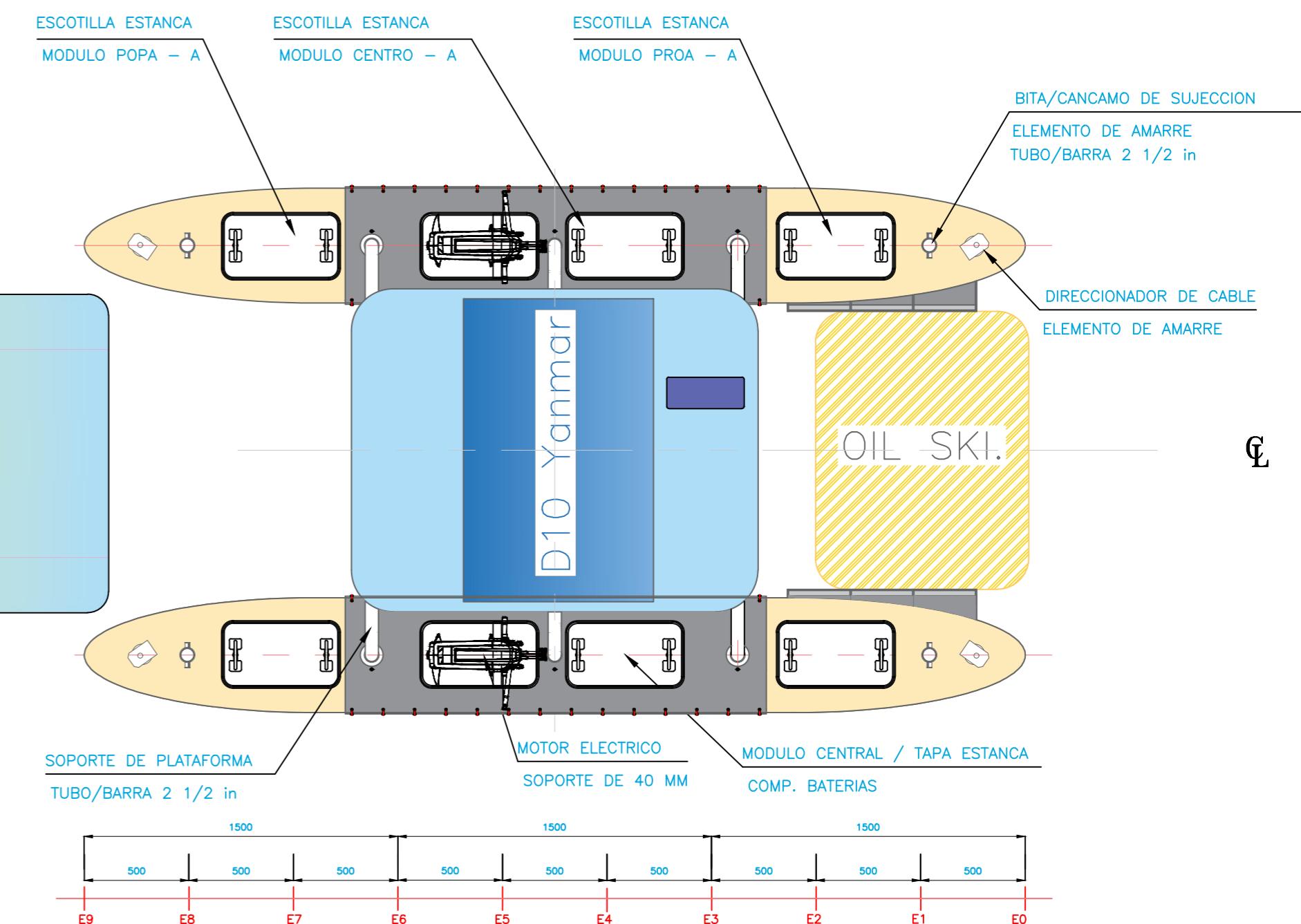
DIBUJADO: DISEÑADO: REVISADO: APROBADO:

NAUTITECH - DIV. ----- DISEÑO PRELIMINAR

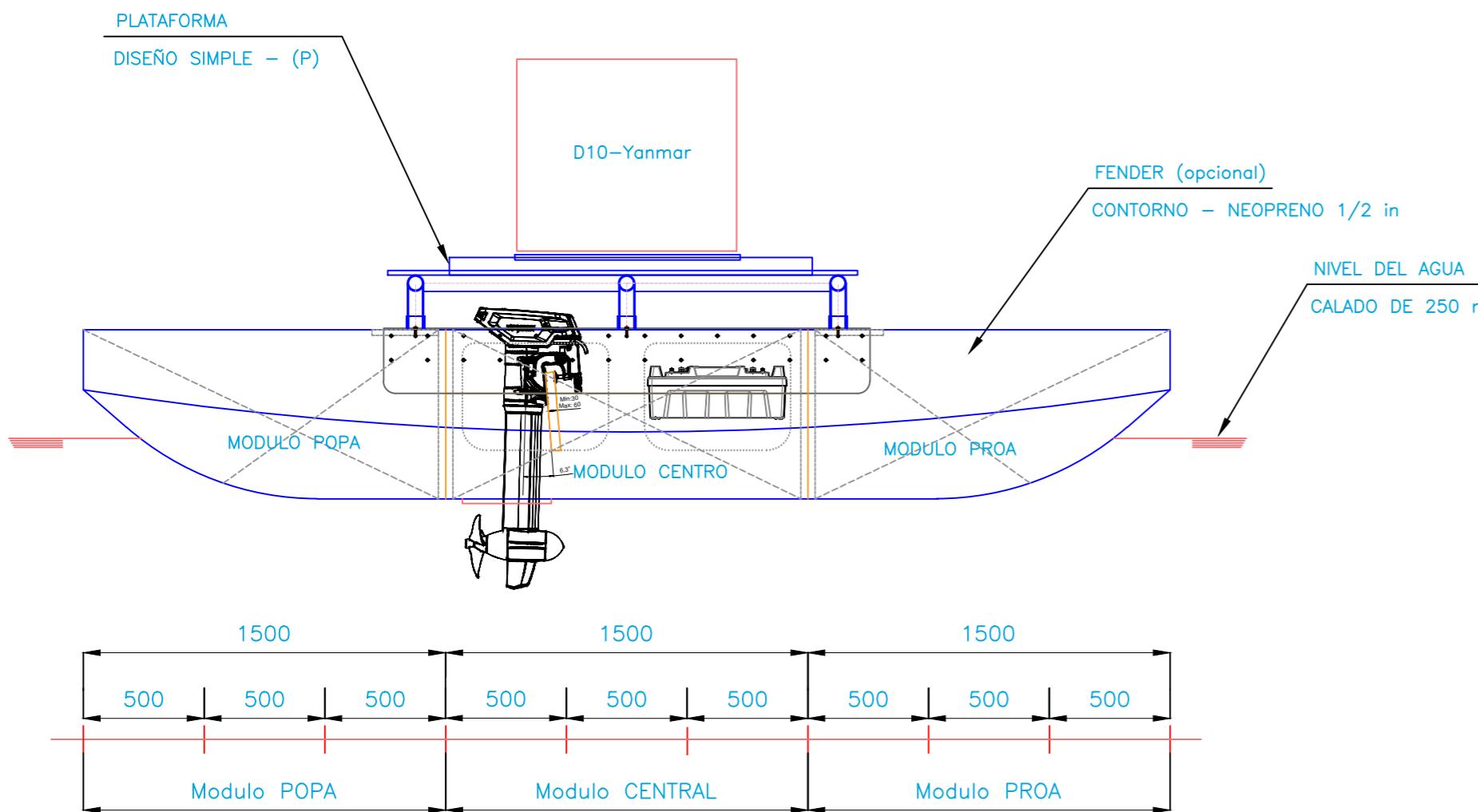
ESTRUCTURA GENERAL

**TUMI
ROBOTICS**

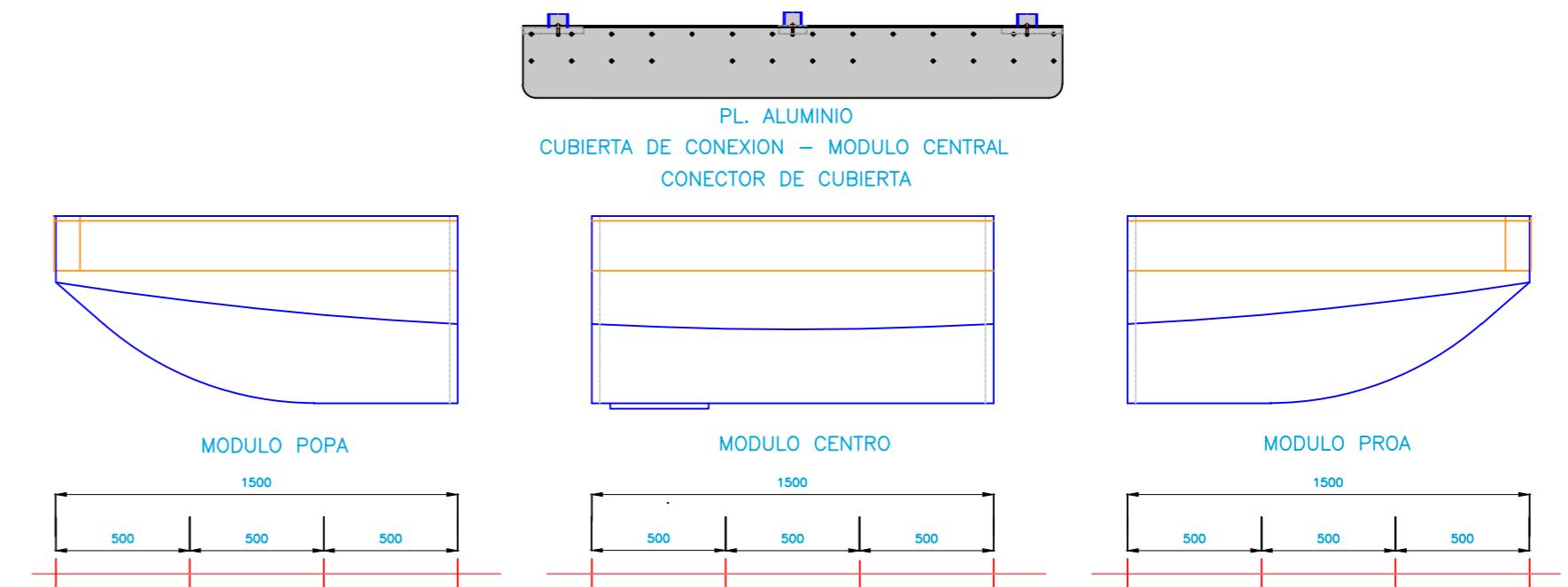
Towable Bladder (24x5FT)



DISPOSICION GENERAL – VISTA DE PLANTA



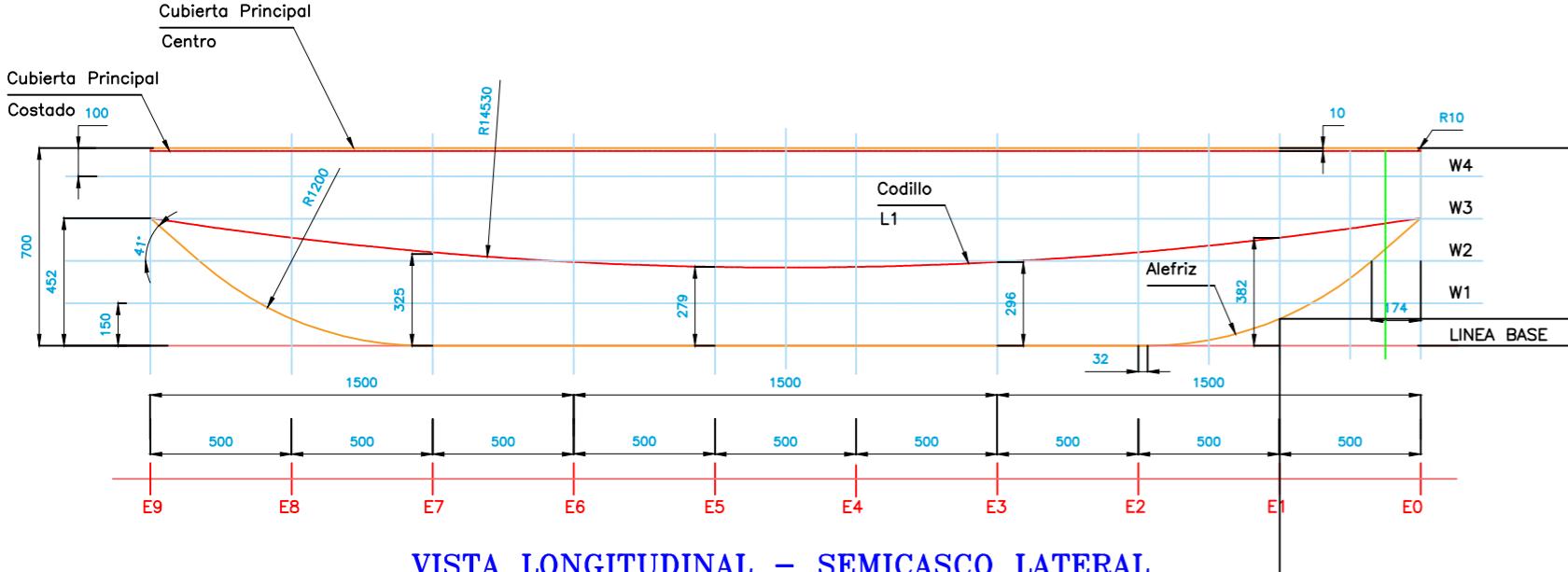
VISTA LONGITUDINAL – SEMICASCO LATERAL



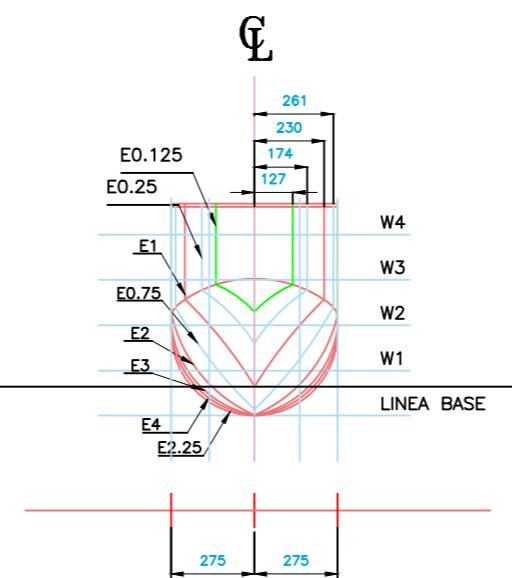
DESPIECE DE MODULOS – SEMICASCO – VISTA LATERAL

FECHA:	11/09/2022
ESCALA:	1 : 50
UNID:	MM

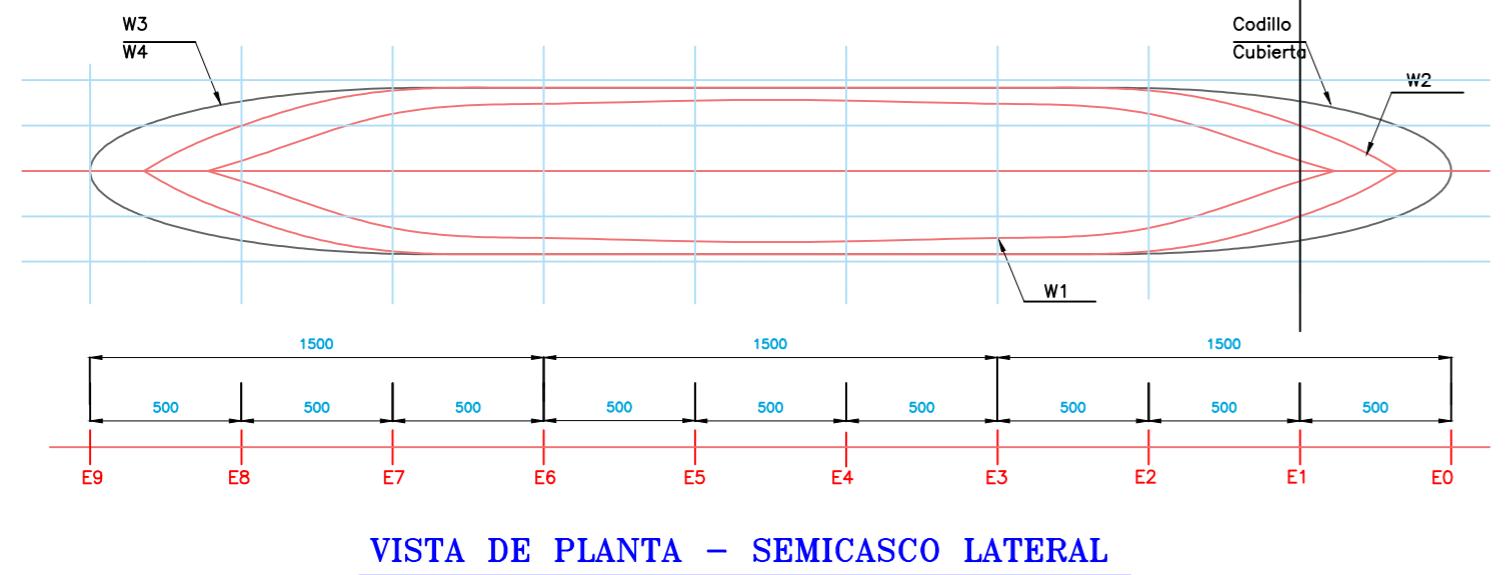
ARREGLO GENERAL - OSR



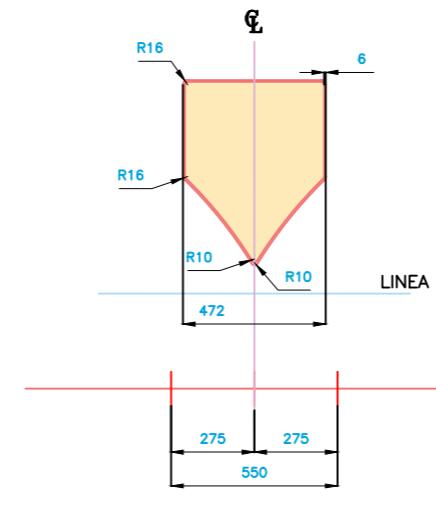
VISTA LONGITUDINAL - SEMICASCO LATERAL



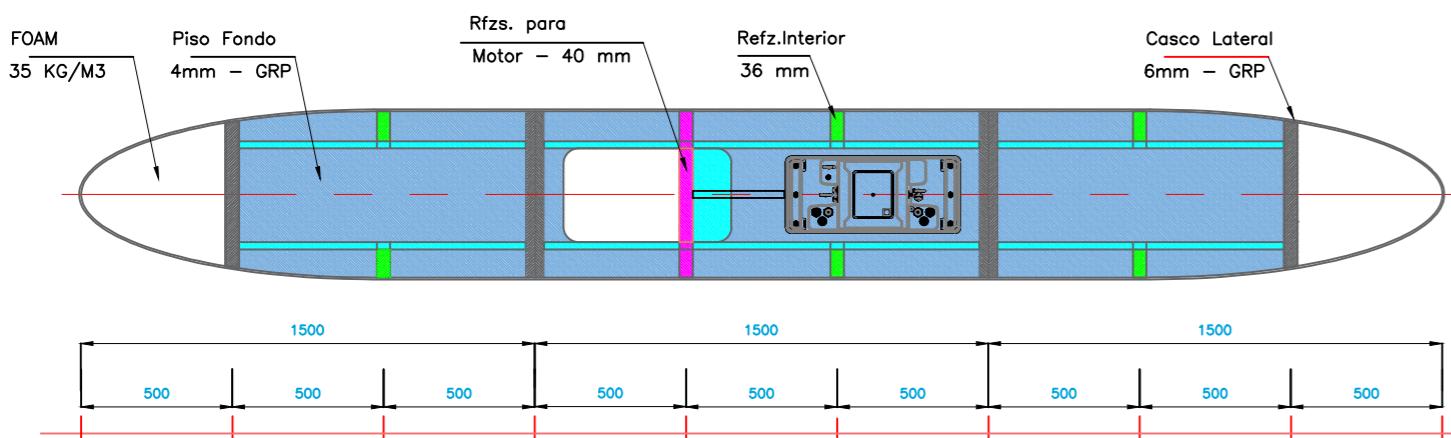
VISTA TRANSVERSAL



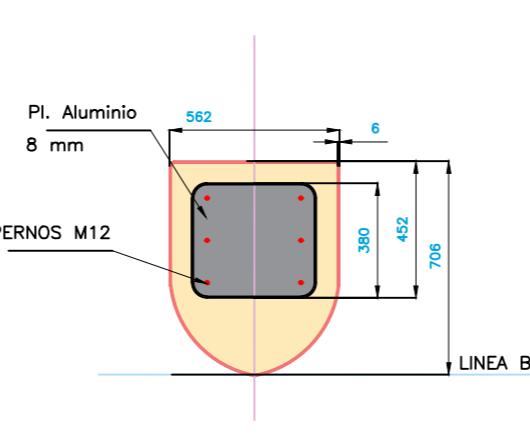
VISTA DE PLANTA - SEMICASCO LATERAL



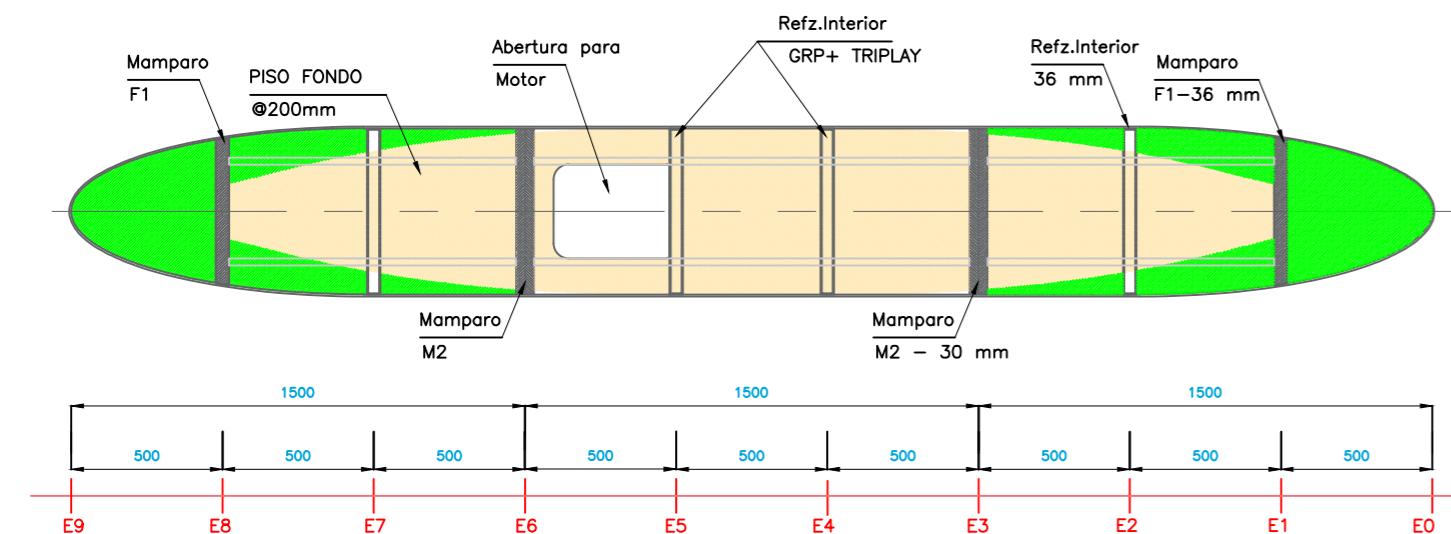
MAMPARO - E1/E8



VISTA DE PLANTA @ 200 MM DESDE CUBIERTA



MAMPARO - E1/E8



VISTA DEL FONDO - SEMICASCO LATERAL

Notas:

Refuerzos Transversales: Triplay fenolico 2x18 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

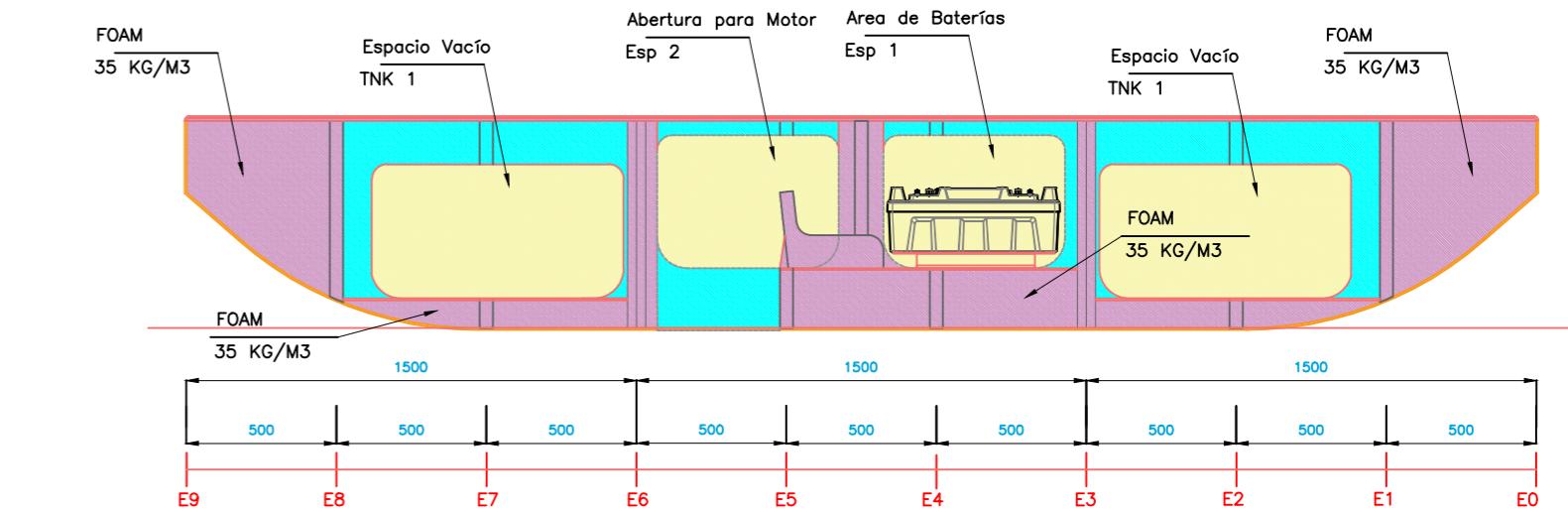
Mamparos Transversales: Triplay fenolico 36 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

Refuerzos para Motor: Triplay fenolico 40 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

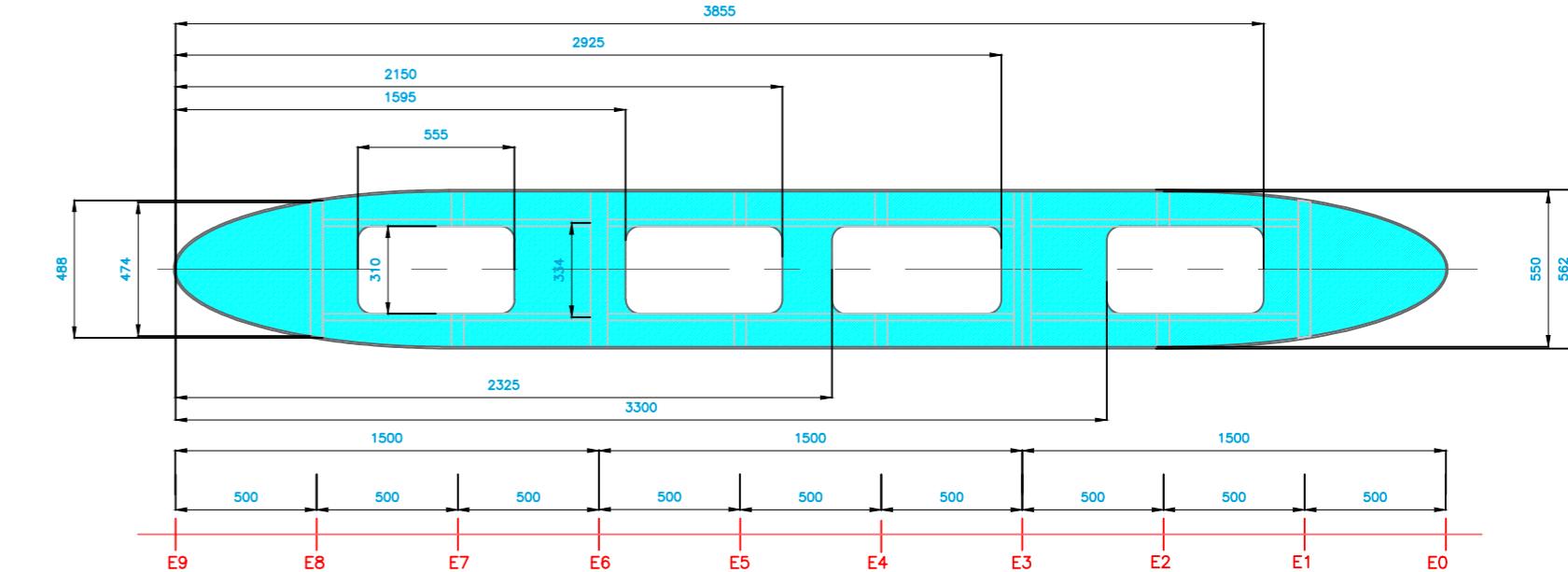
Refuerzos de cubierta: Tripla fenolico de 18 + 4 capas (2 CSM 450 + 2 WR 600)

Laminado del Casco & Cubierta: Gelcoat (2) + 450 CSM (2)+ 600 WR+ 450 CSM + 600 WR + 450 CSM (2)

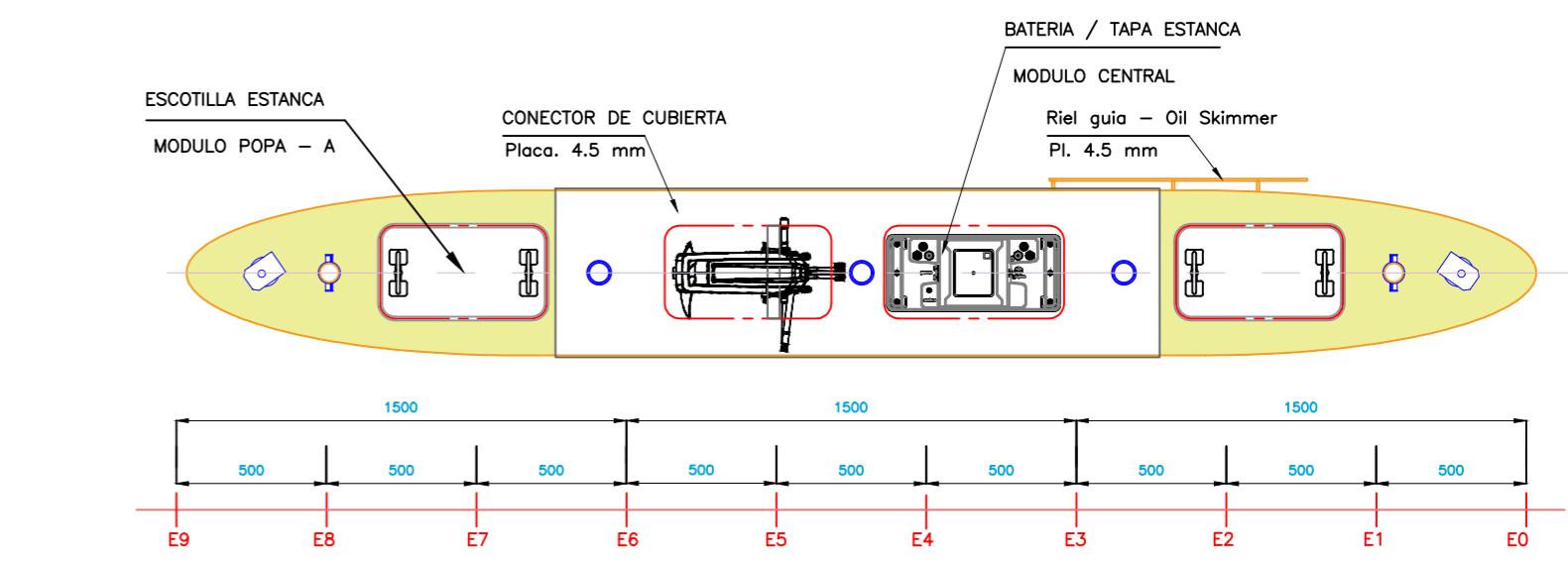
Área Exterior Casco y cubierta aprox. : 22.23 m²



VISTA LONGITUDINAL - SEMICASCO LATERAL



VISTA DE PLANTA @ CUBIERTA PRINCIPAL



VISTA DE EXTERIOR @ CUBIERTA PRINCIPAL

FECHA:	11/09/2022
ESCALA:	1 : 50
UNID:	MM

**LINEAS DE FORMA- OSR
ESTRUCTURA GENERAL- OSR**