



**Centro Universitario de la Defensa
en la Escuela Naval Militar**

TRABAJO FIN DE GRADO

*Dimensionamiento y estudio de alternativas para la propulsión
híbrida de RHIB de 20 a 33 pies de la Armada Española*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Enrique Núñez de Prado Franco

DIRECTORES: Roberto Bellas Rivera

CURSO ACADÉMICO: 2015-2016

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Dimensionamiento y estudio de alternativas para la propulsión
híbrida de RHIB de 20 a 33 de la Armada Española*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

UniversidadeVigo

RESUMEN

El presente Trabajo de Fin de Grado estudia la viabilidad y conveniencia de implantar sistemas de propulsión híbrido-eléctricos en las embarcaciones semirrígidas (RHIB) de la Armada Española.

El trabajo comienza con una investigación sobre propulsión híbrida, donde se analizan las dos soluciones más importantes existentes en el mercado: serie y paralelo. Tras realizar una breve revisión de las misiones encomendadas a las RHIB de la Armada para poner en contexto el escenario operativo al que debe dar solución este trabajo, se analizan los factores de diseño y características más relevantes de una RHIB específica de la Armada: Duarry Cormorán 730IB.

Se comprueba la viabilidad de las alternativas de propulsión mediante un estudio dividido en las siguientes fases: comparación entre la propulsión híbrida en serie y paralelo, diseño de la embarcación en 3D, cálculo de la resistencia y potencia en función de la velocidad de la embarcación, dimensionamiento de cada uno de los elementos del sistema de propulsión seleccionado, estudio de la condición final de estabilidad de la embarcación con el nuevo sistema de propulsión y presentación de la distribución final de la planta de propulsión a bordo.

Por último, en función de los resultados obtenidos se evalúa la viabilidad y conveniencia de este sistema de propulsión.

PALABRAS CLAVE

RHIB, HÍBRIDO, PROPULSIÓN, MOTOR ELÉCTRICO, BATERÍA, GENERADOR.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi familia, por todo el apoyo que me habéis mostrado siempre y sobre todo durante estos cinco años. También quiero agradecer a Elena tanta comprensión y cercanía, especialmente en los momentos más duros.

Además quiero agradecer toda la fortaleza y entusiasmo transmitidos por mis amigos y que son tan necesarios durante el paso por esta Escuela.

No puedo finalizar sin nombrar también en estas líneas a Roberto Bellas por su permanente disponibilidad y dedicación durante el desarrollo de este proyecto.

Muchas gracias a todos.

Contenido

Contenido	1
Índice de Figuras	5
Índice de Tablas.....	7
1 Introducción y objetivos.....	9
1.1 Objetivos	9
1.2 Motivación del proyecto	10
1.2.1 Importancia del papel de las RHIB Armada.....	10
1.2.2 Concienciación social sobre medioambiente.....	10
1.2.3 Ventajas operativas	11
1.2.4 Estudio de las desventajas de propulsión híbrida y su alcance.....	14
1.3 Organización de la memoria	14
2 Estado del arte	17
2.1 Orígenes y evolución de los motores híbridos	17
2.2 Introducción a los diferentes tipos de propulsión híbridos	18
2.2.1 Híbrido Serie.....	18
2.2.2 Híbrido Paralelo.....	19
2.3 Introducción a buques con propulsión mixta	20
2.4 Propulsión híbrida serie en embarcaciones de pequeño tamaño.....	22
2.4.1 Velero de pruebas Fischer Panda -Icemaster. [15]	22
2.4.2 Híbrido serie con regeneración de energía para velero catamarán. Solomon Technologies “electric wheel”.	24
2.5 Ejemplos embarcaciones con sistema híbrido paralelo.....	25
2.5.1 Rolls Royce AS.....	25
2.5.2 Velero ZF/Beneteau sistema híbrido paralelo con regeneración	27
2.6 Baterías.....	28
2.6.1 Baterías de níquel	28
2.6.2 Baterías litio.....	29
2.6.3 Baterías de Grafeno	30
3 Desarrollo del TFG.....	33
3.1 Análisis del empleo operativo de las embarcaciones semirrígidas en la Armada.....	33
3.1.1 Apoyo en puerto	34
3.1.2 Embarcadas en buques.....	34
3.1.3 Misiones especiales (Operaciones Especiales y de Infantería de Marina)	35

3.2	Análisis sistema de propulsión actual. Duarry Cormorán 730 IB.....	36
3.2.1	Características generales.....	36
3.2.2	Características del sistema de propulsión.....	37
3.3	Estudio de diferentes opciones de motorización híbrida.	38
3.3.1	Híbrido en serie.....	39
3.3.2	Hibrido en paralelo.....	41
3.4	Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Modelado 3D.....	43
3.5	Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Resistencia al avance.....	44
3.5.1	Estudio en Maxsurf Resistance.....	45
3.5.2	Transformación de potencias en condición de máxima carga.....	48
3.5.3	Transformación de potencias en condición de mínima carga.....	50
3.6	Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Dimensionamiento elementos propulsión híbrida (potencia).....	50
3.6.1	Dimensionamiento del motor de combustión diésel Steyr.....	50
3.6.2	Dimensionamiento del motor eléctrico Steyr.....	54
3.6.3	Dimensionamiento del banco de baterías.....	56
3.6.4	Dimensionamiento JET.....	58
3.7	Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Estudio de estabilidad.....	59
3.7.1	Curvas Hidrostáticas.....	60
3.7.2	Sistema actual de propulsión. Pesos- CG- Curvas Estabilidad.....	60
3.7.3	Sistema de propulsión Híbrido-paralelo. Pesos– CG- Curvas Estabilidad.....	66
3.7.4	Comparación de ambas situaciones.....	71
3.8	Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Instalación sistema híbrido de propulsión.....	72
4	Resultados / Validación / Prueba.....	75
4.1	Resultados comparación entre híbrido serie y paralelo.....	75
4.2	Curvas de potencia y dimensionamiento del sistema de propulsión.....	75
4.3	Resultados de estabilidad.....	76
5	Conclusiones y líneas futuras.....	77
5.1	Conclusiones.....	77
5.2	Líneas futuras.....	78
6	Bibliografía.....	79
	Anexo I: Disposición de equipos de propulsión híbrida en RHIB Duarry Cormorán.....	83
	Anexo II: Resultados Maxsurf Stability:.....	85
	ANEXO II.I CARENA RHIB ACTUAL.....	85
	ANEXO II.II MÁXIMA CARGA RHIB ACTUAL.....	87

ANEXO II.III MÍNIMA CARGA RHIB ACTUAL.....	89
Anexo III Manual Técnico Duarry Cormorán 730.....	99
Anexo IV: Fischer Panda PMS25I Manual Técnico	103
Anexo V: Presupuesto Pasch Generador Fischer Panda y Jet Alamarín.....	105
Anexo VI: Motores Steyr Diesel	107
Anexo VII: Motores Eléctrico Steyr.....	113
Anexo VIII: BATERÍAS.....	116
Anexo IX: Ficha Técnica JET	118

Índice de Figuras

Figura 1-1 RHIB de Armada recoge migrantes (imagen obtenida de[1])	10
Figura 1-2 Consumo en gr. de diésel por kWh generado según régimen del motor[5]	12
Figura 1-3 Esquema eficiencia energética Torqeedo[6].....	13
Figura 1-4 RHIB BIO Hespérides en la Antártida. [7].....	14
Figura 2-1 Submarino Isaac Peral, Cartagena	17
Figura 2-2 Sistema de propulsión híbrida-serie [9].....	19
Figura 2-3 Suplemento de curvas de par en propulsión híbrida [5]	20
Figura 2-4 Esquema de sistema híbrido serie diésel-eléctrico con POD's ABB muy común en cruceros [31].....	22
Figura 2-5 Fischer Panda AZIPROP [16]	23
Figura 2-6 Modelo Fischer Panda Generador y AZIPROP	23
Figura 2-7 Solomon Technologies, propulsión Híbrida serie para un catamarán. [17]	24
Figura 2-8 Solomon Technologies, diagrama de bloques propulsión Híbrida serie. [17].....	25
Figura 2-9 Esquema planta propulsora Rolls Royce AS[18]	26
Figura 2-10 Modo Impulsión a máxima potencia, Rolls-Royce Marine AS [18].....	26
Figura 2-11 Esquema de sistema híbrido paralelo con regeneración ZF/Beneteau [20].....	28
Figura 2-12 Caída precio de las baterías Li-ion. Estudio Stockholm Environment Institute. [22] ..	29
Figura 2-13 Comparación densidades energéticas de tecnologías de baterías obtenido de[24].....	30
Figura 2-14 Datos de la batería de grafeno para coche eléctrico[24]	31
Figura 3-1 RHIB de Armada recoge migrantes[1]	35
Figura 3-2 Duarry Cormorán 730IB	38
Figura 3-3 Distribución elementos propulsión eléctrica Torqeedo [6]	39
Figura 3-4 Información Generador Diésel Fischer Panda.....	41
Figura 3-5 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller (I).....	43
Figura 3-6 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller (II)	44
Figura 3-7 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller. Perfil.....	44
Figura 3-8 Potencia/Velocidad Máxima Carga	46
Figura 3-9 Resistencia al avance/Velocidad Máxima Carga.....	46
Figura 3-10 Trimado/Velocidad Máxima Carga	47
Figura 3-11. Potencia /Velocidad Mínima Carga.....	47
Figura 3-12 Resistencia al Avance/Velocidad Mínima Carga	48
Figura 3-13 Trimado/Velocidad Mínima Carga.....	48
Figura 3-14 Motor 4 cilindros MO174V40 [29]	51
Figura 3-15 Curvas MO174V40.....	52

Figura 3-16 Curvas MO236K42 y MO196k35	52
Figura 3-17 Motor Steyr Diésel 6 cilindros [29]	53
Figura 3-18 Curvas SE266E40	54
Figura 3-19 Motor Híbrido Diesel-Eléctrico Steyr [30]	55
Figura 3-20 Resumen resultado estudio baterías	57
Figura 3-21 JET Alamarín 245	59
Figura 3-22 Curvas Hidrostáticas RHIB. Maxsurf Stability	60
Figura 3-23 CG RHIB actual rosca I. Maxsurf Stability	61
Figura 3-24 CG RHIB actual rosca II. Maxsurf Stability	62
Figura 3-25 CG RHIB actual rosca III. Maxsurf Stability	62
Figura 3-26 Curva Estabilidad RHIB actual rosca	64
Figura 3-27 Curva Estabilidad RHIB original máxima carga	65
Figura 3-28 Curva Estabilidad original mínima carga	66
Figura 3-29 CG RHIB híbrida rosca. Maxsurf Stability	67
Figura 3-30 Curva Estabilidad RHIB híbrida rosca	69
Figura 3-31 Curva Estabilidad RHIB híbrida máxima carga	70
Figura 3-32 Curva Estabilidad RHIB híbrida mínima carga	71
Figura 3-33 Plantilla de Montaje	72
Figura 3-34 Orificio practicado en la RHIB	73
Figura 3-35 Instalación de plantilla en orificio	73
Figura 3-36 Disposición final del jet.	73

Índice de Tablas

Tabla 3-1 Características Técnicas Duarry Cormorán 730IB	36
Tabla 3-2 Capacidad de carga Duarry Cormorán 730IB	37
Tabla 3-3 Pesos sistema actual de propulsión Duarry Supercat 730IB	37
Tabla 3-4 Cálculo de Velocidad/ Consumo/ Autonomía Duarry Supercat 730IB	38
Tabla 3-5 Situación cálculos tabla 3-4	38
Tabla 3-6 Opción 1. Torqueado eléctrico. Peso y coste.[6]	40
Tabla 3-7 Autonomía motor eléctrico fueraborda Torqueado.....	40
Tabla 3-8 Tiempo de carga de baterías Torqueado	40
Tabla 3-9 Opción 2. Torqueado eléctrico y Fischer Panda generador diésel. Peso y coste.	41
Tabla 3-10 Opción 3. Steyr híbrido paralelo. Peso y coste.	42
Tabla 3-11 Velocidad/Potencia Condición Máxima Carga.....	45
Tabla 3-12 Velocidad/Potencia Condición Mínima Carga	47
Tabla 3-13 Cálculo de eficiencias y potencias para máxima carga.....	49
Tabla 3-14 Cálculo de potencias de entrada en máxima carga	50
Tabla 3-15 Cálculo de potencias de entrada en mínima carga	50
Tabla 3-16 Potencias Steyr 4 cilindros	53
Tabla 3-17 Potencias Steyr 6 cilindros	53
Tabla 3-18 Potencia alternativas eléctricas - máxima carga	55
Tabla 3-19 Potencia alternativas eléctricas. Mínima Carga	55
Tabla 3-20 Ejemplo baterías 12V en serie [31].....	56
Tabla 3-21 Resumen resultado estudio baterías	56
Tabla 3-22 Datos Baterías EST	57
Tabla 3-23 Comparativa Baterías EST.....	57
3-24 Comparación nº baterías 52V.....	58
Tabla 3-25 Resumen datos Ejes Cardan	58
Tabla 3-26 Pesos - CG RHIB actual rosca	61
Tabla 3-27 Resultados RHIB actual rosca	63
Tabla 3-28 Pesos – CG RHIB actual máxima carga	64
Tabla 3-29 Pesos – CG RHIB actual mínima carga.....	65
Tabla 3-30 Pesos – CG RHIB híbrida rosca.....	67
Tabla 3-31 Resultados RHIB híbrida rosca.....	68
Tabla 3-32 Pesos - CG RHIB híbrida máxima carga	69
Tabla 3-33 Pesos - CG RHIB híbrida mínima carga.....	70

Tabla 3-34 Comparación estabilidad RHIB original-híbrida CG Y Desplazamiento.....71
Tabla 3-35 Comparación estabilidad RHIB original-híbrida ϕ y GZ.....72

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La propulsión eléctrica e híbrida está experimentando un desarrollo extraordinario en los últimos años en un gran número de aplicaciones: automóviles, barcos, ferrocarril. Un sistema de propulsión híbrido es aquel que puede funcionar bien por energía eléctrica acumulada en unas baterías o bien por la energía mecánica desarrollada por un motor de combustión. En el ámbito marítimo, desde hace años la propulsión híbrida es común en buques de gran desplazamiento, y así varios buques de la Armada ya cuentan con este tipo de propulsión. Sin embargo, en RHIB y otras embarcaciones de desplazamiento similar no está plenamente generalizada esta forma propulsión.

La **finalidad** del presente trabajo de fin de grado es explorar la posibilidad y conveniencia de implantar motores híbridos en las embarcaciones de pequeñas dimensiones, en particular, semirrígidas (RHIB) de la Armada.

Para llevar a cabo este estudio, se va analizar una RHIB específica de la Armada, con objeto de determinar los factores de diseño y características más relevantes. Este estudio permitirá después hacer una comparativa de diseño con una motorización híbrida en esa misma embarcación, y confirmar si es una solución viable, concluyendo ciertas ventajas e inconvenientes entre ambos tipos de propulsión.

Será necesario también efectuar un estudio exploratorio del estado actual del arte en propulsión eléctrica e híbrida, en donde se analizará las diferentes soluciones técnicas existentes en el mercado.

En este primer capítulo se enumeran los objetivos que persigue este proyecto y, a continuación, se explican los motivos que lo han impulsado. Finalmente, se resume la estructura de la memoria.

1.1 Objetivos

Los **objetivos particulares** que se persiguen con este trabajo son:

- Alcanzar una serie de conclusiones sobre la viabilidad de modernizar el sistema de propulsión de las RHIB de la Armada instalando un sistema de propulsión híbrido. Esto se analizará a través de una serie de factores a favor y en contra obtenidos durante el desarrollo del trabajo.
- Profundizar en el conocimiento de la actualidad de la propulsión híbrida para lanchas de intervención rápida profesionales y embarcaciones de recreo investigando datos reales del mercado: prestaciones, presupuestos, pesos, volumen, autonomía, etc.
- Lograr identificar las ventajas que ofrece esta alternativa y los inconvenientes que su instalación presenta en una embarcación militar de las características de la RHIB.
- Realizar los cálculos necesarios sobre la plataforma seleccionada utilizando habilidades obtenidas en asignaturas del Grado: Ingeniería Gráfica, Instalaciones y Construcción Naval, Diseño de Máquinas, Electrotecnia, etc., a través de diseño en CAD, cálculos de pesos y

estabilidades, curvas de potencia y resistencia al avance, etc. con el fin de obtener datos objetivos sobre la implantación de este sistema.

1.2 Motivación del proyecto

1.2.1 Importancia del papel de las RHIB Armada.

Vivimos en un mundo en constante evolución en el cual cualquier organización que aspire a mantenerse en vanguardia tecnológica y operativamente debe tener un plan de modernización constante. La Armada Española no difiere del resto de organizaciones en esta necesidad, si bien, es de crucial importancia para el cumplimiento efectivo de su misión.

El papel de creciente relevancia que tienen las embarcaciones semirrígidas en los escenarios en los cuales la Armada desarrolla sus operaciones en los últimos años demuestra la necesidad de invertir en las mismas. Un ejemplo es el apoyo irremplazable que ofrecen en la llamada Guerra Asimétrica, combatida contra enemigos espontáneos en escenarios de baja probabilidad de combate naval cuyo perfil es comúnmente embarcaciones de pequeño tamaño y pocas capacidades militares pero con un gran potencial de daño a una unidad militar: (por ejemplo una pequeña embarcación cargada de explosivos). Otro ejemplo de misión en que las lanchas semirrígidas están siendo protagonistas es la recogida de migrantes del mar en aguas del Mediterráneo. Todo ello añadido al amplio uso que han tenido siempre a bordo de los Buques de la Armada y en las Unidades de Infantería de Marina.



Figura 1-1 RHIB de Armada recoge migrantes (imagen obtenida de[1])

1.2.2 Concienciación social sobre medioambiente.

Los países occidentales están cada vez más alarmados con los problemas originados por la emisión de gases a la atmósfera derivados de los combustibles fósiles y desde hace años se están implementando medidas legales y acuerdos internacionales para que se reduzcan. La industria naval no se ha visto exenta de este debate a nivel mundial, en 2008 el presidente del Grupo Intergubernamental sobre el Cambio Climático, Rajendra Pachauri declaraba: "La industria naviera hasta ahora ha logrado evitar la publicidad. Se ha quedado fuera del debate sobre el cambio climático. Confío en que (ese tipo de emisiones) se incluirán en el próximo acuerdo de la ONU" según publicó El Mundo.[2] Y así fue, a partir de ese año se han discutido diferentes leyes y normas que regulen la emisión de gases nocivos en aguas interiores y reservas naturales.

Varios países europeos restringen el uso de motores de combustión en aguas interiores, por ejemplo en los fiordos de Noruega hay restricciones a las emisiones expulsadas por las embarcaciones e incluso en los ríos y lagos de Austria y Suiza se ha prohibido la propulsión por motores de combustión en verano.

En el Anexo VI del Convenio MARPOL, adoptado en 1997, se restringen los principales contaminantes atmosféricos contenidos en los gases de escape de los buques, en particular los óxidos

de azufre (SO_x) y los óxidos de nitrógeno (NO_x), y se prohíben las emisiones deliberadas de sustancias que agotan la capa de ozono. En dicho Anexo también se regula la incineración a bordo, así como las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) procedentes de los buques tanque. El Comité de protección del medio marino (MEPC) ha revisado varias veces el límite de emisiones basándose en las mejoras tecnológicas existentes y la experiencia adquirida a través de la implantación.[3]

En las reglas 13 y 14 del Anexo VI del Convenio se identifican varias zonas de control de emisiones (ECA):

- Zona del mar Báltico – definida en el Anexo I del Convenio MARPOL (solamente para los SO_x);
- Zona del Mar del Norte –definida en el Anexo V del Convenio MARPOL (solamente para los SO_x);
- Zona de Norteamérica (que entró en vigor el 1 de agosto de 2012) – definida en el apéndice VII del Anexo VI del Convenio MARPOL (SO_x, NO_x y PM); y
- Zona del mar Caribe de los Estados Unidos (que entró en vigor el 1 de enero de 2014) – definida en el Apéndice VII del Anexo VI del Convenio MARPOL (SO_x, NO_x y PM).

Las nuevas normas de polución EURO que afectan también a la propulsión marina, restringen cada vez más el nivel de partículas en g/kWh y la cantidad de NO_x en g/kWh, esto favorece a los sistemas híbridos que pueden conseguir reducciones importantes en las emisiones. En abril del año pasado el Parlamento Europeo informaba mediante nota de prensa: “Nuevas normas sobre notificación de las emisiones de CO₂ de los buques. Los eurodiputados dieron el visto bueno a la nueva normativa sobre notificación de emisiones de CO₂ para los buques que utilicen los puertos de la UE. El texto, ya pactado informalmente con el Consejo de Ministros, se aplicará a partir de 2018 a las embarcaciones de más de 5.000 toneladas de registro bruto, sin importar su pabellón, como un primer paso para reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero.”[4]

A pesar de que estas normas en muchos casos no afectan a embarcaciones militares, apostar por las nuevas tecnologías limpias y eficientes como es la propulsión híbrida, sin detrimento de la operatividad en el desempeño de sus misiones, demostraría el compromiso que tiene la Armada con los problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad.

La carestía y encarecimiento de los combustibles fósiles también es un factor que favorece la motorización eléctrica en el sector naval. La mejora exponencial en las prestaciones de los motores, baterías y electrónica de control facilita el desarrollo de la propulsión eléctrica e híbrida.

1.2.3 Ventajas operativas

Los sistemas de propulsión diesel-eléctricos presentan una serie de ventajas respecto al motor tradicional de combustión que han impulsado a numerosas empresas a invertir e investigar en este campo a pesar de los obstáculos iniciales que toda nueva tecnología trae consigo. Algunas de estas ventajas son aplicables a alguna RHIB de la Armada y otras no pero con el fin de tener una visión más global del mercado híbrido marino se describirán todas las ventajas que ofrece al usuario.

1.2.3.1 Mayor eficiencia

En el caso de los automóviles la eficiencia de un sistema híbrido es más clara pues su ahorro de combustible es mucho mayor gracias a que aprovechan la energía cuando se baja una cuesta o se pisa el freno. Tales energías no existen en una embarcación por ello el ahorro de combustible es mucho más complicado.

En el ámbito marítimo hay distintas posturas en cuanto a si este sistema de propulsión es más eficiente y en qué circunstancias.

Hay aspectos en los que todos los expertos están de acuerdo: en una embarcación de pequeñas dimensiones un sistema de propulsión eléctrico bien dimensionado es más eficiente a bajas velocidades, mientras que a altas velocidades el alto peso específico de almacenamiento de energía eléctrica es una desventaja clara.

Un sistema de propulsión híbrido cuenta con la ventaja de poder funcionar en modo diésel a régimen constante de revoluciones independientemente de cambios de velocidad utilizando la batería como buffer y así el motor de combustión mantendrá sus revoluciones óptimas de trabajo evitando los altos consumos derivados de bajas revoluciones.

En la tabla se muestra el consumo de combustible por kWh en función del régimen de trabajo de un motor diésel. Como se puede observar, el punto óptimo de trabajo se obtiene a partir del 50% del MCR (Max Continuous Rating) del motor. De esta forma se logran consumos alrededor de 200g por kWh. Sin embargo, la eficiencia se reduce notablemente cuando disminuye la carga. La combustión es insuficiente en estas condiciones y la emisión de gases contaminantes también aumenta. (NO_x y SO_x).

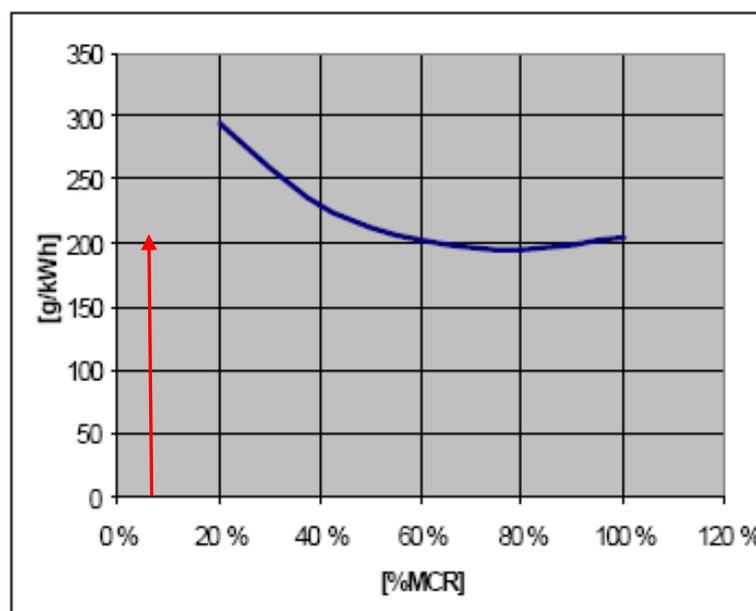


Figura 1-2 Consumo en gr. de diésel por kWh generado según régimen del motor[5]

Los sistemas de propulsión diésel-eléctricos con varios generadores tienen la solución a este problema. Cuentan con la capacidad de gestionar de forma automática el apagado y encendido de los mismos. De esta forma cumplen con la demanda de kWh del momento y además facilita que los generadores trabajen con su carga óptima.

No obstante, la carestía del petróleo, la contaminación atmosférica y acústica, y tantos otros problemas derivados de los motores de combustión no se ven más que mitigados con el sistema híbrido. Es importante comprender que este sistema se presenta en el mercado como un puente necesario entre los motores de combustión tradicionales y un futuro puramente eléctrico, limpio, eficiente e independiente de los combustibles fósiles.

Otra ventaja es la mayor flexibilidad de equipos eléctricos a bordo debido a la capacidad de las baterías y a la existencia de generadores eléctricos.

1.2.3.2 Curva de potencia óptima

Por último, una de las mayores capacidades de los motores eléctricos frente a los diésel es el par motor y la curva de potencia. Ofrecen una curva de potencia muy constante además de soportar picos de un 300% en situaciones extremas. Además tienen un par-motor muy elevado a bajas revoluciones que permite una gran maniobrabilidad y una respuesta instantánea.

Esta característica también beneficia a los motores pequeños, según la multinacional Torqeedo “Los motores eléctricos son capaces de alcanzar la misma potencia de propulsión que los de combustión con una potencia en el eje considerablemente menor debido a que ofrecen una excelente curva del par motor. Como consecuencia, es posible que el empuje de la hélice en las categorías bajas de CV de un fueraborda de Torqeedo sea el triple que el de un fueraborda de gasolina consiguiendo las mismas prestaciones con un tercio de la potencia.”[6]

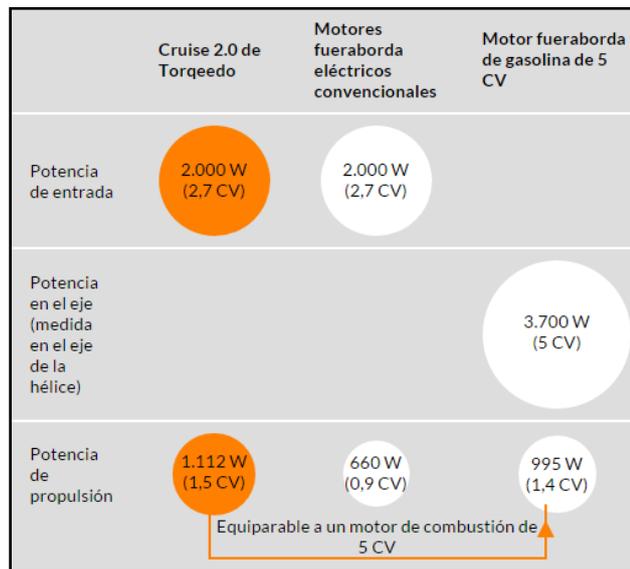


Figura 1-3 Esquema eficiencia energética Torqeedo[6]

1.2.3.3 Otras ventajas

Otra ventaja de este sistema es el mantenimiento y vida útil del conjunto híbrido. El motor eléctrico por lo general tiene una vida útil muy elevada. Esto se debe a la escasez de elementos de fricción, bajos niveles de vibraciones y ausencia de combustión en su funcionamiento. Por su parte los generadores diésel trabajando en su carga óptima también alargan su tiempo de vida y sufren menos averías.

Por otro lado, la capacidad de contar con varios generadores permite realizar mantenimiento en los mismos estando en la mar sin perder por ello la capacidad de propulsión en ningún momento o incluso poder prescindir de algún generador en caso de avería inesperada.

Relacionado con lo expuesto hasta ahora, las embarcaciones con un sistema de propulsión mixta eléctrica y diésel tienen la capacidad de operar durante un tiempo limitado por las dimensiones de sus baterías y la velocidad de funcionamiento en casi total silencio y sin ninguna emisión contaminante al medio. Esta capacidad resulta una enorme ventaja a la hora de navegar en áreas protegidas y para entrar y salir de puerto. En una RHIB de la Armada tiene aplicación en misiones cerca de costa o en áreas protegidas en las cuales navegan buques como el Buque de Investigación Oceanográfica Hespérides. También unidades de Infantería de Marina u Operaciones Especiales operando cerca de costa en misiones secretas o en las cuales el factor sorpresa se ve incrementado con el silencio del motor y la huella térmica, pueden verse beneficiadas de esta capacidad.



Figura 1-4 RHIB BIO Hespérides en la Antártida. [7]

1.2.4 Estudio de las desventajas de propulsión híbrida y su alcance

Pero no todo son ventajas en este sistema de propulsión. Como se matiza al principio de este trabajo, la instalación de motores diésel-eléctricos en embarcaciones ligeras y de recreo está siendo lenta. Problemas como la poca autonomía, el peso y volumen de las baterías, la complejidad del sistema y el elevado coste inicial de la instalación son algunos de los problemas a los que se enfrentan las empresas que han optado por este modo de propulsión.

El principal fin de este trabajo es evaluar cada una de estas fortalezas y debilidades, estudiando su impacto sobre las embarcaciones semirrígidas de la Armada y las condiciones bajo las que puede ser viable su utilización

1.3 Organización de la memoria

En primer lugar se analiza el Estado del Arte, incluyendo trabajos y proyectos similares en los cuales la propulsión híbrida ha tenido mayor o menor éxito.

A continuación se hace un estudio de las diferentes misiones a las que se enfrentan las semirrígidas de la Armada para definir con mayor precisión las características que debe tener su sistema de propulsión, también se selecciona una embarcación: Duarry Cormorán 730 IB sobre la cual más adelante se hará un estudio de viabilidad de un sistema de propulsión. Para ello se lleva a cabo un modelado en un programa de diseño naval: Modeller, integrado en el paquete Maxsurf.

También se presentan las diferentes alternativas de propulsión híbrida que pudieran ser apropiadas para una embarcación de las características de las RHIB resumiendo sus precios, consumos, pesos, etc. En este apartado se lleva a cabo un primer proceso de preselección entre híbrido en serie y paralelo.

A continuación, a través del modelo en 3D se hace un estudio de resistencia al avance en Maxsurf Resistance obteniendo las diferentes curvas de resistencia al avance y potencia de propulsión para diferentes velocidades. Estos resultados permiten el correcto dimensionamiento de los diferentes elementos de la cadena de propulsión.

Mediante el programa Maxsurf Stability y de diferentes hojas de cálculo hechas a medida, se estudia la estabilidad inicial de la semirrígida y compararla con la estabilidad final tras instalarle el sistema híbrido previamente seleccionado. Se obtienen resultados de calados, asientos, curvas de estabilidad, etc.

Finalmente se muestra en diferentes planos 2D la disposición final de la embarcación y los diferentes componentes tras la instalación del sistema de propulsión mixto evaluando diferentes características y su viabilidad. Así mismo se hace una breve descripción del proceso de instalación del mismo en la plataforma.

Para finalizar se sacan una serie conclusiones sobre los resultados obtenidos y se tratan de establecer unas líneas futuras

2 ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se expone el conocimiento sobre la propulsión híbrida marina que hemos obtenido durante el desarrollo de este trabajo. Se materializa en varios ejemplos de embarcaciones en las cuales este sistema de propulsión ha resultado efectivo. Posteriormente se lleva a cabo un estudio sobre baterías marinas, área principal de posibilidades de mejora y sus perspectivas de futuro tanto en su coste y peso como en la capacidad de almacenamiento pues son la principal limitación de este medio de propulsión. Todo ello con el fin de tener un mayor dominio de la materia y de las lecciones aprendidas tras el análisis de proyectos similares desarrollados por diferentes empresas y organizaciones.

2.1 Orígenes y evolución de los motores híbridos

A diferencia de lo que pueda parecer, los sistemas de propulsión híbrida no son una novedad. Recordemos por ejemplo que los submarinos llevan cerca de un siglo propulsados por plantas diésel-eléctricas. Fue en la década de 1880 cuando se diseñaron los primeros submarinos de propulsión eléctrica, haciendo uso de los nuevos descubrimientos en baterías. Como es bien sabido, la industria española tuvo un papel muy importante en el nacimiento de este sistema de propulsión personificándose en Isaac Peral. En 1888 se bota su submarino de propulsión puramente eléctrica en Cartagena. Es tristemente dado de baja dos años después por conflictos políticos poniendo fin a la aportación de España en el nacimiento de esta innovadora arma naval.



Figura 2-1 Submarino Isaac Peral, Cartagena

Pero esto no es todo, remontándonos aún más en la historia llegamos a 1830 cuando el hombre de negocios escocés Robert Anderson construía el primer coche eléctrico puro anticipándose a los coches con motores de combustión.

En el año 1935 el trasatlántico "Normandie" ganó el "Blue Ribbon" (banda azul) por batir el record de travesía del Atlántico a una media de 30.31 nudos. Posteriormente llegó a hacerlo a 33 nudos. La propulsión principal consistía en un sistema híbrido formado por cuatro turbinas de vapor acopladas a generadores síncronos de 29 MW (39.450 HP) cada uno. Esta enorme cantidad de energía alimentaba cuatro motores eléctricos conectados cada uno a un conjunto eje y hélice.[8]

Esta tecnología sigue siendo utilizada en barcos con grandes desplazamientos, por ejemplo el emblemático Queen Mary II de la Cunard. Su energía eléctrica es generada por una planta mixta: 2 turbinas de gas GE que generan 25MW de electricidad cada una y 4 motores diésel Wärtsilä de 16.8 MW cada uno. Toda esta potencia se transmite a 4 POD's Rolls Royce-KaMeWa de 21.5 MW cada uno con lo que se consigue una potencia total de 86 MW. A su máxima capacidad de carga consigue alcanzar algo más de 30 nudos. Estas cifras son similares tanto en potencia como en velocidad a las del Normandie de 1935, si bien el QM2 tiene mayores dimensiones.

En las últimas décadas, los altos niveles de contaminación en las grandes ciudades debido, entre otras muchas causas, al gran número de vehículos que circulan a diario por ellas, ha favorecido un avance tecnológico espectacular en nuevas tecnologías de propulsión. En este campo, los motores híbridos llevan una gran ventaja a los motores eléctricos situándose actualmente como primeros candidatos a relevar pronto a los sistemas de propulsión por combustión pura diésel y gasolina.

Las soluciones eléctricas adoptadas desde hace décadas en buques de gran tonelaje como puede ser el Juan Carlos I y las sinergias con los nuevos desarrollos que surgen continuamente en el sector de la automoción hacen pensar que la implantación de estas soluciones en las unidades de la Armada y en la construcción naval civil se consolidarán en un futuro muy cercano. Además, este movimiento se detecta ya en las ferias internacionales y medios especializados, en los que se muestran continuamente nuevos productos de propulsión eléctrica o híbrida.

2.2 Introducción a los diferentes tipos de propulsión híbridos

Los sistemas híbridos son el resultado de combinar varias fuentes de energía diferentes, generalmente las baterías para el motor eléctrico, el combustible para el motor de explosión y en algunas ocasiones energía externa como la del viento, sol o energía generada por el movimiento de la hélice en navegación a vela.

Para comprender mejor este sistema de propulsión se comenzará por describir su modalidad eléctrica en la que un motor eléctrico impulsa la hélice o medio de propulsión correspondiente, y la energía se acumula normalmente en baterías. Esta modalidad tiene una autonomía limitada por la capacidad de almacenamiento de las baterías y pueden recargarse de tomas eléctricas en puerto, generadores, paneles solares, etc. A esto hay que añadirle un sistema de control para la actividad conjunta entre el generador y la planta eléctrica. En el presente proyecto no hemos planteado la opción de energía extraída de medios renovables (viento, solar) pues al tratarse de una pequeña embarcación militar no debe depender de las condiciones meteorológicas.

Cuando hablamos de propulsión híbrida conviene distinguir entre híbrido en serie e híbrido en paralelo, se describen a continuación los dos sistemas.

2.2.1 Híbrido Serie

En el sistema en serie la hélice es impulsada siempre por el motor eléctrico directamente, de la misma forma que en una embarcación puramente eléctrica. El motor de combustión no está conectado al eje de la hélice y su función es recargar la baterías y en algunos sistemas alimentar directamente al motor eléctrico. El sistema en serie es el más simple. Su fuente de energía consta de un banco de baterías y un grupo electrógeno. Los motores eléctricos son alimentados por las baterías.

En caso de que el generador vaya apagado tiene una autonomía bastante reducida. En cuanto al ahorro de combustible, tiene un valor medio en torno a un 20%. Sin embargo, en función del uso que

se le vaya a dar éste podrá ser menor o mayor. Por ejemplo, en buques offshore de apoyo a plataformas petrolíferas los armadores han registrado ahorros de hasta un 40% en combustible [5].

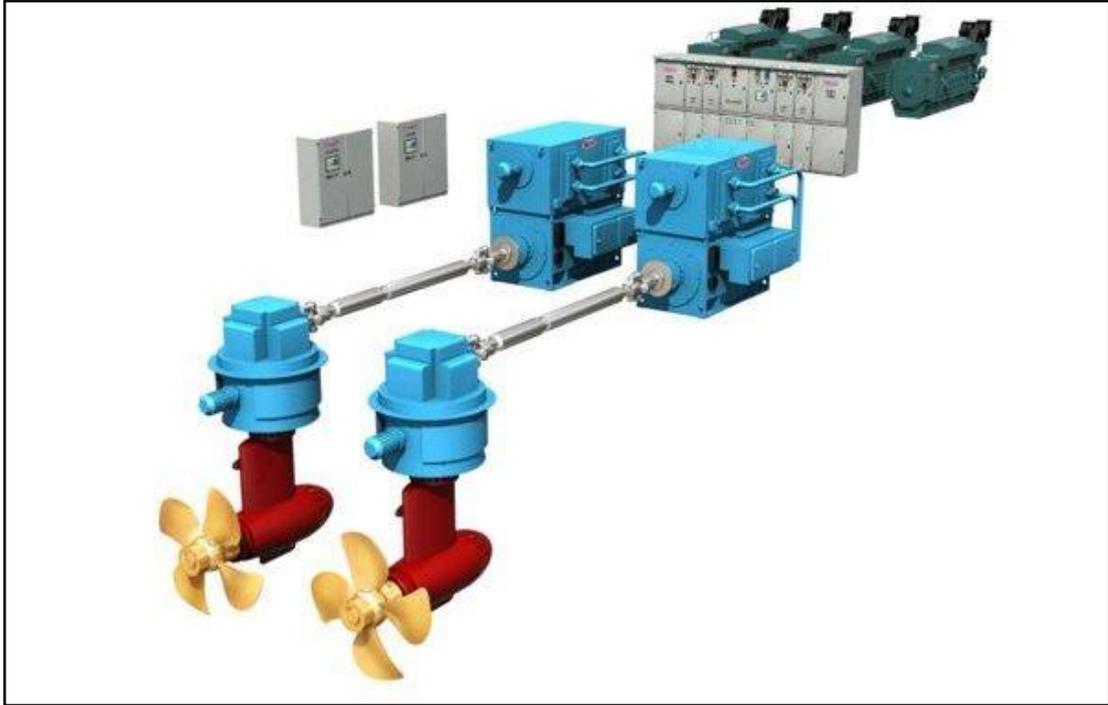


Figura 2-2 Sistema de propulsión híbrida-serie [9]

La fuente de energía dependerá de las dimensiones y misiones del buque. Lo más extendido en buques comerciales es la instalación de uno o varios generadores movidos por motores de combustión que usan diésel o fuel. Para aplicaciones de gran potencia entran en juego los motores de combustión a gas, turbinas de gas, vapor o ciclo combinado.

Como se ha mencionado anteriormente, cuando la fuente principal de energía son motores de combustión interna, para optimizar la eficiencia deben trabajar por encima de un determinado rango de carga. Para hacer esto posible se diseñan plantas en las cuales existe más de un generador por motor eléctrico de forma que pueda modificarse el número de motores en marcha en función del consumo (revoluciones de la hélice, aire acondicionado, luz, cocina, etc.) Esto se hace mediante un sistema de gestión de energía que apaga y enciende automáticamente los generadores.

2.2.2 Híbrido Paralelo

Existe también la posibilidad de acoplar directamente el motor de explosión al eje de la hélice y al motor eléctrico con una serie de embragues intermedios, es el llamado híbrido paralelo. El motor diésel cumple la doble función de recarga de baterías e impulso de la embarcación directamente. También se puede desembragar el motor de explosión del eje para funcionar en modo eléctrico a través de la energía almacenada en las baterías.

Como ya se ha señalado, las curvas de par-motor de los motores eléctricos y los de combustión son muy diferentes, el motor eléctrico entrega el par desde bajas revoluciones a diferencia del motor de combustión, esta característica se puede aprovechar complementándose los dos motores en las aplicaciones híbridas paralelas como se ve en la figura siguiente:

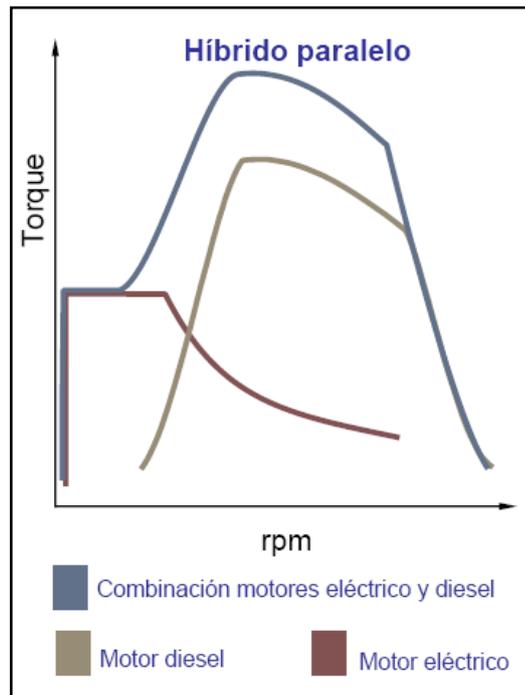


Figura 2-3 Suplemento de curvas de par en propulsión híbrida [5]

El sistema denominado híbrido en paralelo, es más complejo pero también ofrece más posibilidades que el híbrido serie. Consta de un motor eléctrico y un motor de combustión convencional ambos acoplados al mismo eje de transmisión.

2.3 Introducción a buques con propulsión mixta

Esta tecnología se está extendiendo progresivamente por toda la industria naval en embarcaciones de diversos tamaños y propósitos:

- Buques de guerra: Como ya se ha estudiado en la introducción, la industria naval militar es pionera en esta materia debido a la necesidad de implementar estos sistemas en los submarinos convencionales. En cuanto a sus buques, desde finales del siglo XX comienzan a diseñarse sistemas de propulsión híbridos. En la actualidad el Portaaviones Juan Carlos I, los buques de Asalto Anfíbio Galicia y Castilla, los Buques de Acción Marítima Rayo, Meteor, Tornado y los Cazaminas Turia, Segura; el Buque de Investigación Oceanográfica Hespérides cuentan todos con este moderno sistema de propulsión. [10]
- Buques de pasajeros: la propulsión eléctrica cumple a la perfección muchos de los requerimientos específicos de este tipo de buques como pueden ser seguridad, fiabilidad y confort. Además, la reducción de gases emitidos a la atmósfera por este tipo de buques los hace cada vez más aptos para navegar por reservas naturales y aguas interiores. En junio del año pasado se votaba el primer ferry totalmente eléctrico de la historia en noruega abriendo paso a un futuro muy prometedor para este tipo de plantas de propulsión. Siemens proporciona el sistema de propulsión y las estaciones de carga de las baterías de litio y su sistema de propulsión eléctrica BlueDrive PlusC. [11]
- Náutica recreativa: el crecimiento de las embarcaciones con propulsión eléctrica ha crecido exponencialmente en este sector. La comodidad, la baja contaminación acústica y medioambiental son ventajas que cada vez tienen más peso a la hora de construir un yate. En los últimos años han surgido diseños muy novedosos lo cual demuestra el gran interés de las grandes firmas de náutica recreativa. En pequeños barcos de recreo, los cuales pueden asemejarse en grandes rasgos a una RHIB, la aparición de nuevos modelos es continua.

- Extracción de petróleo y gas: Tanto las plataformas como los buques de producción, apoyo, cableros y transporte están en su mayoría dotados de este sistema de propulsión. Esto es debido a que la explotación de estos recursos sólo es posible con plataformas y buques con un sistema de propulsión y maniobrabilidad que incluya PODs, hélices transversales y sofisticados sistemas de navegación DP (posicionamiento dinámico) de hasta triple redundancia tanto en generación, conversión eléctrica y propulsión. Los yacimientos de petróleo descubiertos en el Golfo de México, Brasil y Mar del Norte se encuentran a gran profundidad lo cual complica aún más la tecnología necesaria a bordo. Además de ser imprescindible, la propulsión es más económica, llagándose a ahorros de hasta el 40% de combustible. Los astilleros españoles han construido gran cantidad de barcos de este tipo. En los últimos 10 años en la Ría de Vigo, se han construido más de una docena, algunos de ellos entre los mejores de su clase, como los Boa Deep C y Sub C de Astilleros Vulcano, North Sea Giant de Metalships & Docks[12] o Edda Fides de H.J.Barreras [13] todos ellos con propulsión diésel eléctrica y DP triple, los dos últimos equipados con hélices de palas verticales Voith-Schneider.

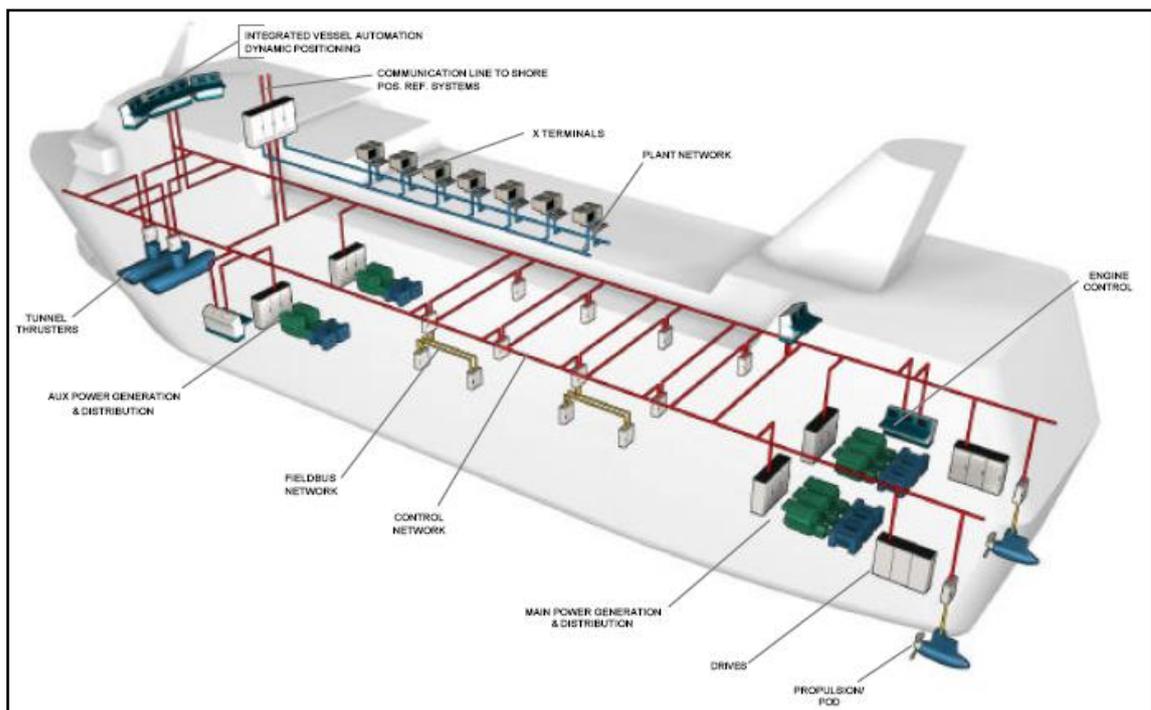


Figura 2-4 Esquema de sistema híbrido serie diésel-eléctrico con POD's ABB muy común en cruceros [31]

- Rompehielos y buques de transporte “ice-going”: El alto empuje y la fiabilidad que se consigue con la propulsión eléctrica hace que desde los años 80 la mayoría de barcos de este tipo la utilicen. “El sistema de propulsión eléctrica Azipod de ABB, que mueve a los mayores buques de crucero, rompehielos y transbordadores del mundo, ha sido elegido como la máxima innovación de 2015”, [14] esto es debido a su importante contribución a la mejora de los buques modernos. Recibió el galardón en el verano del 2015 durante la convención “**Electric & Hybrid Marine World Expo**” celebrada en Ámsterdam, Holanda.
- Barcos de investigación: Barcos geo-sísmicos, oceanográficos y barcos de control de pesquerías. Todos tienen en común requerimientos muy estrictos de emisión de ruidos que sólo se pueden conseguir con propulsión eléctrica directa dotada de sistemas de reducción de vibraciones y filtrado de corriente. En la Ría de Vigo se han construido la mayoría de barcos de este tipo con pabellón español, incluso el oceanográfico más avanzado para Gran Bretaña.

2.4 Propulsión híbrida serie en embarcaciones de pequeño tamaño.

2.4.1 Velero de pruebas Fischer Panda -Icemaster. [15]

A continuación se estudia un velero de 35 pies de eslora, algo más grande que la RHIB objeto de estudio: el barco de pruebas de Fischer Panda y Icemaster. Cuenta con propulsión híbrida eléctrica-diésel en serie y un POD Azimutal de 10 kW y un margen de rotación de 180°. El motor eléctrico es brushless (sin escobillas) de corriente continua e imanes permanentes.

En cuanto al generador es un Fischer Panda de 14 kW de potencia y 12 kW de generación eléctrica. Trabaja con un voltaje de 480V de corriente alterna la cual es convertida en continua y sincronizada con el POD adaptándose así a las demandas de consumo.

La primera ventaja observada en este velero fue el consumo. Se redujo a menos de la mitad que con el motor inicial, un Volvo diésel de 38 hp. Además se observó también que tiene más potencia disponible en las maniobras debido a que el par-motor que se consigue con la combinación motor

eléctrico-hélice es mayor desde menores revoluciones. En cuanto a los electrodomésticos, funcionan a 240V y se alimentan a través del inversor del banco de baterías, además el generador dispone de 4kW sobrantes para estos usos. Se activa automáticamente en caso de detectar descarga de las baterías.

También se observó la ventaja de la reducción del ruido y vibración y el incremento del confort a bordo. La posibilidad de separar el generador del propulsor y la ausencia de un eje conectando ambos permite ubicar el generador en un lugar que no reste espacio a otros equipos y permite aislarlo más convenientemente. El motor eléctrico se encuentra bajo el casco sumergido dentro del agua por lo que no se percibe su funcionamiento desde la embarcación.

Como desventaja, esta tecnología es pesada y cara. Por ello su uso aún no está muy extendido en veleros de tamaño mediano: 30 a 50 pies, pero los recientes avances tecnológicos la hacen cada vez más viable. El uso del banco de baterías únicamente para equilibrar las demandas de potencia pero no como principal fuente de energía reduce considerablemente el problema del peso. De lo contrario se necesitarían grandes y pesados bancos de baterías para los largos viajes por altamar. En su lugar se instala a bordo un generador.



Figura 2-5 Fischer Panda AZIPROP [16]

Fischer Panda comercializa propulsión eléctrica convencional; motor-eje-hélice y además una versión acimutal llamada AZIPROP, las potencias alcanzan los 50 kW El sistema está disponible en varias potencias y voltajes.

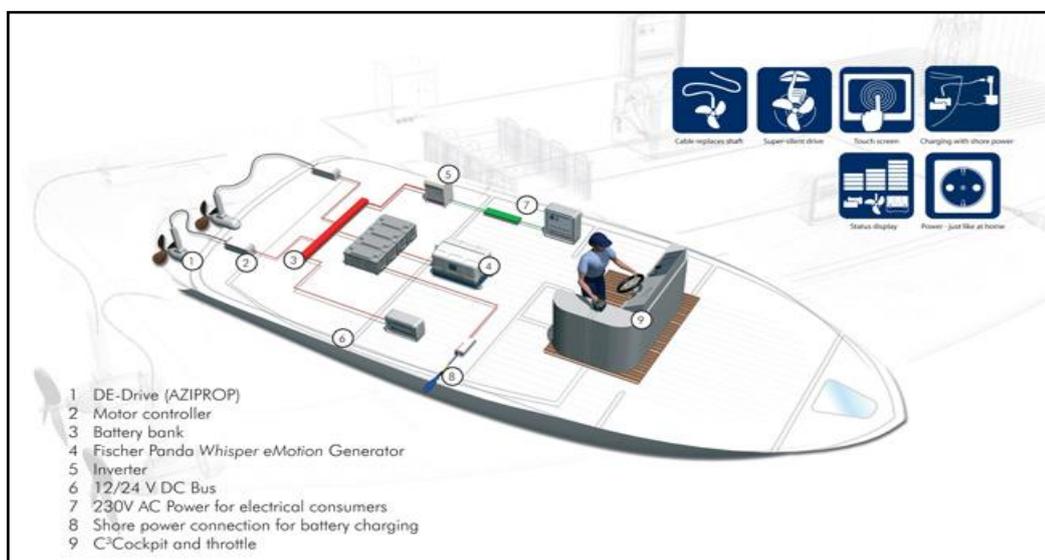


Figura 2-6 Modelo Fischer Panda Generador y AZIPROP

2.4.2 Híbrido serie con regeneración de energía para velero catamarán. Solomon Technologies “electric wheel”.

El segundo caso de estudio es la solución de Solomon Technologies[17] para velero catamarán. Es una opción que lleva bastante tiempo en el mercado y ha sido instalado en varias aplicaciones reales.

El barco tiene como fuente primaria de alimentación un generador diésel de 15 kW. Las baterías son de 12Vcc y van conectadas a un convertidor PWM que los transforma a los 144Vcc que necesitan los motores. La propulsión consiste en dos motores brushless con bobinado doble ST74 de 9 kW cada uno y 144Vcc como se ha mencionado anteriormente.

El barco tiene una autonomía de entre 4 y 5 horas con baterías. Cabe destacar la alta eficiencia de los motores eléctricos, 90-94%. Esta alta eficiencia es mucho menor en el caso del generador diésel.

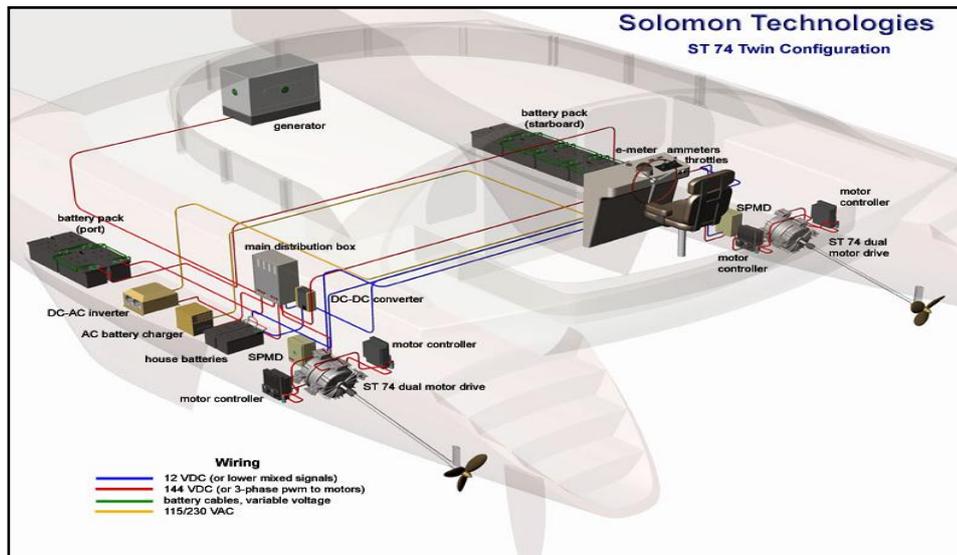


Figura 2-7 Solomon Technologies, propulsión Híbrida serie para un catamarán. [17]

Una ventaja de este sistema consiste en la carga de las baterías a través del giro de la hélice y por consiguiente del motor eléctrico que actúa como generador cuando el buque navega a vela. Así mismo se puede emplear esa energía obtenida en los equipos eléctricos de a bordo.

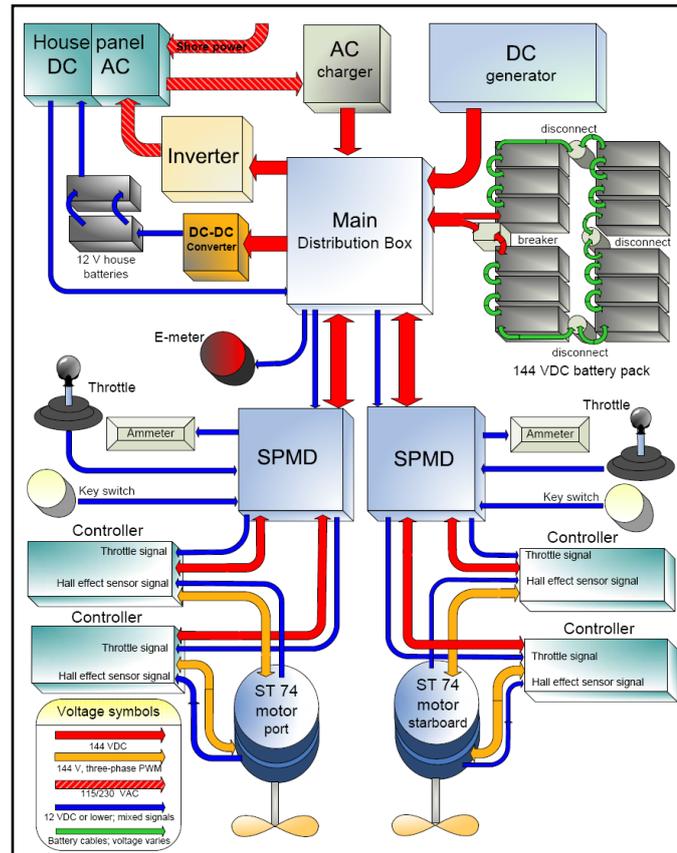


Figura 2-8 Solomon Technologies, diagrama de bloques propulsión Híbrida serie. [17]

2.5 Ejemplos embarcaciones con sistema híbrido paralelo

2.5.1 Rolls Royce AS

A continuación se describen los modos de funcionamiento de un sofisticado sistema híbrido paralelo Rolls Royce AS[18] para buque de apoyo a plataformas petrolíferas. El sistema consta de:

- Dos generadores diésel 1.500 KW
- Un motor principal diésel 6.000 KW
- Motor/generador eléctrico acoplado mediante reductora al eje.
- Unidad HSG que acondiciona el flujo de corriente del generador para que llegue a los armarios de potencia al mismo voltaje y frecuencia independientemente de la velocidad del motor principal.

2.5.1.4 Modo en tránsito

Este sería el caso más similar a la planta híbrida paralela que se podría montar en la RIB. Los dos auxiliares permanecen desconectados y el motor principal supe de potencia tanto al eje principal de propulsión como a los equipos auxiliares con demandas eléctricas. En este caso el HSG, mediante el eje principal, proporciona la potencia eléctrica requerida a bordo.

2.5.2 Velero ZF/Beneteau sistema híbrido paralelo con regeneración

“A handful of well-financed efforts bring together boatbuilders, battery companies, marine electronics developers and suppliers, and engine and generator manufacturers to deliver increasingly advanced hybrid propulsion systems”[19]

Así comenzaba el artículo publicado en la revista PROFESSIONAL BOATBUILDER en noviembre de 2010 haciendo referencia a la presentación del trabajo conjunto de ZF Marine en asociación con la Fondation Beneteau para desarrollar un innovador sistema de propulsión híbrido.

Este sistema se puede adaptar a todo tipo de embarcaciones veleras ofreciendo mayor confort, silencio, ahorro de combustible, y mayor respeto al medioambiente.

El sistema se compone de:

- Un motor diésel, (VW TDI de 75 CV)
- Un módulo híbrido, con un motor eléctrico de 35 KW y dos embragues.
- Un sistema de control de potencia eléctrico, (Power Electronics)
- Un sistema de propulsión y control
- Una batería de iones de litio de 500 V
- "Vessel Management Unit".

Tiene cuatro modos de funcionamiento:

- Modo Eléctrico: con velocidad máxima de hasta 5 nudos, autonomía de más de 3 horas y 200 millas náuticas se activa automáticamente al arrancar el sistema, es ideal para las entradas y salidas de puerto y cortos tránsitos. Ofrece una gran maniobrabilidad gracias a la capacidad de giro POD de 360°. En este modo el funcionamiento el motor es ultra silencioso.
- Modo Diésel: modo de funcionamiento que ofrece mayor seguridad para situaciones meteorológicamente adversas. En este modo las baterías se cargan al mismo tiempo que el buque es impulsado por el generador diésel.
- Modo Regeneración: navegando a vela con el POD girado 180° orientada hacia la proa el giro de la hélice recarga las baterías. El sistema empieza a generar electricidad cuando se navega a vela a más de 5 nudos. Cuando navega a un velocidad de 6,5 nudos produce 1,5 kW, y pierde solamente medio nudo. Este rendimiento es un 40 por ciento mejor que el de un propulsor en la posición orientada a popa tradicional y la tasa de carga aumenta según la velocidad de navegación.
- Modo Carga: en situación de fondeo o en puerto se pueden recargar las baterías a través del generador desacoplando el POD del eje de transmisión sin depender de los servicios de un puerto.

La principal ventaja que se obtienen de este sistema es la capacidad de operar un barco dentro de un espacio limitado sin generar ruido o emisiones nocivas. Ofrece otras ventajas importantes para las embarcaciones de recreo como el ahorro de dinero y energía ya que el motor eléctrico resulta más económico que el diésel además de la energía obtenida navegando a vela.

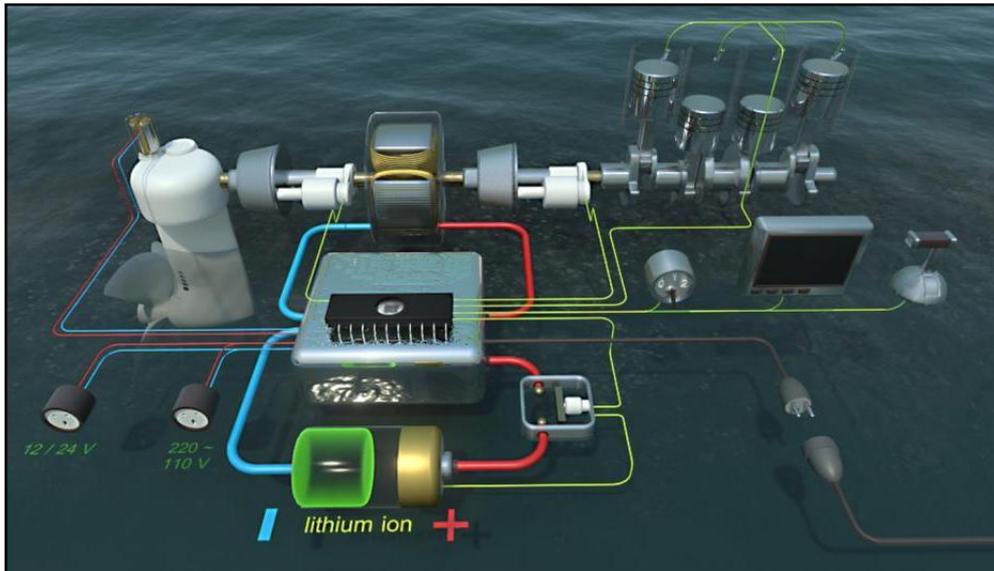


Figura 2-11 Esquema de sistema híbrido paralelo con regeneración ZF/Beneteau [20]

2.6 Baterías

Las baterías están compuestas por una o más celdas que producen electricidad a través de una reacción química. En cada celda hay un electrodo negativo o ánodo y un electrodo positivo o cátodo. Entre ambos componentes los electrolitos permiten la circulación de los iones.

Los principales parámetros de las mismas son:

- -Tensión (V)
- -Intensidad de Corriente (A)
- -Capacidad de carga (Ah)
- -Energía (Wh)
- -...

El talón de Aquiles de la tecnología híbrida es sin duda el coste y peso de dichas baterías. A pesar de la gran evolución que se ha producido en los últimos 20 años, queda mucho camino por recorrer hasta que la energía eléctrica se imponga a los combustibles fósiles en aspectos como peso, presupuesto y eficiencia. A continuación se presentan los diferentes tipos de baterías y se presenta en último lugar un reciente descubrimiento que podría revolucionar el mundo de las baterías ayudando a implementar definitivamente la tecnología eléctrica en el sector de los transportes.

2.6.1 Baterías de níquel

Las primeras baterías de Níquel fueron las de Cadmio, inventadas en 1899 por el sueco Waldemar Jungner. Están formadas por óxido de níquel en el cátodo, cadmio en el ánodo, e hidróxido de potasio como electrolito.

En los años 90 se comenzó a comerciar una alternativa a la batería, Níquel/Hidruro de metal, impulsada principalmente por la preocupación existente en torno a los problemas medioambientales y de la salud que planteaba su predecesora de Cadmio.

Se trata de una batería compuesta por un ánodo de oxidróxido de Níquel y cátodo de una aleación de hidruro metálico permitiendo eliminar el costoso y peligroso Cadmio además de contar con mayor capacidad de carga y un menor “efecto memoria”.

2.6.2 Baterías litio

En su aplicación en motores eléctricos, las baterías de litio son de momento la mejor alternativa para acumular la energía, pues tienen una mayor capacidad de almacenaje y menor tiempo de carga, entre 20 y 30 minutos, que las demás alternativas teniendo en cuenta que la alternativa, (plomo, calcio, gel, AGM) necesitan unas diez horas de media para una recarga completa.

Además ofrecen la capacidad de trabajar con mayores corrientes (ventaja determinante en aplicaciones como el motor eléctrico), poseen una gran resistencia a condiciones extremas de trabajo como muy bajas temperaturas, y no padecen “efecto memoria”. Por último, admiten más ciclos de vida que las baterías de plomo.

En la última década, Torqeedo se puede considerar la empresa pionera en el desarrollo de este tipo de baterías para aplicaciones marinas. “Cada año mejoramos un poco más nuestras baterías, por lo que probablemente seamos el fabricante que integra el concepto de protección y seguridad para baterías de litio para embarcaciones más amplio de todo el mercado (potencia y confort incluidos).” [21]

A continuación se muestra un gráfico resumen de la evolución del precio de las baterías obtenido de la página web movilidadelectrica.com. Se puede deducir que el precio de las baterías seguirá bajando en los próximos años más rápido incluso de lo pronosticado por los expertos:

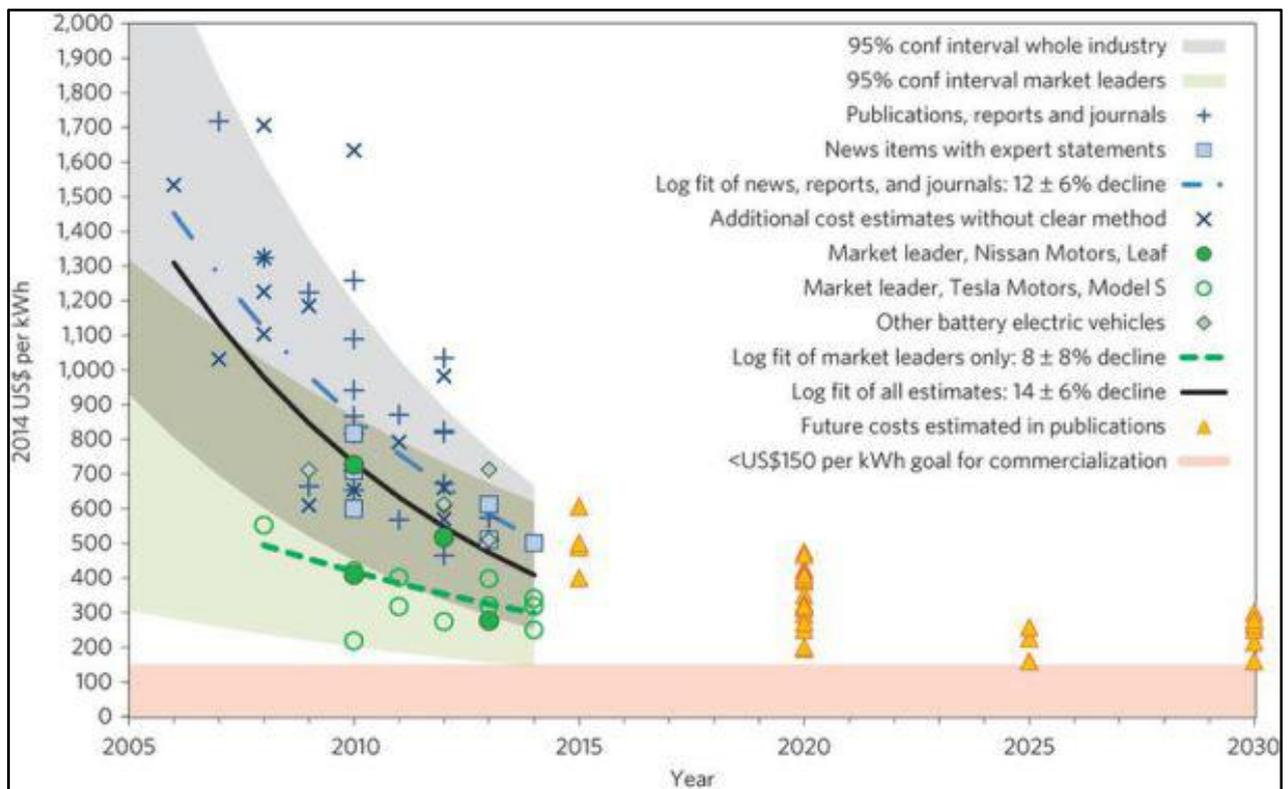


Figura 2-12 Caída precio de las baterías Li-ion. Estudio Stockholm Environment Institute. [22]

2.6.2.1 Baterías de polímero de litio (LiPo)

Las baterías de polímero de litio son una mejora de las baterías Li-ion estudiadas anteriormente. Ofrecen una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga superior y un volumen más pequeño.

2.6.3 Baterías de Grafeno

El grafeno es considerado por muchos el material del siglo XX. La inversión en investigación y desarrollo de este material no ha hecho más que ascender en los últimos años. Su valor a nivel global se espera que pase de los 11,3 millones de euros en 2013 a unos 108,9 en 2020 según publicaba el periódico digital [23]. Si bien es cierto que esta tecnología todavía no ha terminado de dar el salto de los laboratorios a las cadenas de montaje. ¿Qué hace del grafeno un material único? Es un material tan fino que se considera de 2D, es el material más duro del mundo, unas 100 veces más resistente que el acero, conduce electricidad mejor que el cobre, es flexible y maleable. Sus posibles aplicaciones se extienden en diversas industrias, entre otras la aeroespacial, electrónica, baterías, automóviles, comunicaciones, solar, etc. [23]

La empresa española Grabat se encuentra al frente de la revolución en las baterías gracias a resultados obtenidos en recientes investigaciones. “Las baterías de grafeno que Grabat presentó a principios del mes de febrero del presente año pueden cambiar por completo el panorama industrial de todos los productos que las utilicen para su funcionamiento.”[24] En las siguientes figuras se muestran los resultados presentados por los representantes de Grabat en los cuales se aprecia la transformación del concepto de batería que el grafeno supone.

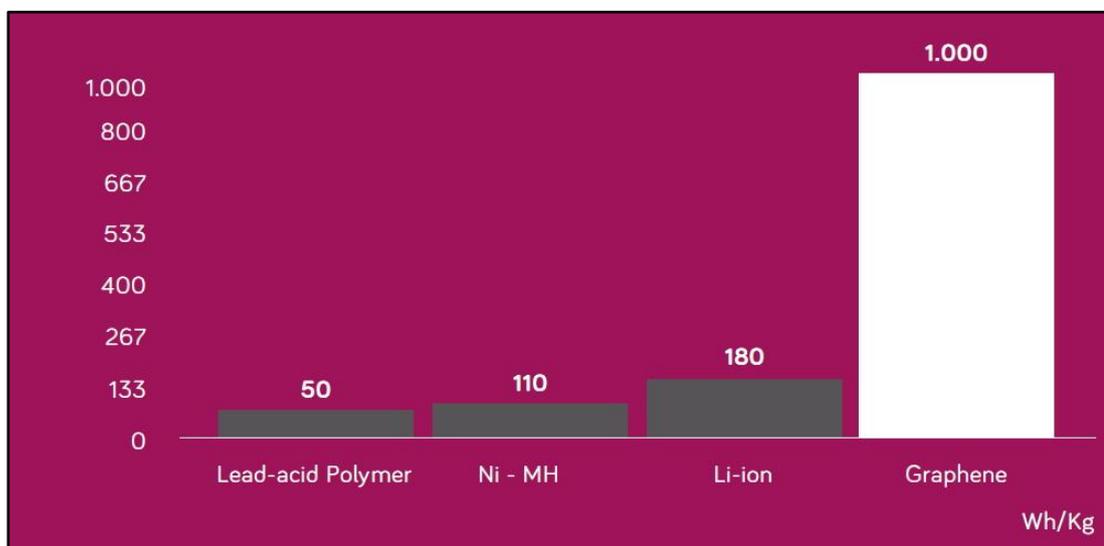


Figura 2-13 Comparación densidades energéticas de tecnologías de baterías obtenido de[24]

Las ventajas que se pueden esperar de estas nuevas baterías son, entre otras, una reducción radical de peso y volumen, aumento de autonomías y potencias, y todo ello para un mismo desembolso de capital.

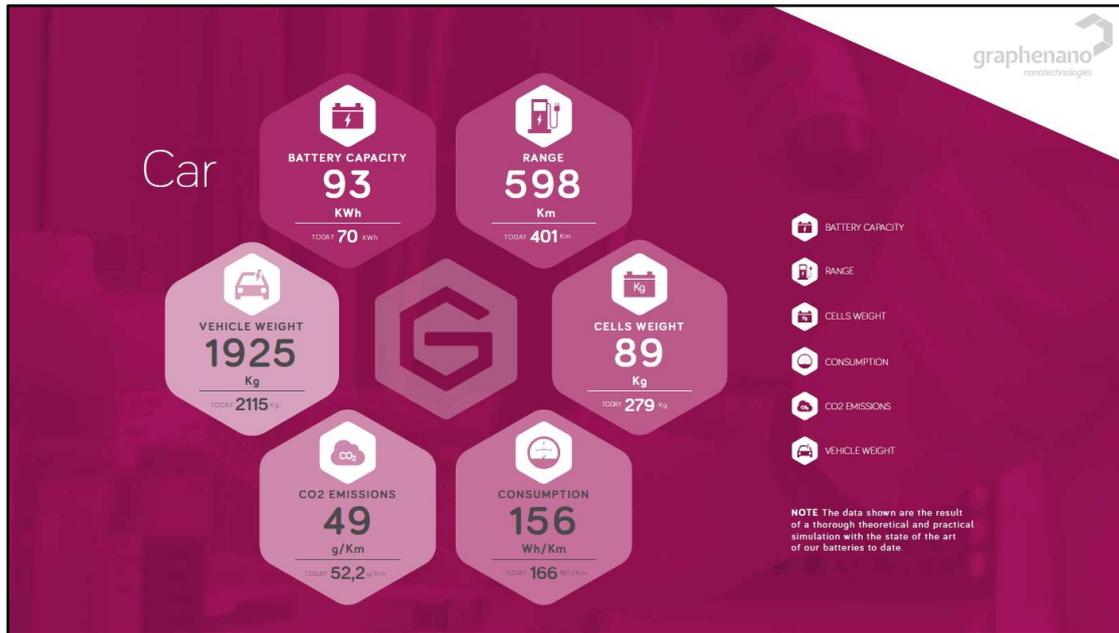


Figura 2-14 Datos de la batería de grafeno para coche eléctrico[24]

“Una auténtica revolución para la movilidad eléctrica y también para el resto de la industria: lo que Grabat ha bautizado como la tercera revolución industrial, la del almacenamiento de energía”[24]

Sin embargo, hay opiniones de todo tipo acerca de estas noticias. Hay varios editoriales que son escépticos con este descubrimiento.

Lo cierto es que la suma de dinero invertida y la expectación son altas. Ahora sólo queda esperar que esta novedosa tecnología salga al mercado con costes competentes abriendo así las puertas a una nueva era de energías más limpias y eficientes en la industria de los transportes contando con la colaboración de una empresa nacional entre las primeras del mundo.

3 DESARROLLO DEL TFG

El presente capítulo recoge el contenido central del estudio realizado para determinar la viabilidad de un sistema híbrido de propulsión en las embarcaciones semirrígidas de la Armada.

El estudio se desarrolla en cuatro apartados fundamentales:

- En primer lugar se lleva a cabo un análisis del empleo operativo de las embarcaciones semirrígidas de la Armada, a fin de definir los requisitos que debe cumplir el modelo híbrido que se persigue instalar.
- El estudio, a continuación, se plantea analizando pormenorizadamente si la solución técnica de implantación de un modelo híbrido de motor es viable en una embarcación semirrígida de características conocidas. Para ello se utiliza la RHIB disponible en la Comisión Naval de Regatas de la Escuela Naval Militar: la Duarry Cormorán 730 IB. En el siguiente apartado, pues, se analiza detalladamente dicha embarcación para determinar los parámetros y características de diseño más importantes. Esto nos permitirá, en posteriores apartados, verificar si la implantación de un motor híbrido en dicha embarcación mantiene estos parámetros en unos valores aceptables a la nueva solución técnica.
- En tercer lugar, se hace un análisis comparativo de las dos opciones de motorización híbrida existentes en el mercado (serie y paralelo), escogiendo la considerada más idónea para la embarcación seleccionada.
- Finalmente, se lleva a cabo un estudio en profundidad en la RHIB seleccionada y con la alternativa híbrida escogida, para determinar si es viable su implantación. Todo ello con el fin de concluir la viabilidad de este sistema de propulsión en dicha embarcación y así hacerlo extensible al resto de RHIB de la Armada. Este estudio incluye:
 - El modelado en 3D
 - El estudio de resistencia y potencia
 - El dimensionamiento de los elementos del sistema de propulsión.
 - El estudio de la estabilidad final de la embarcación.
 - La distribución de los elementos de la planta propulsora a bordo.

3.1 Análisis del empleo operativo de las embarcaciones semirrígidas en la Armada

El primer paso consiste en estudiar los requisitos operativos que deben tener las embarcaciones semirrígidas de la Armada. Actualmente la Armada cuenta con diferentes tipos de RHIB pudiendo dividirlos en dos grandes grupos según el tipo de propulsión: intraborda y fueraborda. Así mismo cuenta con dos proveedores principales: la empresa española Duarry y la francesa Zodiac.

Vamos a considerar las embarcaciones semirrígidas clasificadas en tres tipos según su uso. Como veremos, sus requerimientos son francamente dispares debido a la diferencia de exigencia de las misiones que se les encomienda:

- De apoyo en puerto
- Embarcadas en buques
- De misiones operativas.

3.1.1 Apoyo en puerto

El conjunto de actividades a las que se enfrentan este tipo de semirrígidas sigue un patrón común muy sencillo. Entradas y salidas de puerto sin largas estancias en la mar para llevar a cabo actividades en las proximidades del mismo.

Por ejemplo, la Escuela Naval Militar de Marín cuenta con varias embarcaciones de estas características. Algunas de las actividades más comunes a las que se enfrentan son:

- Apoyo durante adiestramiento de alumnos en embarcaciones de vela ligera.
- Traslado de personal de la Escuela a buques situados en la Ría de Pontevedra.
- Traslado de personal a la Isla de Tambo.
- Reacción rápida ante cualquier emergencia en la mar durante las actividades de adiestramiento de alumnos en la Ría de Pontevedra.
- Participación en ejercicios con las Lanchas de Instrucción de la Escuela Naval Militar en los cuales la RHIB cumple el papel de embarcación semirrígida opositora.
- Embarcación de apoyo de buceadores durante los cursos de Iniciación al Buceo impartidos a los alumnos de la ENM.

3.1.2 Embarcadas en buques

La mayoría de buques de la Armada cuentan con una o más embarcaciones semirrígidas a bordo. Son una pieza clave en el desempeño de la función de los mismos permitiendo reacciones rápidas ante diferentes situaciones dotando al barco de la flexibilidad que sólo una embarcación de estas características tiene.

Para ilustrar los innumerables usos que tiene una RHIB embarcada en un buque, a continuación se ofrecen algunos ejemplos:

- Según la publicación de la STANAG OTAN 1453[25] las RHIB son el medio de traslado de personal y material entre buques aliados.
- Según la publicación D-CEP-09 de la Armada[26] en la situación de caída de hombre al agua la RHIB tiene el papel de embarcación de salvamento. Para facilitar la recogida del naufrago, permitiendo mayor espacio y menos peso, la dotación de salvamento está compuesta por el mínimo personal imprescindible: patrón, proel y sanitario.
- En la situación de Abandono de Buque las embarcaciones semirrígidas prestan apoyo al correcto desarrollo del mismo. Sin embargo, según [26] los medios de supervivencia del buque son las balsas salvavidas y no las embarcaciones RHIB aunque sean utilizadas durante las diferentes fases del abandono. La RHIB tiene entre otras la misión de aproximar las balsas alejándolas del lugar del hundimiento.
- Traslado de equipo del Trozo de Visita y Registro al buque objeto de la inspección o visita.
- Traslado de buzos a punto de inmersión, y seguridad durante los trabajos de inmersión.
- Reconocimiento del área de navegación en áreas angostas, con escasa visibilidad o con baja sonda.
- Puede plantearse su empleo en aguas minadas.[26]
- Plataforma de apoyo a equipos de mantenimiento del buque, por ejemplo pintado del costado.
- Unidad rápida de interceptación.

- Remolque de blancos
- Traslado de equipo EOS a unidad objeto de registro.
- Los equipos de Operaciones Especiales embarcados en los buques de la Armada pueden utilizar RHIBs especializadas o en algunos casos la RHIB orgánica del buque. Por tanto lo ideal es que las botes embarcados cuenten con unas capacidades de potencia y reacción rápida altas. Los equipos de asalto están formados por 16-20 personas. (ATP-71).
- Protección de elementos de desembarco
- Protección del buque en entradas y salidas de puerto formando parte de la organización de Maritime Force Protection según fuente [27].
- Fondear y Levantar. Por ejemplo, apoyo en la maniobra de amarre a una boya.
- Remolcar a otra embarcación
- Apoyo al atraque de un buque
- Atracar a muelles y pantalanes a favor y en contra de vientos y corrientes.
- Abarloarse a otra embarcación a baja velocidad. Abarloarse a una embarcación aumentando la velocidad.
- Apresamiento de una embarcación a la fuga.
- Embarcar personal en una embarcación que se encuentra a la fuga.
- Abarloarse a un buque en marcha.
- Abarloarse a un buque que está ejecutando un plan de evasión.
- Recogida de migrantes en la mar



Figura 3-1 RHIB de Armada recoge migrantes[1]

3.1.3 Misiones especiales (Operaciones Especiales y de Infantería de Marina)

Este tipo de embarcaciones se enfrentan a situaciones de gran exigencia, por lo que deben contar con especiales prestaciones de potencia, maniobrabilidad y resistencia. Son embarcaciones sencillas, prácticas y muy resistentes.

Las unidades de Operaciones Especiales se enfrentan a situaciones en las cuales se requiere alta potencia y velocidad, rapidez de respuesta y el menor peso posible. Además deben ser muy silenciosas y discretas. Algunas de las misiones que deben cumplir son:

- Traslado de equipos de Operaciones Especiales al punto de infiltración.
- Saltos de paracaidistas. Recogida de paracaidistas.
- Reconocimiento de playa.
- Intervención rápida.
- Embarcación de apoyo a buceadores de combate.
- Las unidades de Infantería de Marina también hacen un uso intenso de estas embarcaciones abarcando muchas misiones mencionadas hasta ahora además de los desembarcos anfibios en playa para lo cual se necesitan cascos reforzados en la quilla y motores fuera borda con un sistema sencillo de levantamiento de la cola.

3.2 Análisis sistema de propulsión actual. Duarry Cormorán 730 IB

En este apartado se va a estudiar las características más importantes de la RHIB Duarry Cormorán 730 IB (Figura 3-2Figura 3-2, con el fin de determinar en apartados posteriores la viabilidad de una planta de propulsión híbrida en esta RHIB o de una de dimensiones similares como la Zodiac Hurricane 733IB. Ésta es una embarcación semirrígida muy común en la Armada Española. El motivo de su elección es que la Comisión Naval de Regatas de la ENM cuenta con una. Esto facilita en gran medida la realización de los cálculos y el estudio.

3.2.1 Características generales

Sus datos técnicos están recogidos en el manual técnico de la embarcación, facilitado por el personal de la CNR de la ENM y adjunto en el Anexo 3. La embarcación está diseñada para navegar en Categoría B “En Alta Mar” por tanto deberá estar capacitada para enfrentarse a vientos de hasta fuerza 8 y olas de altura significativa de hasta 4 metros.

Las tablas a continuación resumen los datos más relevantes:

CARACTERISTICAS TECNICAS	
ESLORA	7,3 M
MANGA	2,8 M
PESO SIN CARGA	2250 KG
MOTORIZACION	VOLVO PENTA D4 (225 CV)
COMBUSTIBLE	GAS-OIL
DEPOSITOS	1 X 220L
FLOTADOR	INFLABLE
COLOR	GRIS
ASIENTOS	NO
VELOCIDAD	30 KTS
ARMAMENTO	NO

Tabla 3-1 Características Técnicas Duarry Cormorán 730IB

CAPACIDAD	
DOTACION	2 PAX
CAPACIDAD MAXIMA PERSONAL	18 PAX
CAPACIDAD MAXIMA CARGA	2600 KG

Tabla 3-2 Capacidad de carga Duarry Cormorán 730IB

De todas estas características, son de especial importancia para el estudio que se lleva a cabo las especificaciones técnicas de potencia, velocidad, capacidad de carga y peso, pues en el proceso de selección del nuevo sistema de propulsión deben respetarse los estándares según los cuales fue diseñada la embarcación para que éste sea un medio de propulsión viable.

3.2.2 Características del sistema de propulsión

El sistema de propulsión actual tiene los elementos principales de la

DIESEL ACTUAL	
EQUIPOS	PESO (kg)
Volvo 260CV	558
Water Jet HJ 241	104
Batería 12V 108AH	35
Eje Cardan	150
RHIB 7.3	1.403
Peso Total	2.250

Tabla 3-3. Es importante conocer el peso y volumen de este sistema de propulsión para compararlo con los de las diferentes alternativas híbridas y seleccionar una alternativa que se adapte a esta embarcación.

DIESEL ACTUAL	
EQUIPOS	PESO (kg)
Volvo 260CV	558
Water Jet HJ 241	104
Batería 12V 108AH	35
Eje Cardan	150
RHIB 7.3	1.403
Peso Total	2.250

Tabla 3-3 Pesos sistema actual de propulsión Duarry Supercat 730IB

En la Tabla 3-4 se muestran los datos de consumos aproximados a diferentes regímenes de velocidad en la situación definida en la Tabla 3-5. Estos datos fueron facilitados por el destino responsable de las RHIB en la CNR de la ENM. En las conclusiones del presente trabajo se estudiará cómo varían los consumos con el nuevo sistema de propulsión.

VELOCIDAD/CONSUMO= AUTONOMIA TEORICA		
VELOCIDAD (KNT)	CONSUMO (L/H)	AUTONOMÍA (NM)
< 10 KNT	8 L/H	270 NM
10-15 KNT	18 L/H	180 NM
> 15 KNT	25 L/H	150 NM

Tabla 3-4 Cálculo de Velocidad/ Consumo/ Autonomía Duarry Supercat 730IB

DATOS APROXIMADOS CON:		
CARGA: 3 PAX	ESTADO MAR: 1	VIENTO: 2 KNT

Tabla 3-5 Situación cálculos tabla 3-4



Figura 3-2 Duarry Cormorán 730IB

3.3 Estudio de diferentes opciones de motorización híbrida.

Como ya se ha expuesto en el Capítulo 2 referente al Estado del Arte, la propulsión híbrida marina puede dividirse en dos tipos principales: serie y paralelo. En el presente apartado se describen algunas posibilidades, y se lleva a cabo una preselección del sistema de propulsión que mejor se adapte a la Duarry Cormorán 730 IB.

Se estudian las tres opciones a continuación enumeradas:

- Híbrido serie:
 - Opción 1: Consiste en el análisis de una planta puramente eléctrica de propulsión, se lleva a cabo este estudio para posteriormente poder comparar esta situación con la segunda opción, el híbrido en serie con un generador a bordo.
 - Opción 2: Consiste en el estudio de una planta de propulsión híbrida en serie con un generador en la embarcación que dará la posibilidad de recargar las baterías mientras la RHIB opera.
- Híbrido paralelo

- Opción 3: Finalmente se estudia una planta de propulsión híbrida en paralelo en la cual tanto el motor de combustión como el eléctrico están conectados al eje de propulsión.

3.3.1 Híbrido en serie

El híbrido en serie tiene como característica principal la ausencia de conexión mecánica entre el generador eléctrico y el sistema de propulsión. En este sub-apartado se estudiarán dos posibles plantas de propulsión:

1) Opción 1: Motor eléctrico fueraborda. Torqeedo [6]

Entre la gran variedad de motores eléctricos fueraborda ofertados por la empresa alemana Torqeedo se pueden encontrar gamas que equivalen a motores de combustión desde 1 a 80 CV. Los dos motores de mayor potencia -40 CV y 80 CV- se comercializan en un pack que incluye la totalidad del sistema de propulsión (baterías, cableado, caja de conexiones, etc.) llamado “Deep Blue”.

En esta primera Opción 1 se estudiará la viabilidad del sistema de propulsión Deep Blue formado por dos motores fueraborda eléctricos de 80 CV, un banco de cuatro baterías, y todos los demás accesorios necesarios para el correcto funcionamiento del sistema. La Figura 3-3 Distribución elementos propulsión eléctrica Torqeedo ilustra un ejemplo de un sistema de propulsión similar al objeto de estudio pero con solo un motor eléctrico y dos baterías.



Figura 3-3 Distribución elementos propulsión eléctrica Torqeedo [6]

Es importante resaltar que este es un sistema puramente eléctrico de propulsión por carecer de un motor de combustión. Sin embargo, se considera necesario analizar sus características para a continuación poder llevar a cabo un estudio más completo del sistema de propulsión híbrido en serie conociendo de antemano las limitaciones de la parte eléctrica.

La Tabla 3-6 contiene un resumen de los principales elementos que incluye la planta de propulsión Deep Blue anteriormente descrita, así como sus pesos y costes. Puede observarse que el peso total de la nueva planta propulsora no ha aumentado significativamente con respecto al que tiene el sistema de propulsión actual que viene recogido en la Tabla 3-3 Pesos sistema actual de propulsión Duarry Supercat 730IB Por lo tanto llegamos a la conclusión de que el peso no es un factor excluyente para este sistema de propulsión eléctrico.

OPCIÓN 1		Motor híbrido serie OB (x2) sin generador	POT PROP (KW)= 64,8
EQUIPOS	PESO (kg)	COSTE	
TORQUEDO DEEP BLUE OB (80 RL)(x2)	278	33.611,76 €	
BANCO DE BATERÍAS (X4)	596	52.097,48 €	
KIT SUSPENSIÓN BATERÍAS	32	2.684,00 €	
CAJA DE CONEXIONES	INCLUIDO	INCLUIDO	
CONTROL ELECTR DE POTENCIA	INCLUIDO	INCLUIDO	
CARGADOR	INCLUIDO	INCLUIDO	
TOTAL	906	88.393,24 €	

Tabla 3-6 Opción 1. Torqueado eléctrico. Peso y coste.[6]

Como ya fue especificado anteriormente, la empresa Torqueado provee al cliente con el sistema completo de propulsión incluyendo el sistema de almacenaje de energía formado por cuatro baterías de litio de alto voltaje. Éstas procedente de la industria automovilística pero han sido adaptadas a los requerimientos especiales de una embarcación, en especial la estanqueidad (según IP67). Además cuenta con una garantía de nueve años sobre un 80% de la capacidad inicial de la batería según fuentes de Torqueado.

A continuación se muestran las tablas de autonomía y tiempo de carga de las baterías obtenidas de fuentes de Torqueado. Los tiempos de carga dependen del número de baterías que formen el banco de la embarcación: a mayor número de baterías más tiempo de carga.

Deep Blue 80 R (con dos baterías de alto voltaje Deep Blue)			
	Velocidad en km/h (kts)	Distancia en km (nm)	Autonomía (hh:mm)
Velocidad eco	7,5 (4,0)	40-120 (22-65)	5:20 - 16:00
Velocidad máxima	36-54 (19-29)	18-27 (10-15)	0:30

Tabla 3-7 Autonomía motor eléctrico fueraborda Torqueado

Tiempo de carga (hh:mm)	Nº baterías sistema [RB1]		
Columna1	2	3	4
Grado de descarga 50%	4:15	6:25	8:30
Grado de descarga 80%	6:50	10:15	13:40

Tabla 3-8 Tiempo de carga de baterías Torqueado

Tras analizar los datos obtenidos hemos llegado a la conclusión de que la autonomía teórica obtenida por esta alternativa de propulsión no satisface las necesidades de la Armada recogidas en el apartado 33 del presente Capítulo, por tanto es descartada.

Estas conclusiones se han obtenido comparando la autonomía original de la embarcación con la autonomía obtenida con el nuevo sistema de propulsión eléctrico. Una embarcación militar no puede estar limitada por un rango tan pequeño de autonomía. Además, los tiempos de carga una vez en puerto son demasiado altos.

Así mismo la operatividad de la RHIB se vería muy mermada debido al mucho espacio ocupado por el banco de cuatro baterías. Estas embarcaciones están diseñadas, entre otras muchas misiones, para el transporte de personal y esta capacidad se vería gravemente afectada.

Por último, el coste calculado es elevado.

2) Opción 2: Generador Fischer Panda - motor eléctrico fueraborda Torqueado.

La segunda opción consiste en la instalación de un generador diesel en la planta de propulsión de la Opción 1. Esta medida soluciona el problema de la autonomía y además permite reducir el número de baterías a dos, una por motor fueraborda. De esta manera el peso y el coste disminuyen.

A continuación se muestran los datos técnicos del generador diésel Fischer-Panda que ha sido seleccionado siguiendo las recomendaciones del representante del Departamento Comercial de la empresa. En el Anexo 4 se recogen con detalle los planos del mismo. Cabe destacar que la potencia nominal tiene un valor reducido a la hora de emplear el generador como fuente de energía de los motores fueraborda: 20 KW.

Generator	Nominal Perf. (kW)	Voltage	Engine	Sound Cover	
Panda 25i PMS	20.00	230 AC / 50 Hz	Kubota V1505-E3	GFK	3D

Figura 3-4 Información Generador Diésel Fischer Panda

A continuación se resumen los datos de peso y coste de cada uno de los elementos que conforman esta posible motorización de la RHIB:

OPCIÓN 2	Motor híbrido serie OB (x2) con generador	POTENCIA PROP = 64,8 kW
EQUIPOS	PESO (kg)	PRECIO
TORQUEDO DEEP BLUE OB (80 RL)(x2)	278	33.611,76 €
BANCO DE BATERÍAS (X2)	298	26.048,74 €
KIT SUSPENSIÓN BATERÍAS	16	1.342,00 €
GENERADOR PMS 25I	220	19.099,70 €
CAJA DE CONEXIONES	INCLUIDO	INCLUIDO
CONTROL ELECTR DE POTENCIA	INCLUIDO	INCLUIDO
CARGADOR	INCLUIDO	INCLUIDO
TOTAL	812	80.102,20 €

Tabla 3-9 Opción 2. Torquedo eléctrico y Fischer Panda generador diésel. Peso y coste.

El peso resultante es menor que el obtenido en la alternativa eléctrica sin generador: Tabla 3-6. Esto es debido a la reducción del número de baterías. Además, el coste se reduce por la misma razón, pero aún sigue siendo una cifra elevada.

Por otro lado, este sistema no estará tan limitado en cuanto a autonomía como el estudiado en la Opción 1 al contar con un generador. Por lo tanto la hemos considerado una deficiencia corregida.

Sin embargo, es importante destacar que el generador tiene una potencia de 20 KW con la que debe recargar las baterías y alimentar los motores eléctricos fueraborda simultáneamente. Por ello, en caso de agote de las baterías los motores eléctricos no podrán funcionar a su máximo régimen debido a la limitación en potencia del generador. En situaciones de emergencia que demanden altos regímenes de revoluciones durante periodos de tiempo prolongados, como puede ser una persecución o el remolque de otra embarcación esta restricción es inadmisibles en una embarcación militar.

3.3.2 Híbrido en paralelo

3) Opción 3: Motor híbrido paralelo intraborda. Steyr

La tercera alternativa consiste en un sistema de propulsión híbrido en paralelo. Los factores más críticos estudiados hasta ahora han sido autonomía, presupuesto y peso. Para llevar a cabo este estudio se ha seleccionado la empresa Steyr como proveedora del motor eléctrico y del generador diésel.

En la Tabla 3-10 se recogen cada uno de los elementos seleccionados de entre los catálogos de Steyr. Los presupuestos de los generadores diésel, JET Alamarín y motor eléctrico fueron facilitados por la empresa Pasch Cia SA y están recogidos en el Anexo 5 y han sido actualizados según las indicaciones de los representantes incrementando su coste en un 4% en el caso del JET y un 6% los motores Steyr. En cuanto a las baterías, se ha utilizado un precio promedio del mercado.

Hay varias posibles combinaciones de baterías con las que se obtienen los 48V necesarios para alimentar el motor eléctrico:

- 1 bancos de 48 V en serie
- 2 bancos de 24 V en serie
- 4 bancos de 12 V en serie

En la tabla a continuación se ha calculado el peso y coste total de la planta de propulsión con un motor de cuatro cilindros o con un seis cilindros. Se han supuesto cuatro baterías de 12 V.

OPCIÓN 3		Motor híbrido paralelo IB	
EQUIPOS	PESO (kg)	COSTE	POTENCIA
MO 174 V 40 Steyr (4 cilindros)	258,00	22.949,00 €	170 CV
SE 196 E 35 Steyr (6 cilindros)	340,00	24.380,00 €	190 CV
MOTOR ELÉCTRICO STEYR	75,00	15.250,00 €	30 KW
JET ALAMARIN 245	95,00	12.064,00 €	
BANCO DE BATERÍAS 24V (x4)	200,00	10.000,00 €	
EJE CARDAN	150,00	10.000,00 €	
Total 4 cilindros	778,00	70.263,00 €	
Total 6 cilindros	860,00	71.694,00 €	

Tabla 3-10 Opción 3. Steyr híbrido paralelo. Peso y coste.

El peso y presupuesto de esta alternativa de propulsión no varía significativamente respecto a las dos anteriores por tanto no son factores críticos a la hora de seleccionar un sistema híbrido de propulsión.

La mayor diferencia que hemos encontrado entre la propulsión híbrida en serie y en paralelo para esta aplicación en concreto es la capacidad que tiene la segunda de ellas de operar en modo diésel a máxima potencia. De esta forma la RHIB opera de forma mucho más segura durante largos periodos de tiempo.

Por otro lado, propulsión eléctrica ve mermada su capacidad con respecto al híbrido serie pues el motor eléctrico Steyr (30KW) tiene menor potencia que los dos fueraborda Torqeedo (120KW), por tanto sólo se podrá operar en modo eléctrico a bajas velocidades (desplazamiento y semiplaneo). Sin embargo, esto tiene la ventaja para el híbrido paralelo de incrementar la autonomía de las baterías al no producir los grandes consumos necesarios para alcanzar tan altas velocidades.

En conclusión, se selecciona la Opción 3: **híbrido paralelo** como **sistema híbrido de propulsión más idóneo** para embarcaciones RHIB de la Armada. En siguientes apartados se llevará a cabo un estudio más profundo de la viabilidad de esta opción.

En este sencillo proceso de selección no se ha pretendido hacer un estudio exhaustivo de todas las opciones del mercado híbrido, sino de las más fiables o experimentadas de cada tipo con el fin de analizar cada una de las dos modalidades de planta híbrida de propulsión y seleccionar la que pueda cubrir las necesidades de la Armada Española con mayor eficacia.

3.4 Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Modelado 3D.

En los siguientes apartados (3.4 a 3.8) se va a estudiar la aplicación de la planta de propulsión híbrida seleccionada al modelo de RHIB objeto del trabajo (Cormorán 730). En ellos se va a estudiar el Modelado 3D, la resistencia del casco al avance, el dimensionamiento de los diferentes elementos en función de la demanda de potencia, la condición final de estabilidad y la distribución de los pesos en la embarcación.

Para ello se ha utilizado el programa de diseño y simulación naval Maxsurf en sus diferentes modalidades: Maxsurf Modeller para el diseño en 3D, Maxsurf Resistance para el estudio de la resistencia al avance y dimensionamiento de potencia, y Maxsurf Stability para el estudio de la estabilidad de la embarcación.

En este apartado se describe el proceso de modelado del casco de la embarcación RHIB con las dimensiones de la Duarry Cormorán 730 IB de la Armada Española en 3D.

Para el desarrollo de este apartado no hemos sido provistos de los planos de forma de la embarcación. Por tanto se ha hecho un diseño exacto en cuanto a medidas del casco como eslora, manga, puntal, etc. Sin embargo las formas de las líneas de agua se han estimado de la forma más precisa posible haciendo uso de la utilidad de diseño proporcionada por Maxsurf Modeller.

Debido a que el objetivo de este proyecto es el estudio de viabilidad de instalar una alternativa híbrida y no es un estudio para una constructora o un astillero, no se ha estimado necesario el diseño en 3D de la embarcación con mayor precisión de la obtenida por el método anteriormente descrito.

A continuación se muestra la RHIB resultante en una serie de imágenes obtenidas del programa informático:

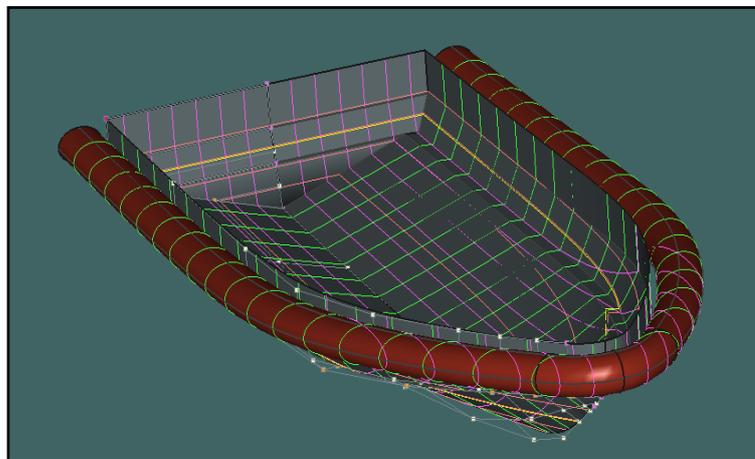


Figura 3-5 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller (I)

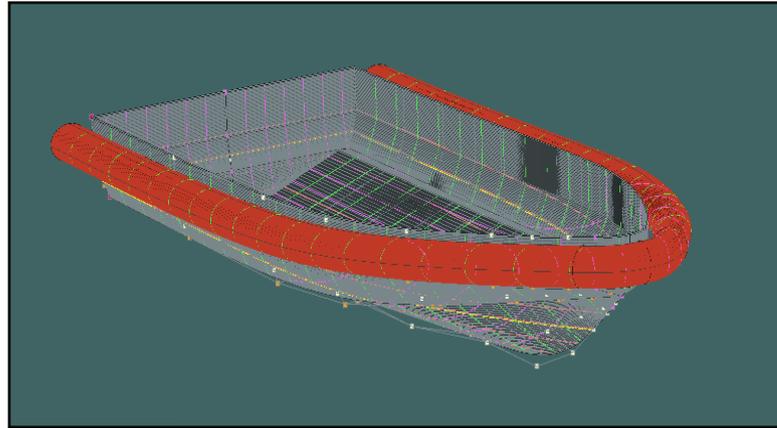


Figura 3-6 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller (II)

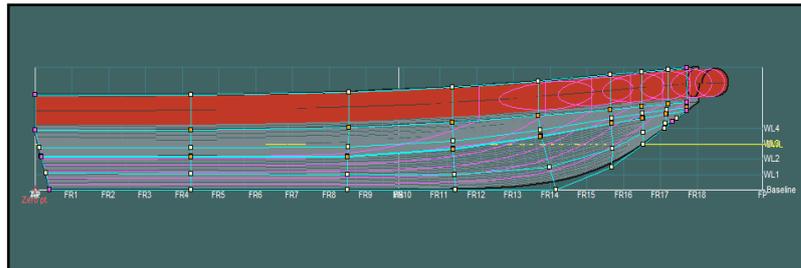


Figura 3-7 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller. Perfil

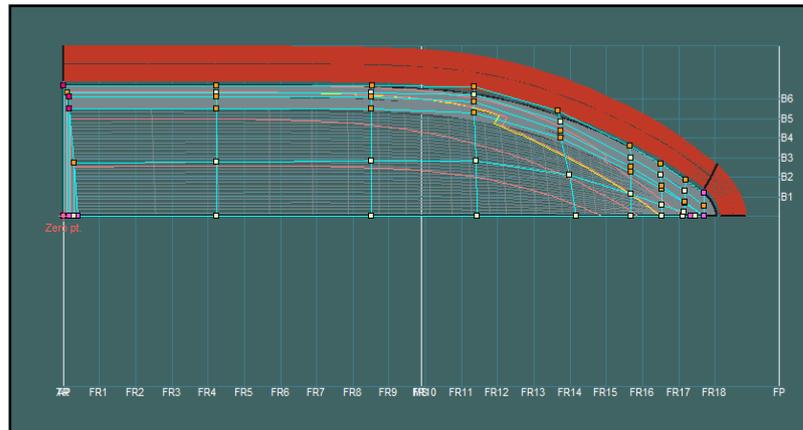


Ilustración 3.7 Modelado en 3D Duarry Cormorán 730. Maxsurf Modeller. Planta

3.5 Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Resistencia al avance.

La finalidad de este apartado es la obtención de los datos de potencia necesarios para posteriormente llevar a cabo el dimensionamiento del sistema de propulsión híbrido paralelo asegurando que cumple con los requisitos de velocidad, estabilidad y maniobrabilidad requeridos. A continuación se describe el proceso llevado a cabo para determinar la resistencia al avance y potencia necesaria para impulsar la embarcación en un rango determinado de velocidades. Se puede dividir en dos sub-apartados principales:

- En primer lugar se utiliza el programa anteriormente mencionado: Maxsurf Resistance. Como resultado se obtienen las gráficas velocidad-potencia, velocidad-resistencia y velocidad-trimado en diferentes situaciones de carga. En este caso los métodos de análisis que mejor se adaptan a la embarcación son Stavitsky Planeo y Stavitsky Pre-Planeo, que consisten en una serie de algoritmos diseñados para estimar la resistencia al avance en función de la velocidad.

- En segundo lugar se transforma la potencia obtenida del estudio en Maxsurf (Potencia de Propulsión) en la potencia teórica que debe entregar el sistema de propulsión (Potencia de Salida). Para ello se calculan las eficiencias de los diferentes elementos que forman el sistema de propulsión.

La función de los datos de resistencia al avance que se mostrará para cada régimen de velocidad no es lineal, debido a la multitud de factores influyentes. Por ello, se deberán analizar bien los datos obtenidos. No solo se deberá sobredimensionar la potencia final de proyecto, sino también superponer la gráfica de potencia entregada del motor para que este pueda vencer la resistencia en todas las etapas de la aceleración.

A continuación se muestran los gráficos obtenidos tras el estudio llevado a cabo en Maxsurf Resistance de resistencia-velocidad, potencia-velocidad y trimado-velocidad correspondientes a situación de máxima y mínima carga.

3.5.1 Estudio en Maxsurf Resistance

El primer paso fue importar la embarcación previamente diseñada en 3D simulando diferentes desplazamientos, el correspondiente a su capacidad de máxima y mínima carga según la Ficha Técnica de la embarcación. (Tabla 3-1).

Para poder llevar a cabo este apartado del proyecto fue necesario contar con datos de centros de gravedad y calados de la embarcación con su sistema de propulsión inicial. Para ello se trabajó simultáneamente en el apartado 3.7 en el análisis de la condición inicial de estabilidad de la embarcación con el fin de obtener los centros de gravedad iniciales (Tabla 3-28 y Tabla 3-29) A continuación se lleva a cabo la simulación de resistencia al avance de la que se obtienen los siguientes resultados:

3.5.1.1 Máxima Carga

En primer lugar se muestra el gráfico potencia-velocidad en condición de **máxima carga**. La curva de régimen de planeo (Stavitsky), situación que se obtiene cuando la planta propulsora está en modo diésel, se estudiará en el valor de velocidad:

En condición de semiplaneo (Stavitsky semiplaneo), régimen que se podrá obtener mediante el modo eléctrico o diésel de la planta de propulsión, el resultado obtenido es:

Velocidad	35 kts	30 kts	15 kts	10 kts	8 kts
Potencia requerida	128 kW	110 kW	58 kW	45 kW	15 kW

Tabla 3-11 Velocidad/Potencia Condición Máxima Carga

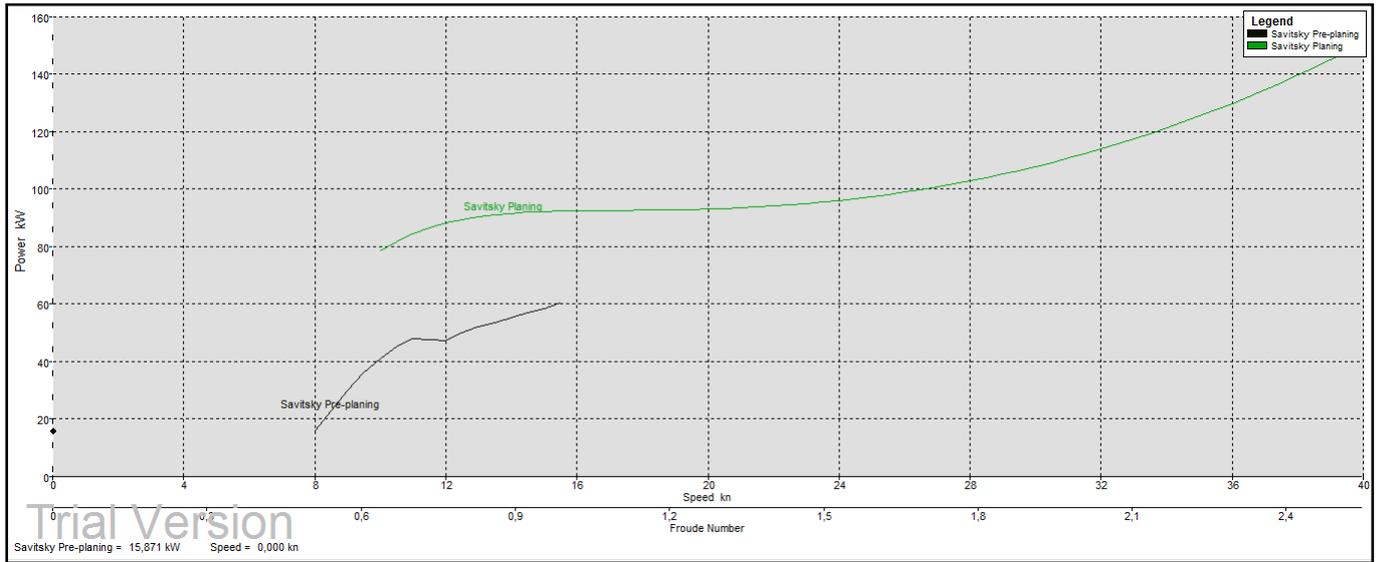


Figura 3-8 Potencia/Velocidad Máxima Carga

También se muestran las gráficas de resistencia al avance-velocidad y trimado-velocidad. Se puede apreciar cómo el salto de semiplano a plano supone un incremento considerable de la resistencia al avance. Por este se considera ineficaz que el motor eléctrico trabaje a esas velocidades, pues su autonomía se vería enormemente reducida.

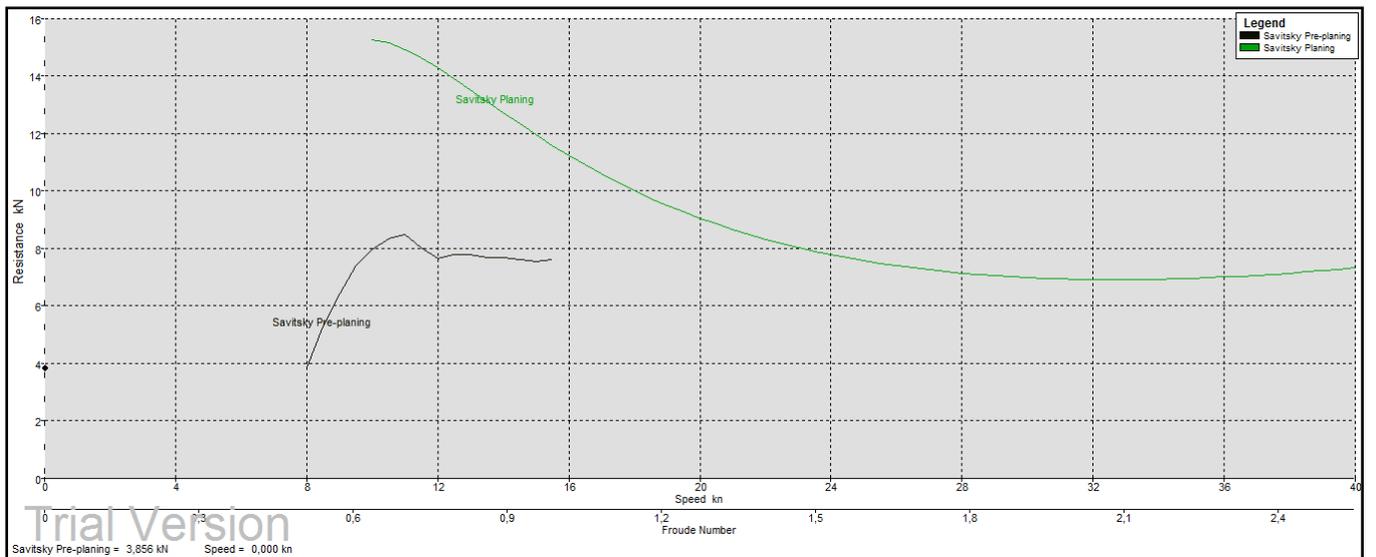


Figura 3-9 Resistencia al avance/Velocidad Máxima Carga

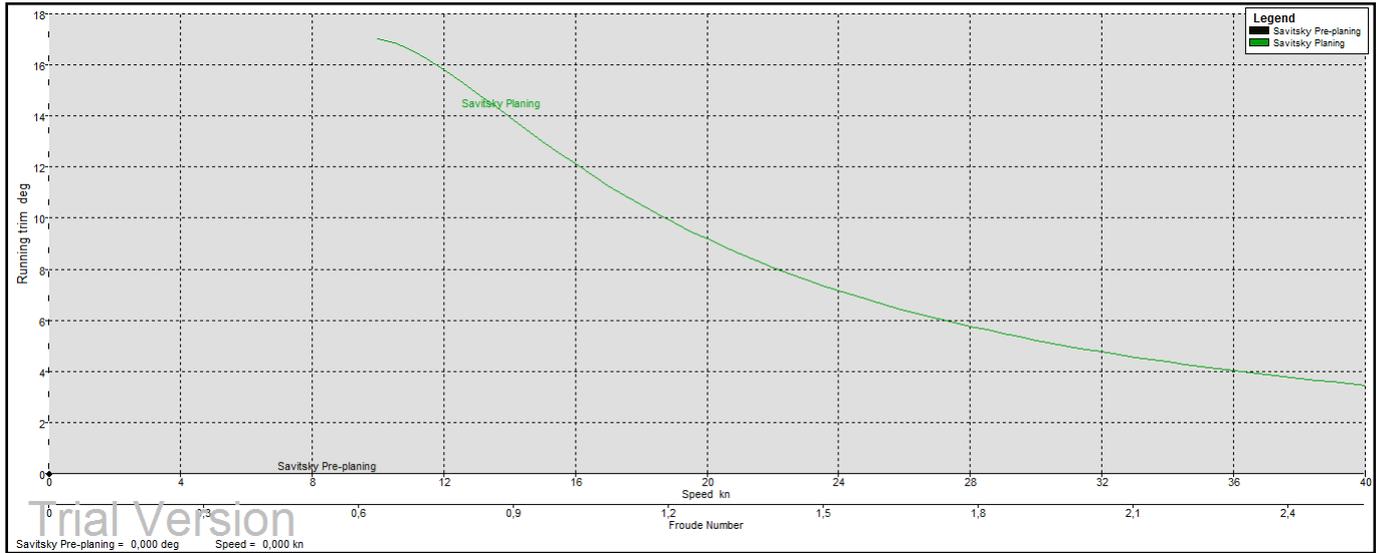


Figura 3-10 Trimado/Velocidad Máxima Carga

3.5.1.2 Mínima carga

En pocas ocasiones opera la RHIB en máxima carga, el desplazamiento más común de la embarcación se encontrará en algún punto intermedio entre la máxima y la mínima carga. Por ello es necesario estudiar también la situación de mínima carga a través de una simulación con Maxsurf Resistance análoga a la realizada anteriormente pero introduciendo los parámetros correspondientes a mínima carga recogidos en la Tabla 3-29.

Velocidad	35 kts	30 kts	15 kts	10 kts	8 kts
Potencia requerida	85 kW	60 kW	30 kW	18 kW	10 kW

Tabla 3-12 Velocidad/Potencia Condición Mínima Carga

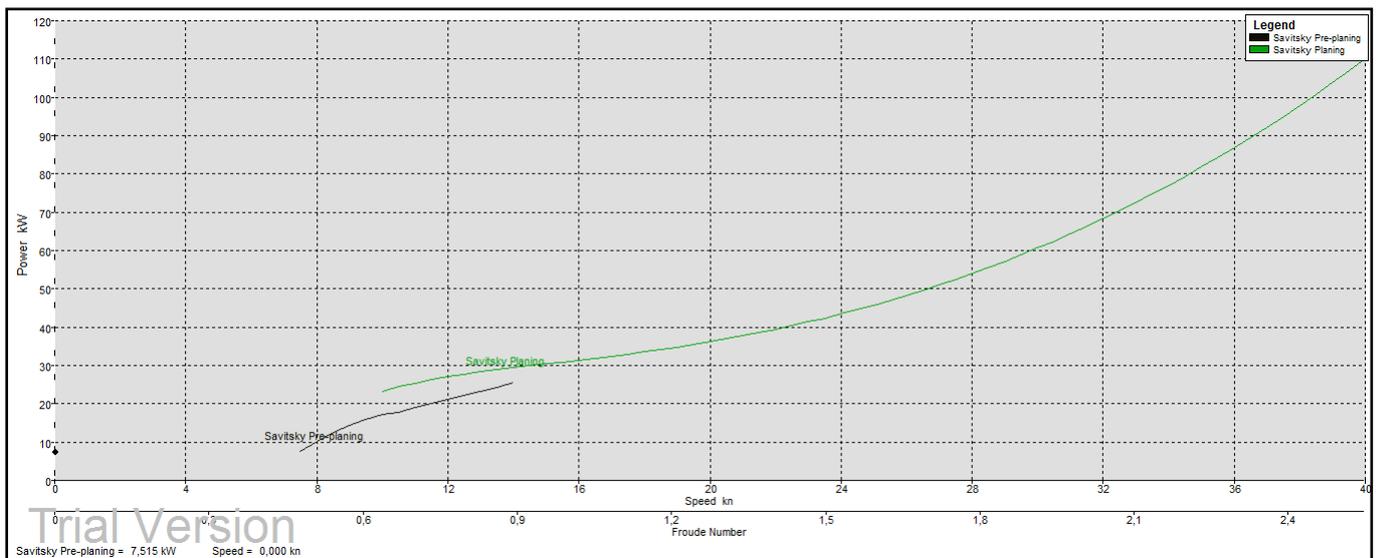


Figura 3-11. Potencia /Velocidad Mínima Carga

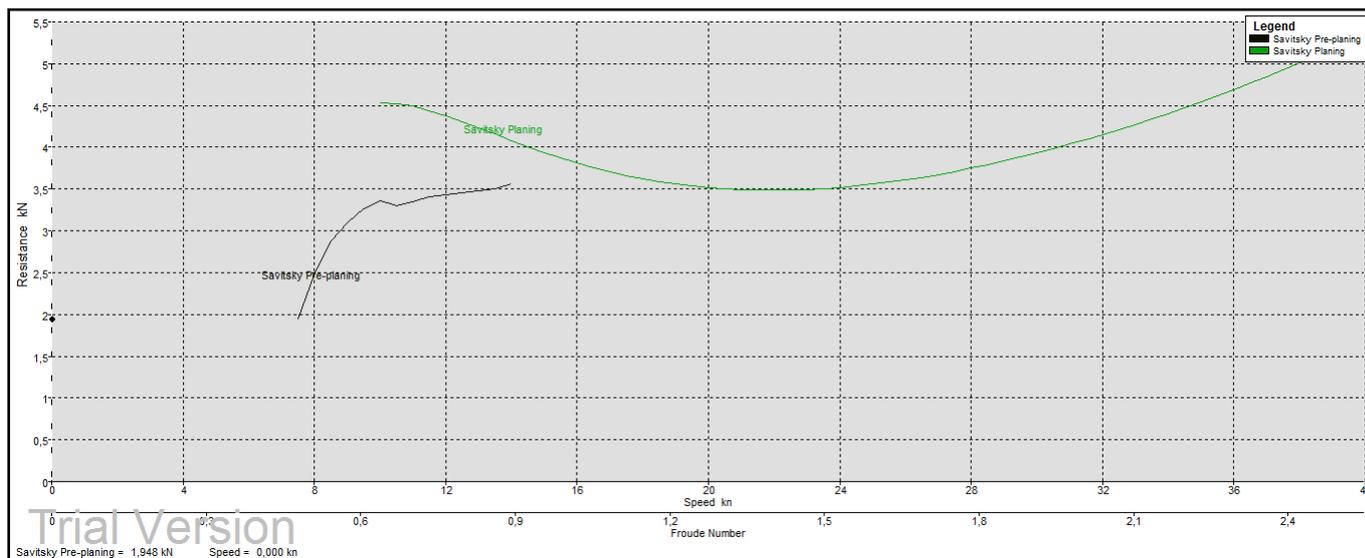


Figura 3-12 Resistencia al Avance/Velocidad Mínima Carga

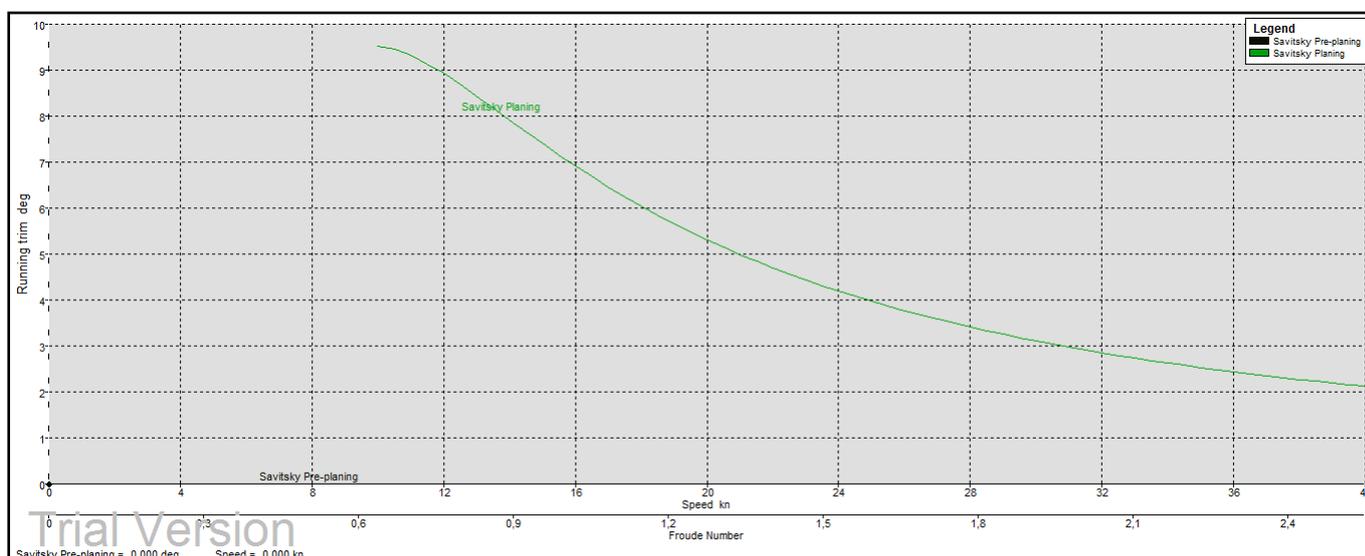


Figura 3-13 Trimado/Velocidad Mínima Carga

3.5.2 Transformación de potencias en condición de máxima carga

A continuación, se calcula la potencia de salida del motor. Para ello se parte de la potencia de propulsión obtenida en el anterior subapartado, a la que se le aplican los rendimientos de los componentes de la planta propulsora.

Se detalla en este subapartado el proceso seguido para calcular la potencia de salida del motor en la situación de mayor demanda de potencia de la embarcación que coincide con la de máxima carga.

3.5.2.1 Potencia de propulsión

La potencia de propulsión es aquella que la hélice o turbina-jet transmite al agua. Es igual al producto del empuje por la velocidad de la embarcación. Se obtiene su valor de la Figura 3-8 Potencia/Velocidad. Estudiaremos la requerida para una velocidad de 30 nudos en planeo. Ésta es la velocidad máxima teórica de la embarcación actual como viene indicado en las especificaciones técnicas de la embarcación, Tabla 3-1. También se estudia la potencia para un rango de velocidades entre 6 y 15 nudos, correspondientes a semiplaneo, pues este es el régimen al que opera el motor eléctrico.

3.5.2.2 Potencia en el eje

La potencia en el eje es aquella que se transmite a la hélice o turbina. Es igual al producto de la velocidad angular del eje por el par del motor. Se calcula aplicando el coeficiente de eficiencia de la hélice o turbina a la potencia de propulsión. En nuestro caso, el medio de propulsión es una turbina, la expresión del rendimiento de una turbina es:[28]

$$\mu = \frac{1}{1 + 8,64/V}$$

v= velocidad embarcación m/s

De la expresión anterior y de los datos obtenidos en la simulación de Maxsurf Resistance para la condición de máxima carga, Figura 3-8 Potencia/Velocidad, se obtienen los siguientes resultados:

V (kts)	P PROP (KW)	μ jet	P EJE (KW)
6	8	0,2632	30,39
8	15	0,3226	46,49
10	40	0,3732	107,18
15	58	0,4718	122,94
30	110	0,6411	171,58
35	125	0,6757	184,98

Tabla 3-13 Cálculo de eficiencias y potencias para máxima carga

3.5.2.3 Potencia de entrada

En este caso, al no haber caja reductora ni ningún otro elemento intermedio que produzca fricción, la potencia en el eje es igual a la potencia de salida del motor de combustión o del motor eléctrico a través de las baterías.

V (kts)	P PROPULSIÓN (KW)	μ jet	P EJE (KW)	μ	P MOTOR DIESEL (KW)	P MOTOR ELÉCTRICO (KW)
6	8	0,2632	30,39	1	30,39	30,39
8	15	0,3226	46,49	1	46,49	46,49
10	40	0,3732	107,18	1	107,18	107,18
15	58	0,4718	122,94	1	122,94	
30	110	0,6411	171,58	1	171,58	
35	125	0,6757	184,98	1	184,98	

Tabla 3-14 Cálculo de potencias de entrada en máxima carga

La potencia calculada permite a la embarcación contar con un margen amplio de potencia cuando la RHIB opera en situaciones de carga menos exigentes.

3.5.3 Transformación de potencias en condición de mínima carga

A continuación se presentan las potencias para las mismas velocidades en condición de mínima carga, obtenidos por el mismo método que los anteriores. Se aprecia mucha diferencia de potencia.

V (kts)	P PROPULSIÓN (KW)	μ JET	P EJE (KW)	μ	P MOTOR DIESEL(KW)	POT MOTOR ELÉCTRICO (KW)
6	4	0,2632	15,20	1	15,20	15,20
8	10	0,3226	30,99	1	30,99	30,99
10	17,5	0,3732	46,89	1	46,89	46,89
15	31	0,4718	65,71	1	65,71	65,71
30	60	0,6411	93,59	1	93,59	
35	85	0,6757	125,79	1	125,79	

Tabla 3-15 Cálculo de potencias de entrada en mínima carga

Toda la información en cuanto a potencia, resistencia al avance y trimado obtenidas se utiliza en siguientes apartados para el dimensionamiento del sistema de propulsión híbrido. Se evaluará la necesidad de calcular unas nuevas curvas con Maxsurf Resistance una vez se obtenga el peso final de la planta híbrida en caso de que el desplazamiento, y por tanto el calado, varíen significativamente. Pues en ese caso las curvas de potencia también lo harán.

3.6 Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Dimensionamiento elementos propulsión híbrida (potencia)

El presente apartado consiste en el dimensionamiento en potencia de cada uno de los diferentes elementos que conforman el sistema de propulsión híbrido paralelo:

- Motor de combustión diésel Steyr
- Motor eléctrico Steyr
- Banco de baterías
- Turbina-jet de propulsión

3.6.1 Dimensionamiento del motor de combustión diésel Steyr

En este subapartado se selecciona el motor de combustión más adecuado para esta aplicación de 4 o 6 cilindros. Para ello se compara la curva de potencia de cada uno con las potencias de entrada calculadas en el subapartado 3.5.2.3.

3.6.1.1 Motores 4 cilindros Steyr:

Los motores de 4 cilindros: MO174V40, MO196K35, MO236K42, son los seleccionados para llevar a cabo el estudio de dimensionamiento. De los diferentes catálogos de Steyr se obtienen las potencias de funcionamiento de los motores (Figura 3-15 Curvas MO174V40 y en la Figura 3-16 Curvas MO236K42 y MO196k35) Estas potencias se comparan con la potencia de eje calculada en los apartados anteriores estudiando cuál se adapta mejor a nuestras necesidades.



Figura 3-14 Motor 4 cilindros MO174V40 [29]

A continuación se muestran las curvas de potencia (Engine Power) del motor MO174V40 en función de las revoluciones por minuto. También se puede observar la curva de consumo de combustible (Fuel Consumption) por hora que crece de manera exponencial al incrementar el régimen de vueltas. Ésta es la primera razón por la que hemos decidido seleccionar un motor que tenga suficiente margen superior de potencia. También es interesante estudiar la curva del par motor (Torque). Su valor, como en cualquier motor de combustión estándar, es muy reducido para bajas revoluciones. El motor eléctrico acoplado al mismo eje que el diésel suple esta carencia de los motores de combustión dotando al sistema de alto par desde bajas revoluciones.

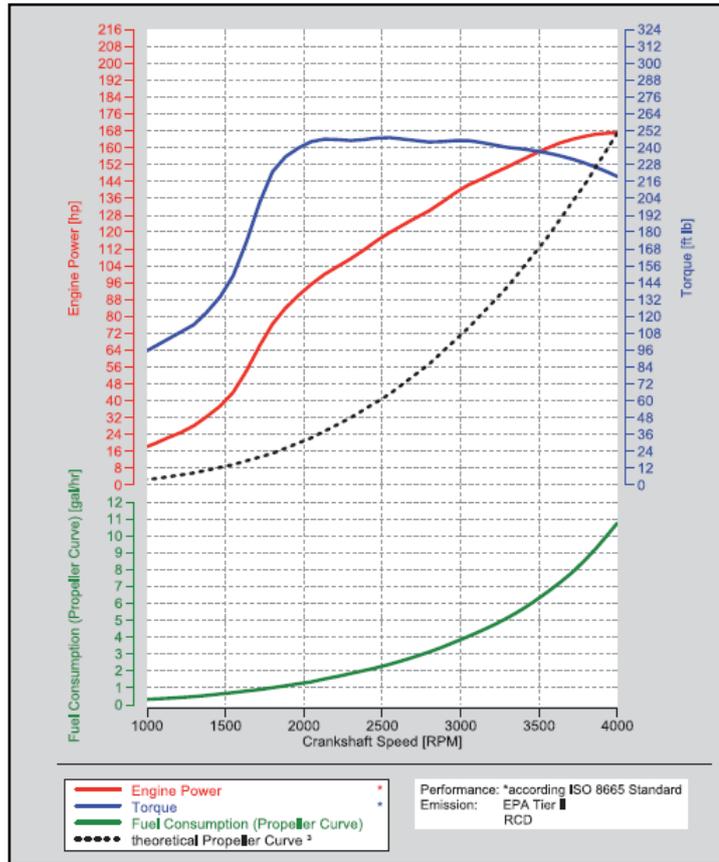


Figura 3-15 Curvas MO174V40

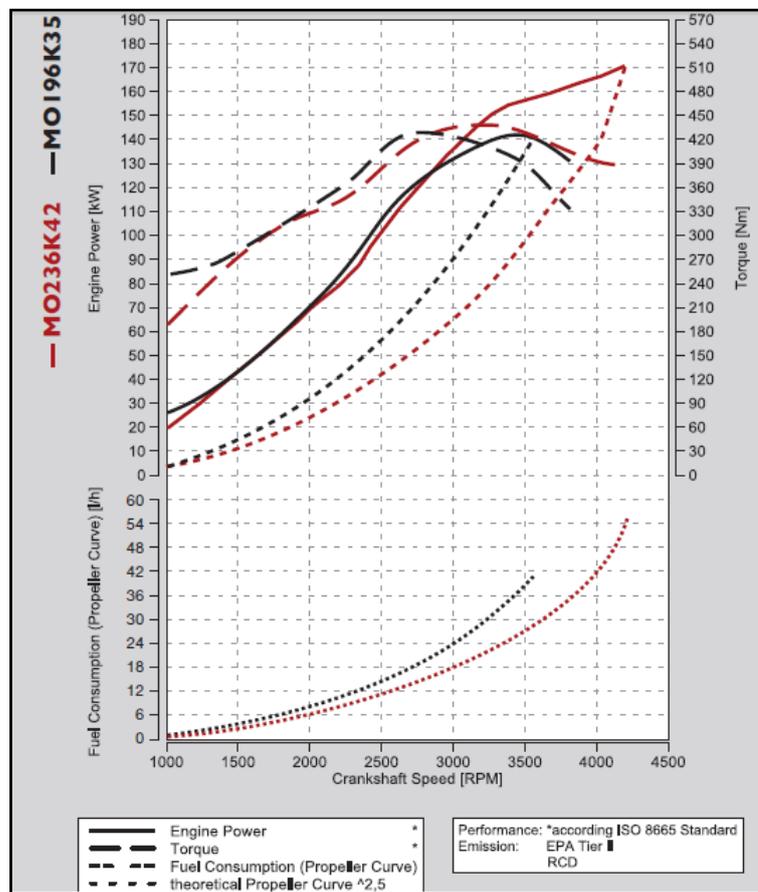


Figura 3-16 Curvas MO236K42 y MO196k35

Los datos más interesantes para nuestra aplicación en términos de potencia máxima de los gráficos anteriores se pueden resumir en la siguiente tabla:

(30 KTS MAX CARGA)	POTENCIA (KW)
POTENCIA REQUERIDA	171,58
MO 174 V40	125
MO196K35	140
MO236K42	170

Tabla 3-16 Potencias Steyr 4 cilindros

El único motor que alcanza la potencia máxima solicitada para esta aplicación es el **MO236K42**. Sin embargo, no cuenta con un margen suficiente de potencia para operar de forma cómoda a 30 nudos.

3.6.1.2 Motores 6 cilindros Steyr

A continuación se realiza un estudio similar con los Steyr 6 cilindros. Algunas de los cambios debidos a la mayor cilindrada son menores vibraciones del propulsor por tanto mejor comportamiento del mismo y la obtención de un motor más progresivo en sus curvas. Sin embargo el consumo aumenta con respecto a los 4 cilindros.

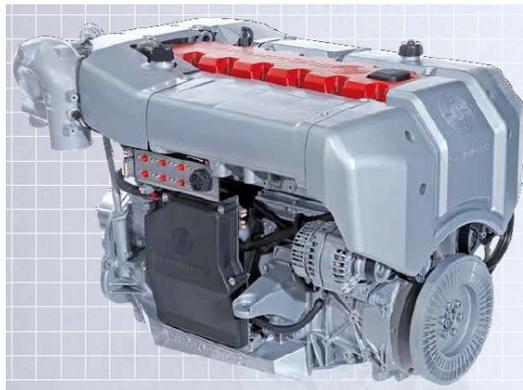


Figura 3-17 Motor Steyr Diésel 6 cilindros [29]

Las curvas de cada uno de los motores estudiados se encuentran en el Anexo VI. No se ha estimado necesario presentar cada una de ellas en este apartado pues el estudio realizado es el mismo, los datos vienen recogidos en la siguiente tabla:

(30 KTS MAX CARGA)	POTENCIA (KW)
POTENCIA ESTUDIO	171,58
SE 196 E35	140
SE 236 E40	170
SE 266 E40	190
SE 286 E40	205

Tabla 3-17 Potencias Steyr 6 cilindros

Los dos motores que más ajustan a las demandas de potencia necesarias (Tabla 3-14) son el SE 236 E40 y el SE 266 E40. El primero alcanza la potencia teórica correspondiente a 30 nudos en su máximo régimen de revoluciones. En cambio, el segundo cuenta con un margen de 20 KW que permitirá a la embarcación enfrentarse a situaciones de mayores exigencias como mala mar o recarga de baterías con

mayores capacidades. Además permitirá que el motor no sea forzado a trabajar en su límite superior de revoluciones. Por tanto el **SE266E40** es preseleccionado para llevar a cabo el estudio de viabilidad de instalación.

En la Figura 3-18 se pueden observar las curvas que definen las capacidades del motor escogido. Cabe destacar el punto de corte de la potencia con el máximo par del motor que se produce a las 3.300 revoluciones por minuto (RPM) con un valor de 180 KW, lo cual satisface las necesidades teóricas de potencia para alcanzar los 30 nudos (171,58 KW). No es de interés la curva de la potencia de propulsión del la hélice pues en nuestra aplicación no se monta la hélice de Steyr si no una turbina-jet cuya eficiencia ya ha sido tenida en cuenta en el apartado 3.5.2.2.

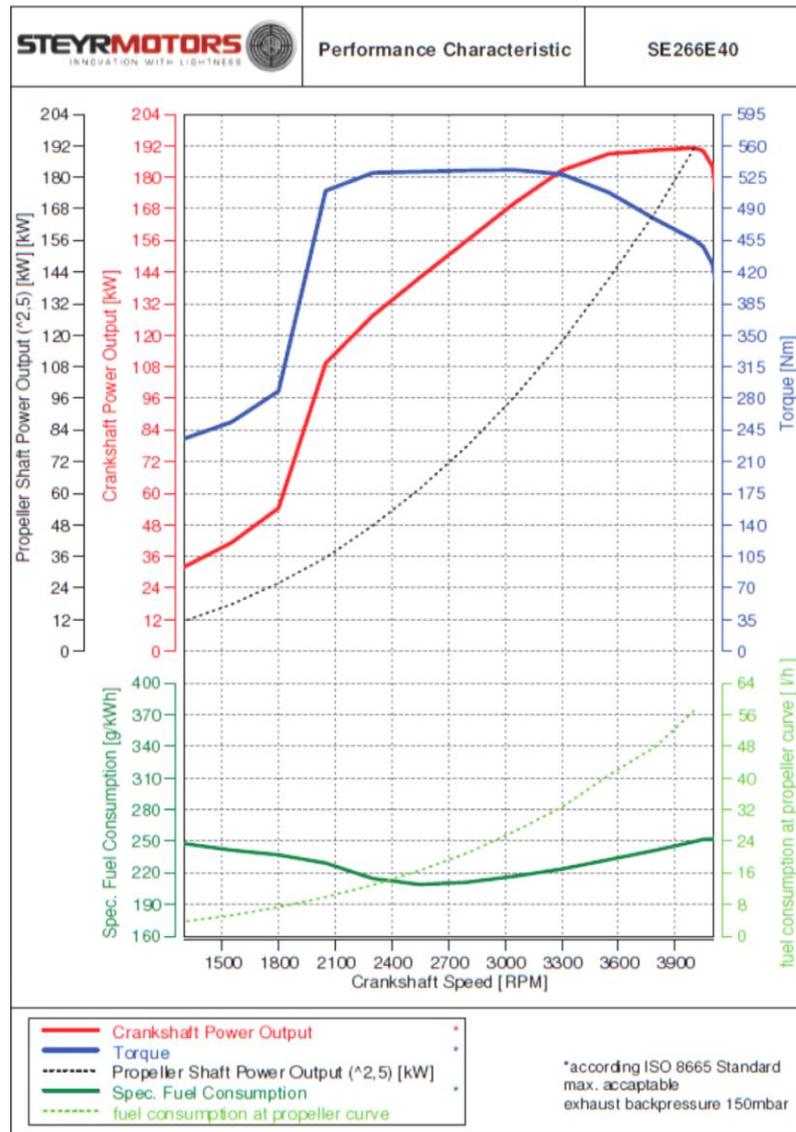


Figura 3-18 Curvas SE266E40

3.6.2 Dimensionamiento del motor eléctrico Steyr

A continuación se procede al estudio del motor eléctrico Steyr. El motor eléctrico va acoplado al final del motor diésel formando ambos un solo bloque según se muestra en la Figura 3-19. La parte coloreada de verde es el motor eléctrico mientras que el resto es el motor diésel. Existe la posibilidad de acoplar el motor eléctrico a casi todos los motores diésel, incluido el **SE266E40** seleccionado.

Esta empresa comercializa a día de hoy dos motores eléctricos de 48 V cuyas características de potencia han sido especificadas en la Tabla 3-18. La información se recoge en Anexo VII.

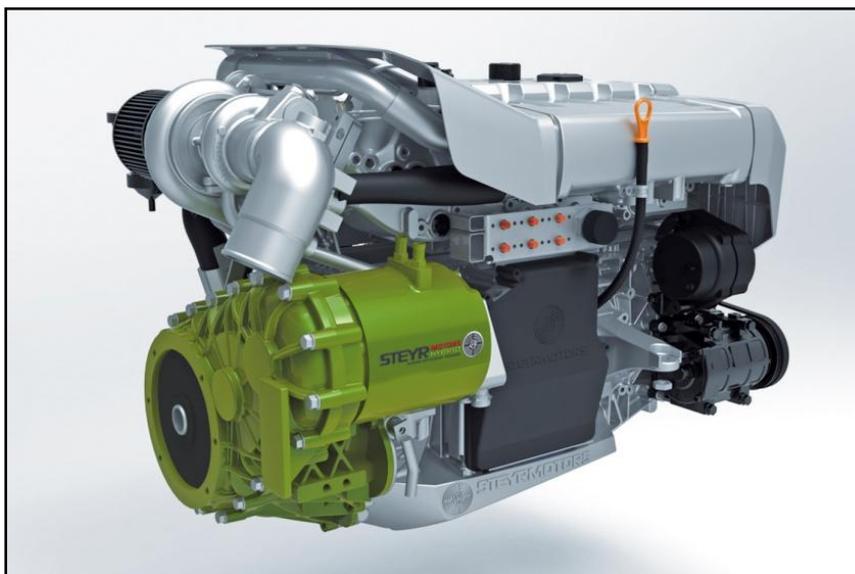


Figura 3-19 Motor Híbrido Diesel-Eléctrico Steyr [30]

(MAX CARGA)	P MANTENIDA(KW)	P MÁXIMA(KW)
POTENCIA ESTUDIO 15 KTS	122,94	
POTENCIA ESTUDIO 10 KTS	107,18	
POTENCIA ESTUDIO 8 KTS	55,79	
POTENCIA ESTUDIO 6 KTS	30,39	
PARALLEL HYBRID NG I	30	60
PARALLEL HYBRID NG II	7	-

Tabla 3-18 Potencia alternativas eléctricas - máxima carga

Estas dos tablas recogen la información de potencia de los dos motores eléctricos comparados con las potencias necesarias en función de la velocidad para distintos niveles de carga. Como resultados hemos descartado el Parallel Hybrid NG II (7KW) por no alcanzar los mínimos de potencia. En cuanto al **PARALLEL HYBRID NG I (30 KW)**, puede operar a un máximo de 60KW de potencia durante un minuto. Toda la información viene recogida de las fichas técnicas de ambos motores. (Anexo VII MOTOR 30KW).

Por tanto, este motor alcanza velocidades de hasta 9 nudos durante un minuto y mantiene de forma sostenible velocidades de hasta 6-7 nudos. Todo ello con la embarcación en máxima carga. En cambio, en situación de mínima carga, el motor teóricamente alcanza 15 nudos de velocidad máxima durante un minuto y mantiene los 8 nudos.

(MIN CARGA)	POTENCIA (KW)	P MÁXIMA(KW)
POTENCIA ESTUDIO 15 KTS	65,71	
POTENCIA ESTUDIO 10 KTS	46,9	
POTENCIA ESTUDIO 8 KTS	31	
POTENCIA ESTUDIO 6 KTS	15,2	
PARALLEL HYBRID NG I	30	60
PARALLEL HYBRID NG II	7	-

Tabla 3-19 Potencia alternativas eléctricas. Mínima Carga

3.6.3 Dimensionamiento del banco de baterías

A continuación se procede al dimensionamiento del acumulador de energía de este sistema: baterías de Polímero de Litio (LiPo). Para ello se ha escogido a la empresa *Energy Storage Technologies* como proveedor. En este subapartado se realizan estudios con diferentes de baterías con el fin de escoger el más beneficioso para la RHIB. Como ya ha sido mencionado anteriormente, el motor eléctrico tiene un potencial de 48 V, que debe ser el entregado por las baterías.

- 1 batería de 48V (o más en paralelo)
- 2 baterías de 24V en serie (o más en paralelo)
- 4 baterías de 12V en serie (o más en paralelo)

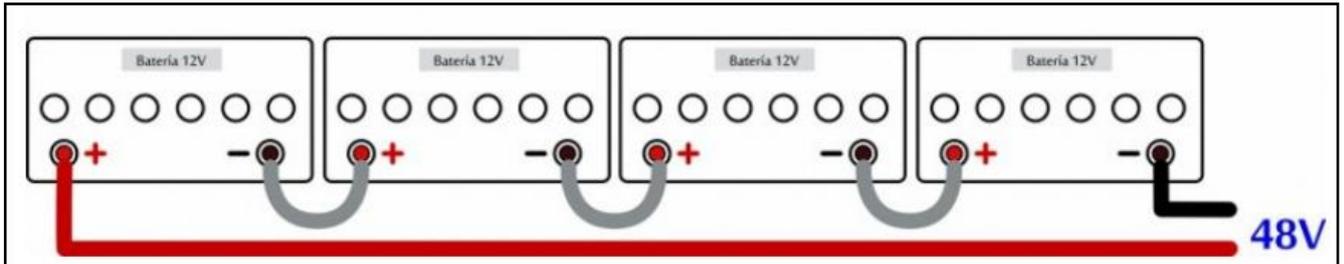


Tabla 3-20 Ejemplo baterías 12V en serie [31]

Tras realizar un estudio en profundidad con diferentes baterías se han obtenido los datos recogidos en la tabla y gráfica a continuación. Se decide descartar el banco de baterías formado por las de 12V debido tener el mayor peso por unidad de energía que pueden almacenar.

VOLTAJE	Nº BATERÍAS	AUTONOMÍA	PESO	PRESUPUESTO
12	4 serie	Media (35min @ 30 KW)	Alto (250 kg)	Depende de la marca, su valor oscila entre los 1.000 y los 25.000€
24	2 serie	Media (30min @ 30 KW)	Medio (100 kg)	
48	2 paralelo	Media (40min @ 30KW)	Medio (120 kg)	

Tabla 3-21 Resumen resultado estudio baterías

Los datos de las baterías se han obtenido de las diferentes hojas técnicas facilitadas por la empresa mencionada anteriormente y están recogidas en el Anexo VIII Para los cálculos se han utilizado las siguientes expresiones:

$$\text{Energía (KWh)} = \text{Potencial (V)} \times \text{Carga eléctrica (Ah)} \times \% \text{Descarga}$$

$$\text{AUTONOMÍA (min)} = \text{ENERGÍA (KWh)} / \text{POTENCIA (KW)} \times 60 \text{ (min/h)}$$

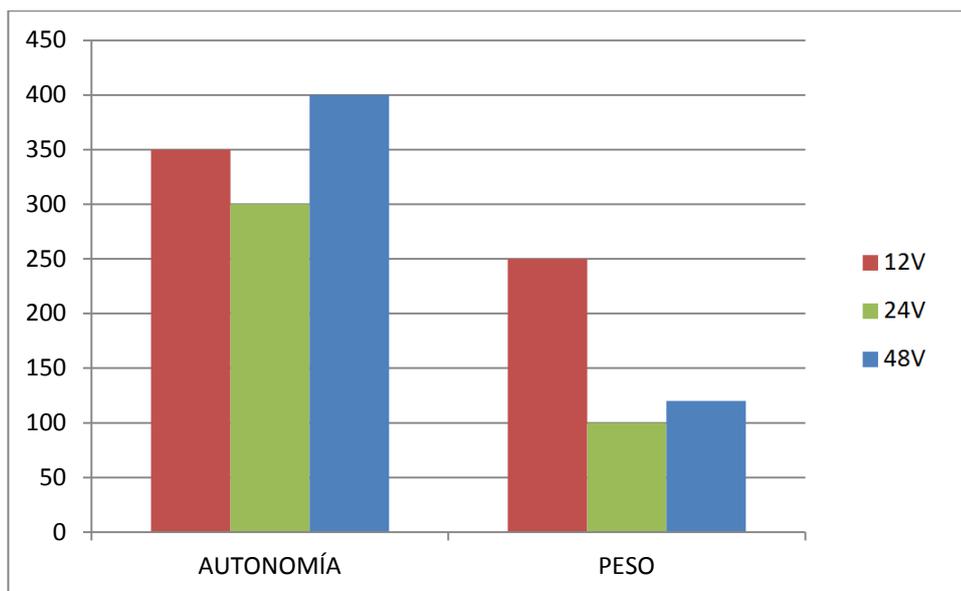


Figura 3-20 Resumen resultado estudio baterías

Tras eliminar las baterías de 12V se seleccionan baterías 24V y 48V para comparar sus posibilidades y escoger la solución que mejor se adapte a nuestras necesidades:

- EST100 50 525
- EST200 25 525
- EST200 50 1050

Parámetros	EST100 50 525	EST200 25 525	EST200 50 1050
Potencial (V)	52	26	52
Energía (Wh)	5250,00	5250,00	10500,00
Profundidad de descarga	80%	80%	80%
Energía disponible (Wh)	4200,00	4200,00	8400,00
Carga eléctrica (Ah)	100,96	201,92	201,92
Dimensiones/batería: (cm)	540x505x240	540x505x240	540x505x325
Volumen/batería (L)	65,45	65,45	88,63
Peso batería (kg)	40	40	75
PVP	6.500,00 €	8.000,00 €	10.500,00 €

Tabla 3-22 Datos Baterías EST

Parámetros	EST200 50 1050	EST200 50 1050	EST200 50 1050
Nº batería paralelo	2	1	1
Nº batería serie	1	2	1
Potencial (V)	52	52	52
Carga eléctrica (Ah)	201,92	201,92	201,92
Energía baterías (Wh)	8400,00	8400,00	8400,00
Autonomía 60KW (min)	8,40	8,40	8,40
Autonomía 30KW (min)	16,8	16,8	16,8
Autonomía 15 KW (min)	33,6	33,6	33,6
Autonomía 7 KW (min)	72	72	72
Volumen (L)	130,896	130,896	88,6275
Peso (kg)	80	80	75
PVP	13.000,00 €	16.000,00 €	10.500,00 €

Tabla 3-23 Comparativa Baterías EST

La Tabla 3-22 Datos Baterías EST contiene los datos de baterías de 52V y 26V objeto de estudio. La Tabla 3-23 Comparativa Baterías EST refleja los cálculos realizados y los resultados de peso, volumen y coste de cada uno de los modelos de batería. Este cálculo se ha realizado igualando la autonomía para así comparar factores como volumen, peso y coste. Tras comparar los resultados se concluye que la EST200 50 1050 ofrece menor peso, volumen y presupuesto para la misma autonomía.

A continuación, se analizan los diferentes bancos de baterías EST200 50 1050 en paralelo que se pueden formar.

Parámetros	EST200 50 1050		
Nº batería paralelo	1	2	3
Nº batería serie	1	1	1
Potencial (V)	52	52	52
Carga eléctrica (Ah)	201,92	403,85	605,77
Energía baterías (Wh)	8400,00	16800,00	25200,00
Autonomía 60KW (min)	8,40	16,80	25,20
Autonomía 30KW (min)	16,8	33,6	50,4
Autonomía 15 KW (min)	33,6	67,2	100,8
Autonomía 7 KW (min)	72	144	216
Volumen (L)	88,6275	177,255	265,8825
Peso (kg)	75	150	225
PVP	10.500,00 €	21.000,00 €	31.500,00 €

Tabla 3-24 Comparación nº baterías 52V

La opción de instalar tres baterías es desestimada por el volumen que ocuparían en la cubierta de la RHIB cuatro bloques de tales dimensiones. Sin embargo, para otras aplicaciones o embarcaciones con más espacio libre sería un diseño ideal que dotaría a la embarcación de una considerable autonomía en modo eléctrico.

Los resultados para dos baterías en paralelo son muy satisfactorios en cuanto a peso y volumen. No supondría un gran problema su instalación en la embarcación. Además, la autonomía no es del todo pequeña si se compara con la del motor actual de la RHIB detallada en la Tabla 3-4.

Es importante recalcar que aunque la autonomía de las baterías para una potencia del motor eléctrico de 60KW es de varios minutos, debido a limitaciones del motor ese régimen no se puede mantener durante más de un minuto.

Por tanto se selecciona **el banco de dos baterías en paralelo EST200 50 1050** para llevar a cabo el estudio final de estabilidad y reparto de pesos en la embarcación.

3.6.4 Dimensionamiento JET

Para llevar a cabo el estudio del dimensionamiento del JET se ha contactado con la empresa PASCH obteniendo el catálogo del Anexo XIX con los diferentes modelos aptos para una embarcación de las características de nuestra RHIB. Se ha realizado un resumen de las opciones más idóneas en la siguiente tabla:

	POTENCIA MÁXIMA (KW)	PESO (kg)
SE266E40	190	-
JET 230	181	77
JET 245	240	95
JET 288	330	120

Tabla 3-25 Resumen datos Ejes Cardan

De entre las opciones ofertadas se escoge el **JET Alamarín 245** por ser el de menor tamaño de los que alcanzan sin dificultad la potencia máxima del motor SE266E40 anteriormente seleccionado pues no se considera prudente seleccionar un elemento sin un margen de seguridad en sus prestaciones.

No se estima necesario calcular nuevas curvas de resistencia al avance pues el desplazamiento final es muy similar al inicial.



Figura 3-21 JET Alamarín 245

3.7 Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Estudio de estabilidad.

En el presente apartado se detalla el estudio de estabilidad llevado a cabo en la embarcación con el objetivo de evaluar el impacto que supone la instalación de cada uno de los elementos del sistema híbrido paralelo de propulsión sobre la RHIB Duarry Cormorán. Como herramienta informática se ha usado el programa Stability encuadrado dentro de los paquetes de programas de ingeniería naval Maxsurf.

Los pasos seguidos para realizar dicho estudio son:

- Cálculo de Curvas Hidrostáticas de la embarcación
- Estudio sistema actual (rosca, máxima carga, mínima carga)
 - Peso y Centro de Gravedad
 - Curvas de Estabilidad
- Estudio del sistema híbrido (rosca, máxima carga, mínima carga)
 - Peso y Centro de Gravedad
 - Curvas de Estabilidad
- Comparación de resultados

Se han utilizado los siguientes símbolos:

- CG ⇨ Centro de Gravedad
- Lg ⇨ Coordenada longitudinal centro de gravedad
- Kg ⇨ Coordenada vertical centro de gravedad
- Ml ⇨ Momento longitudinal
- Mv ⇨ Momento vertical
- GZ ⇨ Máximo brazo adrizante
- ϕ ⇨ Ángulo de escora para máximo brazo adrizante

3.7.1 Curvas Hidrostáticas

En primer lugar se ha importado el modelo de RHIB en 3D del apartado anterior. Las curvas hidrostáticas han sido el primer cálculo realizado sobre el casco de la embarcación definiendo los principales parámetros de la misma.

Según lo estudiado en la asignatura de Instalaciones y Construcción Naval estas curvas se calculan y dibujan para cada clase de buque en la etapa de diseño y facilitan gran cantidad de datos relativos a las características del mismo.

Es importante destacar que no influyen en las curvas hidrostáticas el cambio de la posición del CG ni las alteraciones en la estructura interior, maquinaria u obra muerta por tanto se utilizarán las mismas curvas a lo largo de todo el estudio.

Sin embargo, el nuevo sistema de propulsión incorpora elementos diferentes en la obra viva pues las turbinas-jet no son exactamente iguales. Por ello lo ideal sería calcular unas nuevas curvas hidrostáticas tras dibujar en el casco de la embarcación en 3D los nuevos elementos. Este grado de exactitud no es eficaz para este proyecto pues se busca estudiar posibles alternativas de propulsión híbrida y analizar su viabilidad. Tampoco se tuvo en cuenta la forma de la cola en el diseño inicial en 3D de Maxsurf Modeller.

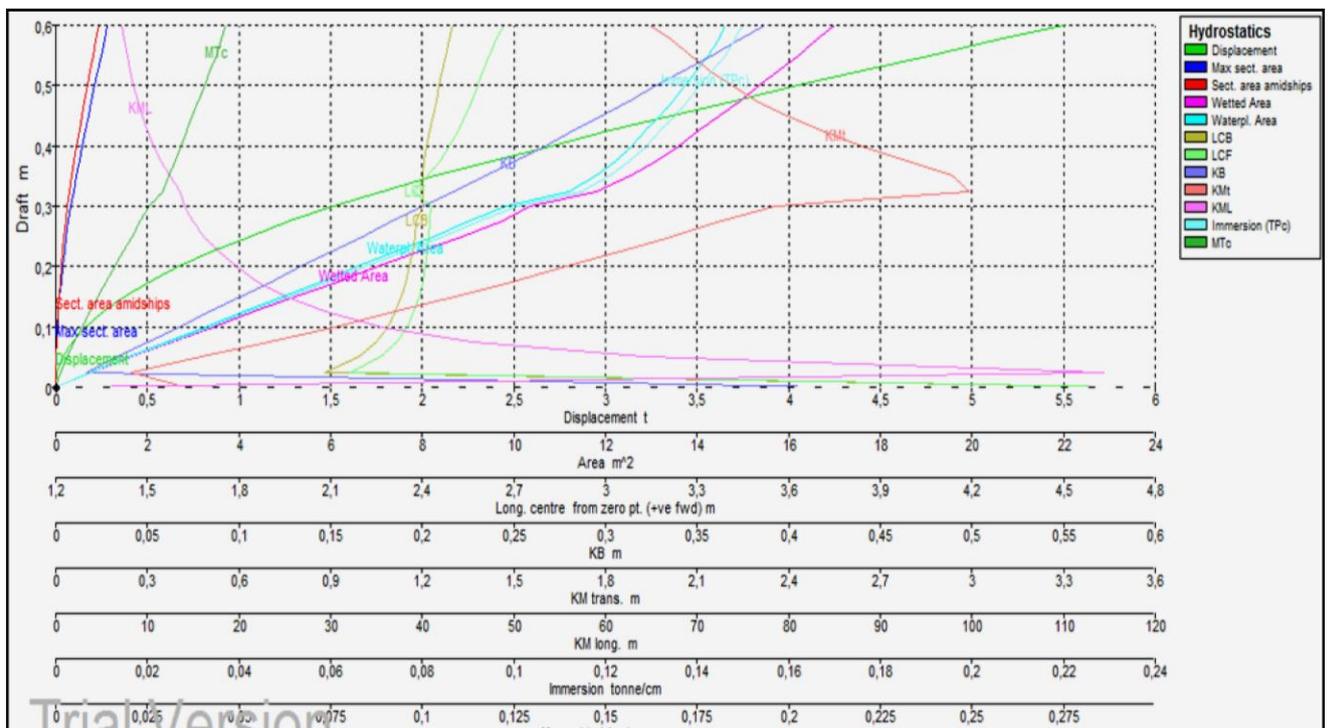


Figura 3-22 Curvas Hidrostáticas RHIB. Maxsurf Stability

3.7.2 Sistema actual de propulsión. Pesos- CG- Curvas Estabilidad

En primer lugar es importante recalcar que todos los pesos han sido dispuestos de forma simétrica respecto a la línea de crujía, por lo tanto no ha sido necesario implementar datos sobre escora permanente, momento transversal o coordenada transversal del centro de gravedad. En caso de existir algún elemento que provoque un par transversal en la embarcación se especificará en el desarrollo del apartado.

La experiencia de Estabilidad es un método utilizado en los buques de la Armada para calcular la altura del CG. Además, su procedimiento ha sido estudiado en la asignatura del grado: Instalaciones y Construcción Naval. Sin embargo, hemos decidido no emplearlo en la RHIB debido a las

características de la misma: es una embarcación demasiado pequeña e inestable para dicho estudio y carece de marcas de calado por lo que la medición del mismo se complica.

El método llevado a cabo en este proyecto para calcular el centro de gravedad de la RHIB consiste en calcular los centros de gravedad de los principales elementos de la embarcación. Éstos se han obtenido gráficamente de los planos de la embarcación. Anexo I. El peso de cada uno de los elementos viene definido en las fichas técnicas. Posteriormente se calcula el centro de masas del modelo en 3D del casco.

La exactitud de este estudio es suficiente, pues el objetivo de este apartado es analizar si el centro de gravedad tras el cambio de pesos afecta negativamente a la estabilidad de la embarcación, y para ello no es necesario conocer el punto exacto si no el cambio de posición del mismo.

3.7.2.1 Rosca

En primer lugar, se procede a calcular el peso en rosca original, el cual está compuesto por el casco, el peso de la maquinaria original y el peso de los equipos. Se obtendrá el centro de gravedad del mismo a través de una hoja de cálculo y posteriormente se mostrará gráficamente en Maxsurf Stability.

La posición de los centros de gravedad en el eje longitudinal ha sido tomada desde el espejo, pues el modelo de RHIB de Maxsurf Modeller carece de neumático a popa como ya se ha explicado anteriormente.

CARENA					
EQUIPOS	PESO (kg)	Lg	Kg	MI	Mv
Volvo Diesel 260CV	558	2,37	0,4	1322,46	223,2
Water Jet HJ 241	104	0,01	0,25	1,04	26
Batería 12V 108AH	35	2,93	0,24	102,55	8,4
Eje Cardan	150	1,27	0,25	190,5	37,5
RHIB 7.3	1403	2,87	0,47	4026,61	659,41
Total	2250	2,51	0,42	5643,16	954,51

Tabla 3-26 Pesos - CG RHIB actual rosca

Las imágenes a continuación muestran el CG dibujado en la posición calculada en la Tabla 3-26.

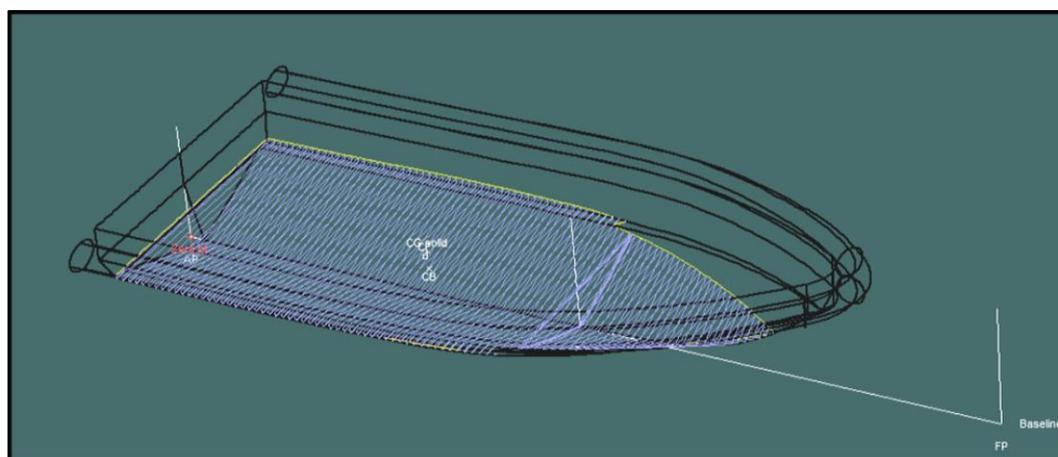


Figura 3-23 CG RHIB actual rosca I. Maxsurf Stability

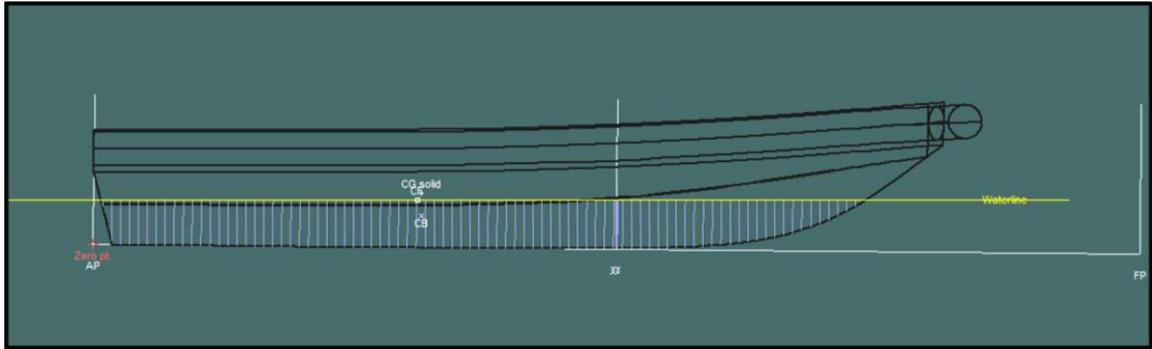


Figura 3-24 CG RHIB actual rosca II. Maxsurf Stability

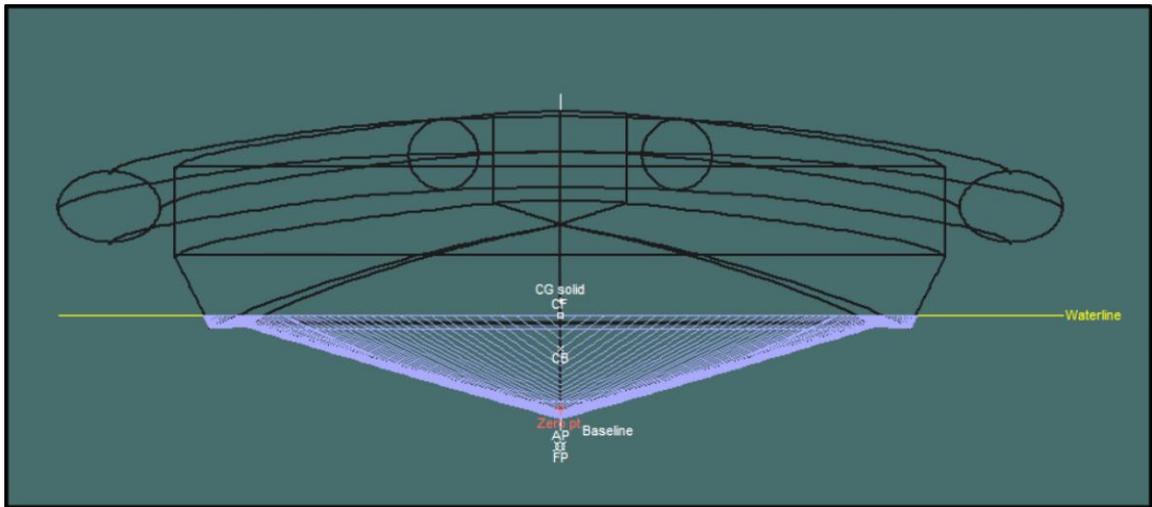


Figura 3-25 CG RHIB actual rosca III. Maxsurf Stability

La tabla a continuación contiene los resultados calculados con Maxsurf Stability para la RHIB en carena con el motor diesel actual. El único dato que destacable es un ínfimo asiento a proa (Trim= - 0,5°), que puede deberse a una inexactitud en el cálculo del centro de gravedad de la embarcación o de alguno de sus elementos. Sin embargo, este asiento no supone ningún problema pues en cuanto se aplica potencia de propulsión a la embarcación aparece automáticamente un asiento a popa que trima la RHIB y corrige el asiento.

Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,38
Displacement t	2,25
Heel deg	0
Draft at FP m	0,42
Draft at AP m	0,341
Draft at LCF m	0,365
Trim (+ve by stern) m	-0,079
WL Length m	5,853
Beam max extents on WL m	2,59
Wetted Area m ²	13,027
Waterpl. Area m ²	12,2
Prismatic coeff. (Cp)	0,775
Block coeff. (Cb)	0,387
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,515
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,805
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,512
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,48
KB m	0,245
KG m	0,42
BMt m	2,646
BML m	11,889
GMt m	2,471
GML m	11,714
KMt m	2,891
KML m	12,133
Immersion (TPc) tonne/cm	0,125
MTc tonne.m	0,033
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,097
Max deck inclination deg	0,5652
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,5652

Tabla 3-27 Resultados RHIB actual rosca

Finalmente se ha calculado la curva de estabilidad de la embarcación en carena. Se han obtenido como resultados un brazo adrizante (par ejercido por la embarcación hacia la banda contraria a la que se escora), y un máximo ángulo de escora correspondiente a ese par:

- $GZ = 0.891$ m
- $\phi = 41.1^\circ$

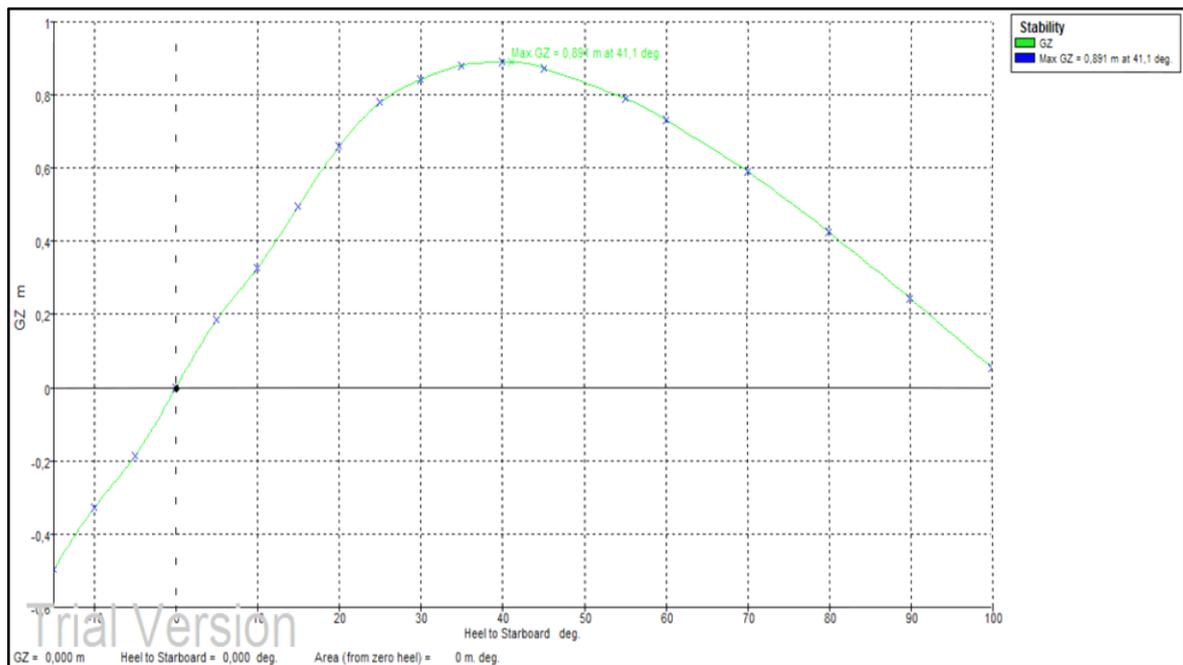


Figura 3-26 Curva Estabilidad RHIB actual rosca

3.7.2.2 Máxima carga

La condición de máxima carga es una situación crítica para la estabilidad del buque, por ello se lleva a cabo un estudio específico. El peso máximo de la embarcación viene definido en la Tabla 3-1 y en el Anexo III. Los elementos y personas embarcados han sido distribuidos a bordo procurando situar el centro de gravedad ligeramente a popa del centro de la embarcación y lo más cerca de crujía posible. El resultado puede observarse en la siguiente tabla:

MAX CARGA					
EQUIPOS	PESO (kg)	Lg	Kg	MI	Mv
12 adultos (75 kg ud)	900	3	0,9	2700	810
Pertrechos personal	480	3	0,6	1440	288
Armamento proa	50	6,02	0,9	301	45
Balsa Salvavidas	110	4,82	0,5	530,2	55
Equipo provisiones	50	1,02	0,4	51	20
Tanque combustible 220L	189	3,77	0,24	712,53	45,36
Otros	821	1,72	0,47	1412,12	385,87
Embarcación en rosca	2250	2,51	0,42	5643,16	954,51
Total	4850	2,64	0,54	12790,01	2603,74

Tabla 3-28 Pesos – CG RHIB actual máxima carga

Como era de esperar el resultado obtenido al calcular la curva de estabilidad en máxima carga de la embarcación varía. El brazo adrizante máximo y el ángulo de escora para alcanzarlo tienen valores inferiores a los calculados anteriormente. Al final del presente apartado se compara el resultado obtenido para la motorización diesel actual y el obtenido con la alternativa híbrida. Los resultados completos del estudio realizado en Maxsurf Stability se encuentran en el Anexo II. No se ha considerado necesario incluirlos todos en este apartado.

- GZ= 0.565 m
- $\phi = 30.4^\circ$

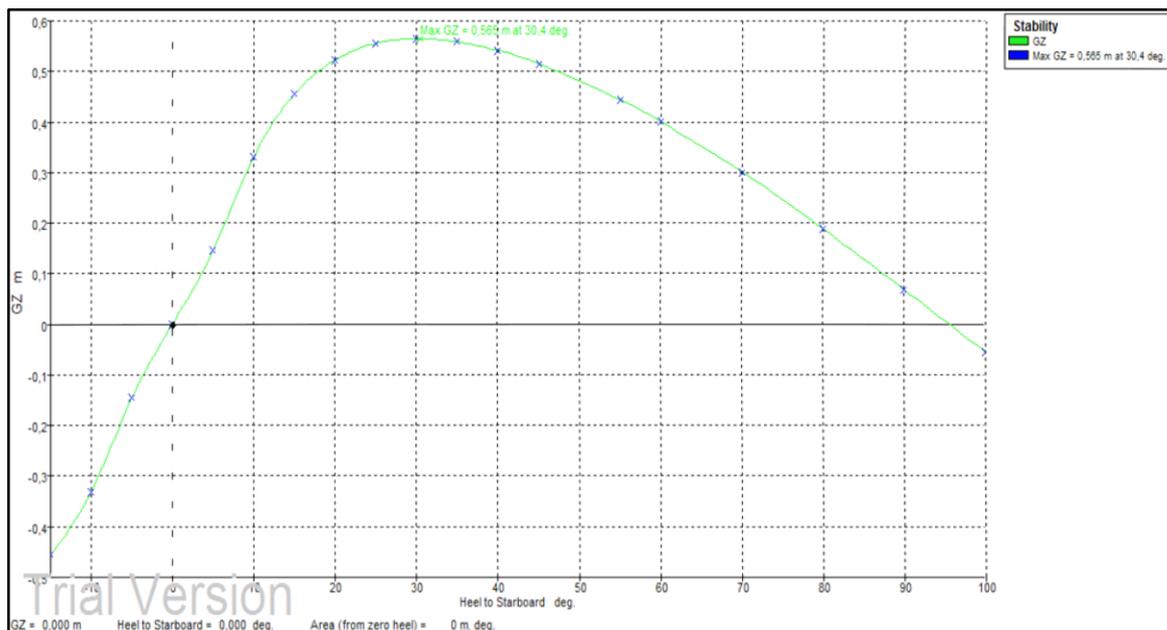


Figura 3-27 Curva Estabilidad RHIB original máxima carga

3.7.2.3 Mínima carga

La condición de mínima carga una situación límite de operación de la embarcación con el menor peso posible a bordo. Esto incluye dos pilotos, ningún pertrecho o peso extra, y 50 litros de combustible. Esta situación en algunas embarcaciones es crítica para su estabilidad, como los grandes veleros donde puede llegar a ser la más crítica, por ello debe ser estudiada. Para ello se han calculado los nuevos centros de gravedad y desplazamientos:

MIN CARGA					
EQUIPOS	PESO (kg)	Lg	Kg	MI	Mv
2 adultos (75 kg ud)	150	1,72	0,9	258	135
Tanque combustible 220L	50	3,77	0,24	188,5	12
Embarcación en rosca	2250	2,51	0,42	5643,16	954,51
Total	2450	2,49	0,45	6089,66	1101,51

Tabla 3-29 Pesos – CG RHIB actual mínima carga

Tras hacer los cálculos precisos se obtienen los resultados recogidos en el Anexo II y puede apreciarse en la curva de estabilidad que esta situación de carga es más estable que máxima carga y similar a rosca.

- $GZ = 0.844 \text{ m}$
- $\phi = 40.7^\circ$

En el siguiente subapartado se analiza si la embarcación con motorización híbrida mantiene estos niveles de estabilidad y seguridad.

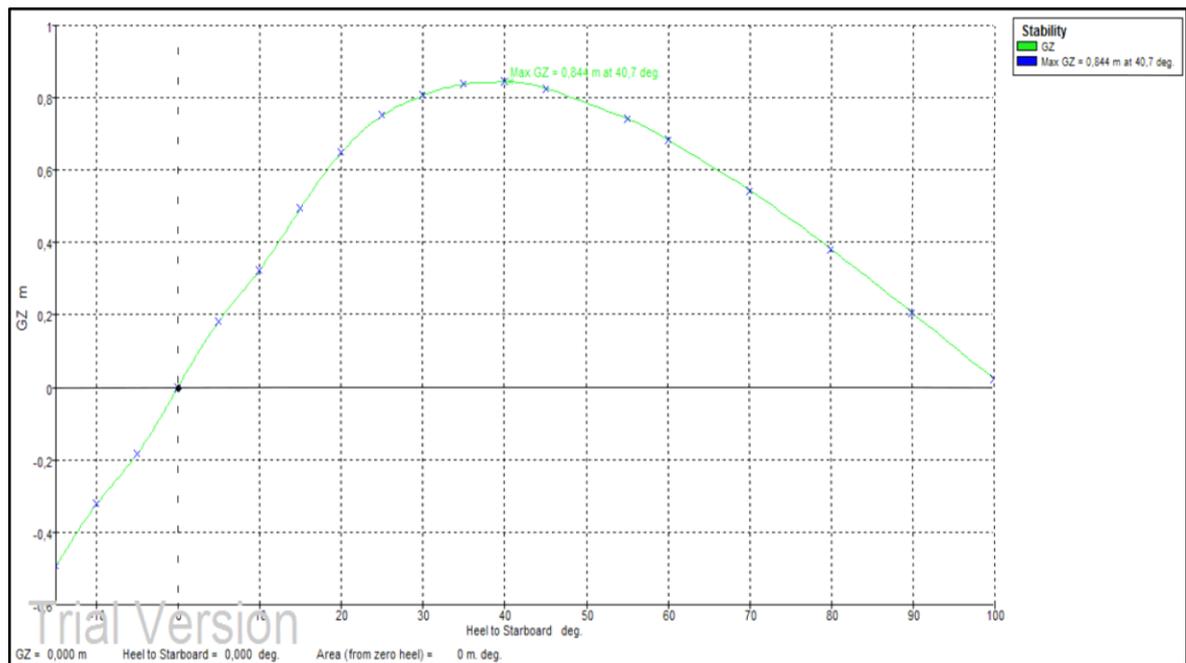


Figura 3-28 Curva Estabilidad original mínima carga

3.7.3 Sistema de propulsión Híbrido-paralelo. Pesos– CG- Curvas Estabilidad.

Una vez finalizado el estudio del sistema actual de propulsión de la lancha semirrígida Duarry Cormorán 730 IB se calcula la estabilidad de la misma embarcación pero con el sistema de propulsión híbrido paralelo seleccionado en apartados anteriores.

Para mejorar la estabilidad de una embarcación debe reducirse en lo posible la altura del CG (KG). Por ello en la distribución de los elementos del nuevo sistema de propulsión se procurará situarlos lo más cercanos a la quilla posible.

Por otro lado, para mejorar el asiento de la RHIB conviene situar los nuevos pesos ligeramente más a popa del CG actual para así corregir cualquier posible asiento a proa existente.

Las baterías son el elemento del sistema de propulsión híbrido que más afecta al cambio de posición del CG, pues el resto de elementos son muy similares en peso y ubicación a los originales de la RHIB. Tras plantearnos varias opciones hemos decidido separar las dos baterías seleccionadas en el anteriormente de forma que el centro de gravedad no se vea muy afectado por su presencia. Una posible ubicación para las mismas es la dispuesta en el Anexo I.

- Una batería se sitúa a proa de la cabina
- La segunda batería se sitúa entre el piloto y el espejo.
- Ambas simétricas respecto la crujía y situadas sobre la cubierta de la pudiéndose instalar un asiento para pasajeros sobre las baterías.

3.7.3.1 Rosca

La siguiente tabla muestra el cálculo realizado para calcular el CG y desplazamiento finales de la embarcación tras la instalación del sistema de propulsión híbrido-paralelo.

EQUIPOS	PESO (kg)	Lg	Kg	MI	Mv
MOTOR STEYR (6 cilindros)	340	2,37	0,4	805,8	136
MOTOR ELÉCTRICO 30KW	75	1,87	0,3	140,25	22,5
JET ALAMARIN 245	95	0,01	0,25	0,95	23,75
BATERÍA I	75	3,63	0,57	272,25	42,75
BATERÍA II	75	0,47	0,57	35,25	42,75
EJE CARDAN 500mm	150	1,27	0,25	190,5	37,5
Batería 12V arranque	35	2,93	0,24	102,55	8,4
RHIB 7.3	1403	2,87	0,47	4026,61	659,41
Total	2248	2,48	0,43	5574,16	973,06

Tabla 3-30 Pesos – CG RHIB híbrida rosca

El desplazamiento final de la embarcación en carena es prácticamente idéntico al original, el centro de gravedad resultante mejora respecto a la situación en rosca de la embarcación original en su coordenada longitudinal pues se acerca al espejo en 3cm pero pierde estabilidad debido al aumento de las distancia KG en 1cm pues no ha sido posible situar los pesos más cerca de la quilla. El incremento de KG es ínfimo y probablemente no suponga un motivo de exclusión de esta planta propulsora.

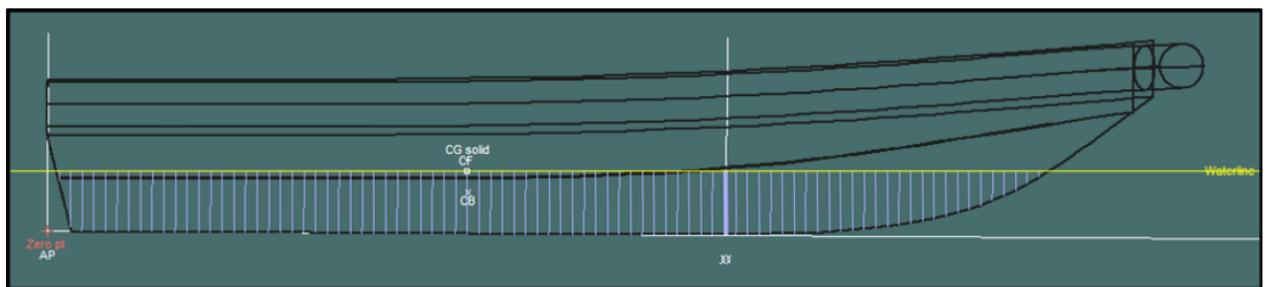


Figura 3-29 CG RHIB híbrida rosca. Maxsurf Stability

Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,374
Displacement t	2,248
Heel deg	0
Draft at FP m	0,401
Draft at AP m	0,348
Draft at LCF m	0,364
Trim (+ve by stern) m	-0,053
WL Length m	5,854
Beam max extents on WL m	2,592
Wetted Area m ²	12,997
Waterpl. Area m ²	12,169
Prismatic coeff. (Cp)	0,777
Block coeff. (Cb)	0,391
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,514
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,802
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,481
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,472
KB m	0,244
KG m	0,43
BMt m	2,637
BML m	11,858
GMt m	2,451
GML m	11,672
KMt m	2,881
KML m	12,102
Immersion (TPc) tonne/cm	0,125
MTc tonne.m	0,033
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,096
Max deck inclination deg	0,379
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,379

Tabla 3-31 Resultados RHIB híbrida rosca

El resultado obtenido de las curvas de estabilidad es como era de esperar algo peor que el original sin embargo la diferencia a penas tendrá ningún efecto práctico sobre la estabilidad de la embarcación.

- $GZ = 0.885$ m
- $\phi = 40.7^\circ$

Frente a los obtenidos en la embarcación original:

- $GZ = 0.891$ m
- $\phi = 41.1^\circ$

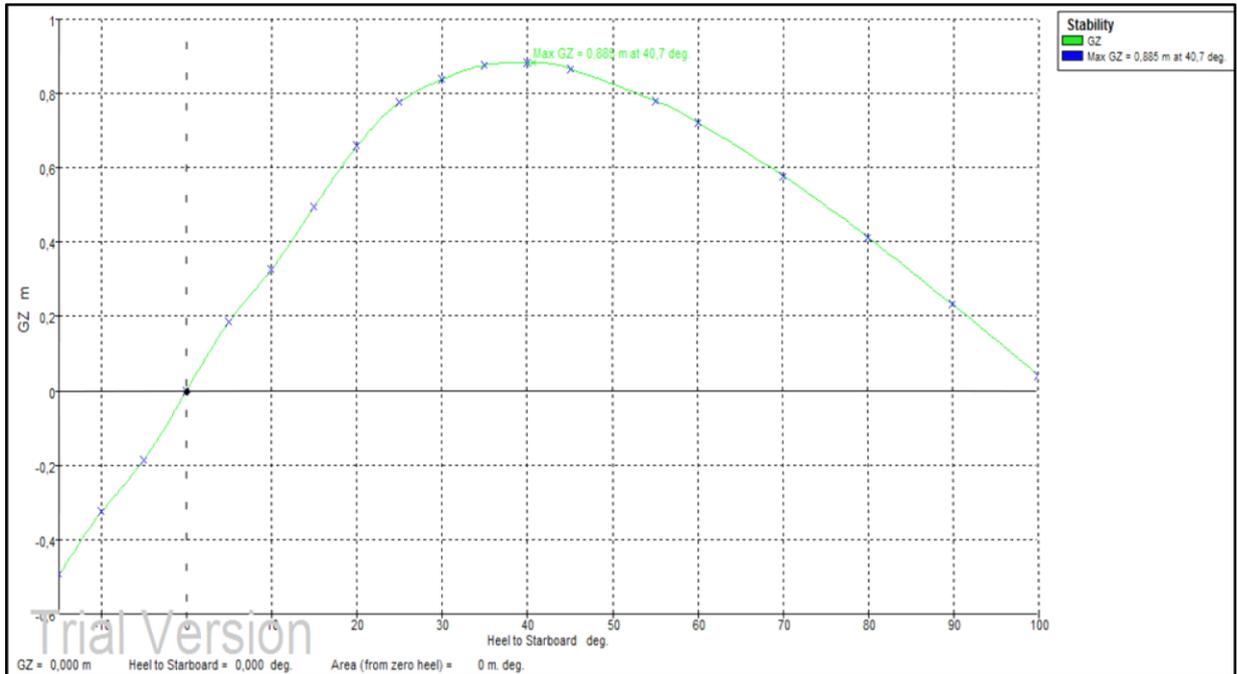


Figura 3-30 Curva Estabilidad RHIB híbrida rosca

3.7.3.2 Máxima carga

La condición de máxima carga incluye los mismos pesos añadidos con los centros de gravedad estudiados en el apartado correspondiente a máxima carga de la embarcación original. Sin embargo se han introducido los pesos y CG de los elementos novedosos.

MAX CARGA					
EQUIPOS	PESO (kg)	Lg	Kg	Ml	Mv
12 adultos (75 kg ud)	900	3	0,9	2700	810
Pertrechos personal	480	3	0,6	1440	288
Armamento proa	50	6,02	0,9	301	45
Balsa Salvavidas	110	4,82	0,5	530,2	55
Equipo provisiones	50	1,02	0,4	51	20
Tanque combustible 220L	189	3,77	0,24	712,53	45,36
Otros	821	1,72	0,47	1412,12	385,87
Embarcación en rosca	2248	2,48	0,43	5574,16	973,06
Total	4848	2,62	0,54	12721,01	2622,29

Tabla 3-32 Pesos - CG RHIB híbrida máxima carga

Tras hacer el estudio de estabilidad de la embarcación con su máxima carga se obtiene:

- GZ= 0.607 m
- $\phi = 31.9^\circ$

Frente a los obtenidos en la embarcación original:

- GZ= 0.565 m
- $\phi = 30.4^\circ$

De nuevo este descenso en el valor tanto del brazo como del ángulo es de pocas dimensiones por lo que no supone una pérdida alarmante de la estabilidad inicial de la embarcación.

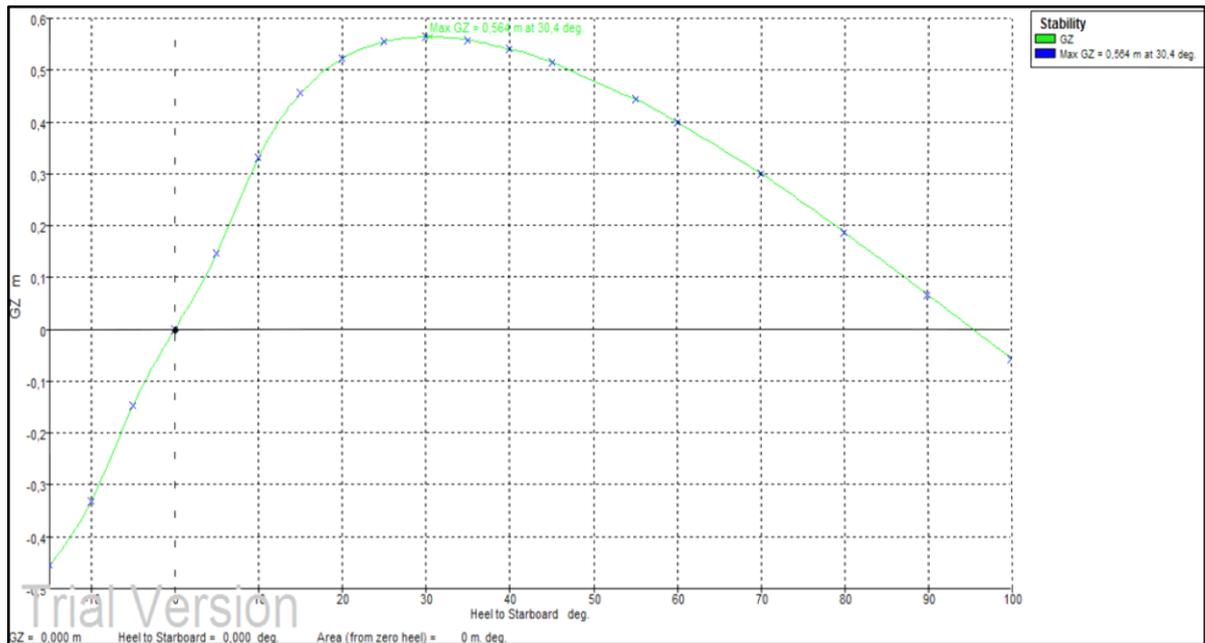


Figura 3-31 Curva Estabilidad RHIB híbrida máxima carga

3.7.3.3 Mínima carga

MIN CARGA					
EQUIPOS	PESO (kg)	Lg	Kg	MI	Mv
2 adultos (75 kg ud)	150	1,72	0,9	258	135
Tanque combustible 220L	50	3,77	0,24	188,5	12
Embarcación en rosca	2248	2,48	0,43	5574,16	973,06
Total	2448	2,46	0,46	6020,66	1120,06

Tabla 3-33 Pesos - CG RHIB híbrida mínima carga

El estudio de estabilidad en mínima carga finaliza tras calcular las curvas de estabilidad con los siguientes valores:

- GZ= 0.837 m
- $\phi = 40.4^\circ$

Muy similares a los de la embarcación original:

- GZ= 0.844 m
- $\phi = 40.7^\circ$

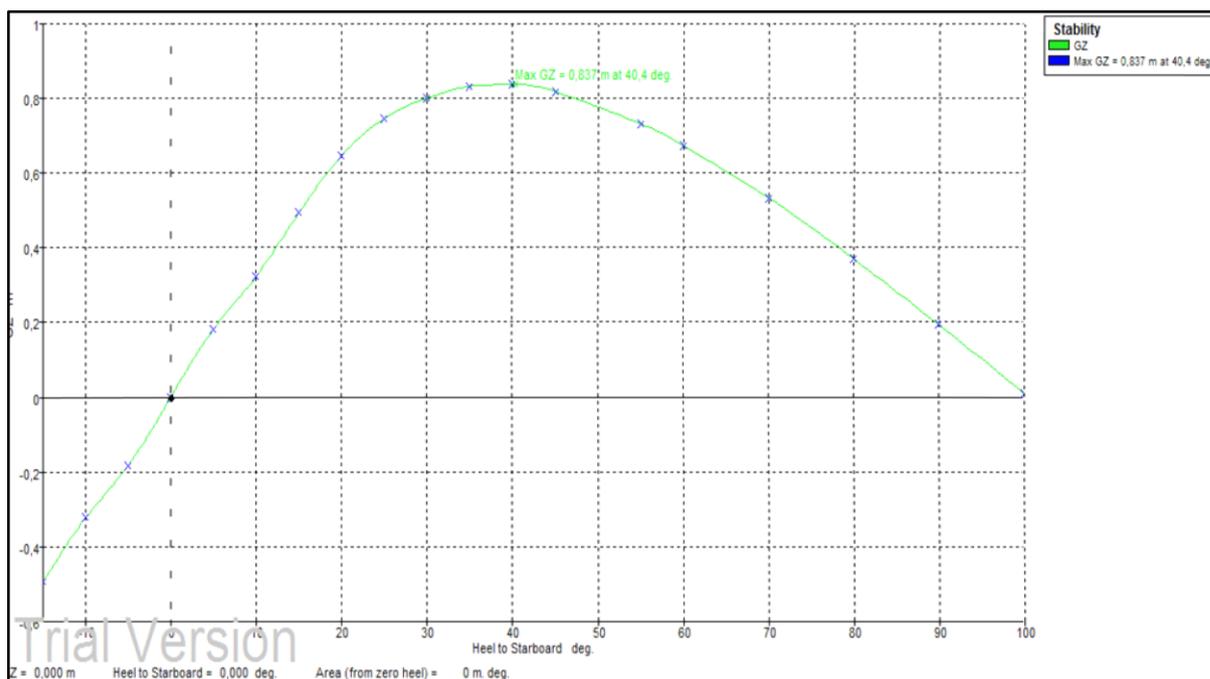


Figura 3-32 Curva Estabilidad RHIB híbrida mínima carga

3.7.4 Comparación de ambas situaciones

Para finalizar se comparan los resultados obtenidos dando como buena la estabilidad final del sistema de propulsión híbrido seleccionado para la RHIB Duarry Cormorán.

	Condición	W	LG	KG
PROPULSIÓN DIESEL	CARENA	2250	2,508	0,424
	MAX CARGA	4850	2,637	0,537
	MIN CARGA	2450	2,486	0,450
PROPULSIÓN HÍBRIDA	CARENA	2248	2,480	0,433
	MAX CARGA	4848	2,624	0,541
	MIN CARGA	2448	2,459	0,458

Tabla 3-34 Comparación estabilidad RHIB original-híbrida CG Y Desplazamiento

La Tabla 3-34 Comparación estabilidad RHIB original-híbrida, contiene un resumen del resultado final de estabilidad de la embarcación tras instalar una planta de propulsión híbrida en lugar de la actual propulsión diesel:

- El desplazamiento en rosca apenas varía.
- La coordenada horizontal del centro de gravedad se traslada una pequeña distancia a popa. Este cambio no afecta en gran medida a la estabilidad, simplemente dota a la semirrígida de un mayor asiento a popa en situación estática, lo cual es beneficioso.
- La coordenada vertical del centro de gravedad sube aproximadamente un centímetro de media. Este desplazamiento se debe principalmente a las baterías. Sería un desplazamiento perjudicial para la estabilidad de la embarcación en caso de tratarse de una elevación de mayor distancia del CG. Pero en este caso la variación de par de adrizamiento máximo y ángulo de escora apenas se ven afectados.

	Condición	MAX GZ (m)	ϕ
PROPULSIÓN DIESEL	CARENA	0.891	41.1°
	MAX CARGA	0.565	30.4°
	MIN CARGA	0.844	40.7°
PROPULSIÓN HÍBRIDA	CARENA	0.885	40.7°
	MAX CARGA	0.607	31.9°
	MIN CARGA	0.837	40.4°

Tabla 3-35 Comparación estabilidad RHIB original-híbrida ϕ y GZ

Las variaciones de los máximos brazos adrizantes y ángulos de escora máximos son muy reducidos por lo que **la embarcación tiene una estabilidad satisfactoria al instalarle la planta de propulsión híbrida.**

3.8 Análisis de propulsión híbrida en la RHIB Cormorán. Instalación sistema híbrido de propulsión.

En este apartado se estudia el proceso de instalación del Alamarín-jet en un casco de RHIB. El primer paso consiste en el acoplamiento de la plantilla de montaje. Ésta tiene un conducto de admisión de agua y una superficie sobre la que se instala el jet como se puede apreciar en la figura:

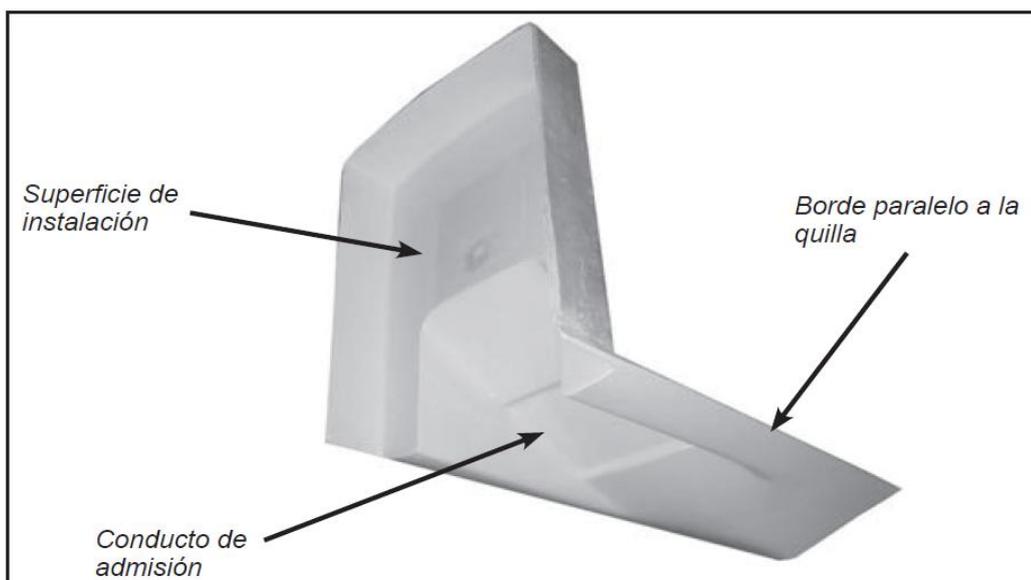


Figura 3-33 Plantilla de Montaje

Para ello, debe hacerse un orificio en el casco como el mostrado en la siguiente imagen.

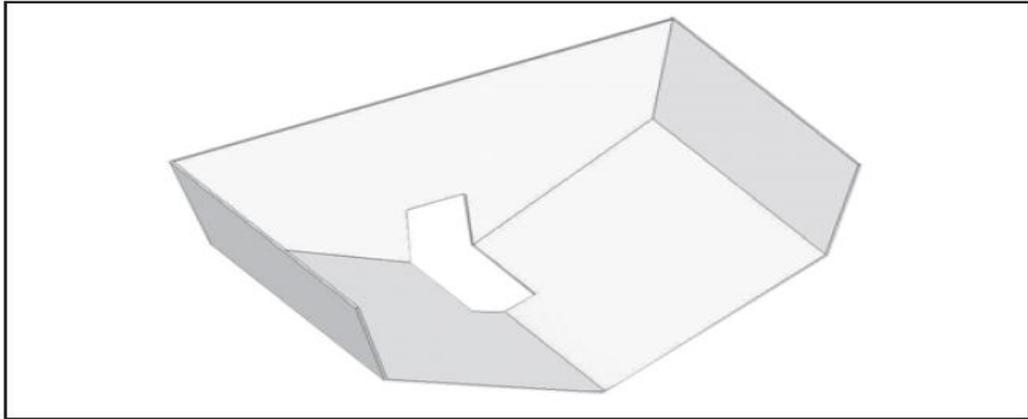


Figura 3-34 Orificio practicado en la RHIB

A continuación, se instala la plantilla en el orificio de forma que estén al mismo nivel que la sección inferior de la embarcación y el extremo de la plantilla debe quedar paralelo a la quilla.

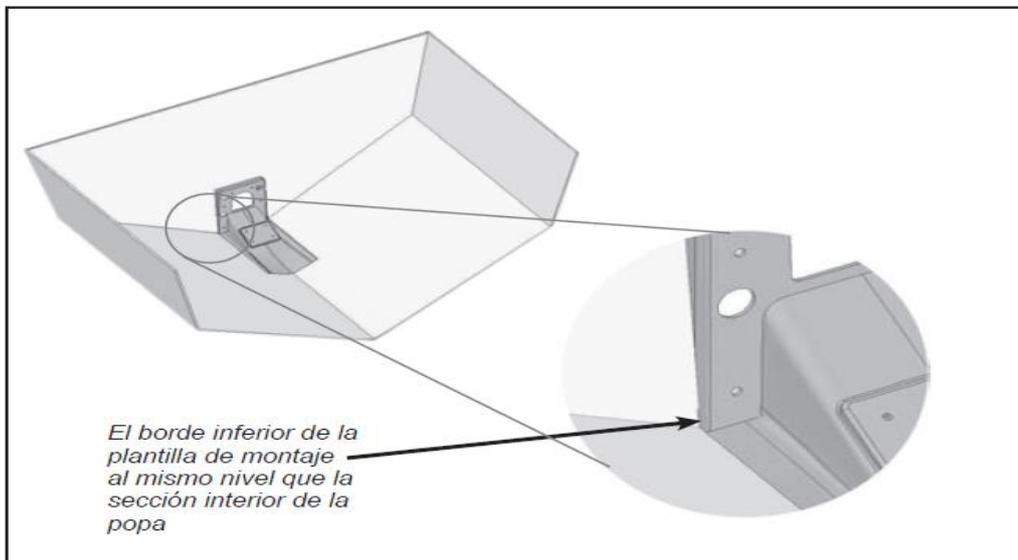


Figura 3-35 Instalación de plantilla en orificio

Por último, se instala el Alamarín-jet sobre la plantilla

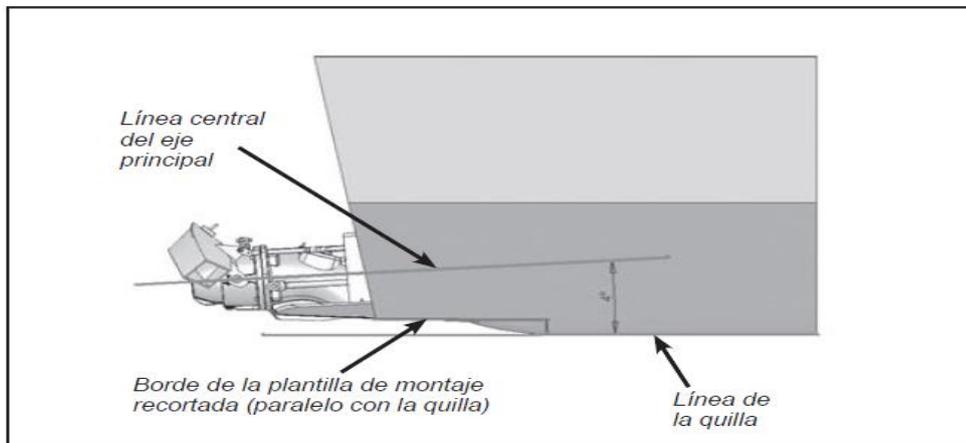


Figura 3-36 Disposición final del jet.

4 RESULTADOS / VALIDACIÓN / PRUEBA

El presente Capítulo tiene por objeto resumir los resultados obtenidos en el Capítulo 3. Se dividen en los siguientes apartados:

- Resultados de la comparación entre híbrido serie y paralelo
- Resultados de dimensionamiento sistema híbrido (Potencia de entrada)
- Resultados de estabilidad

4.1 Resultados comparación entre híbrido serie y paralelo

En este apartado se selecciona la planta de propulsión híbrida paralelo como la más conveniente para las RHIB de la Armada debido a su capacidad de funcionar en modo diésel a cualquier régimen de velocidades, es decir, sin estar limitado su uso por la autonomía de las baterías.

	Autonomía Baja Velocidad	Autonomía Alta Velocidad
Planta eléctrica	Limitada por baterías	Limitada por baterías
Planta híbrido serie	Limitada por diésel	Limitada por baterías
Planta híbrido paralelo	Limitada por diésel	Limitada por diésel

Tabla 4-1. Comparación serie- paralelo

4.2 Curvas de potencia y dimensionamiento del sistema de propulsión

El resultado de este apartado es la elección de cada uno de los elementos del sistema de propulsión a partir de la *potencia de entrada* teórica calculada para diferentes regímenes de velocidad. A continuación se dividen los resultados en planeo (motor diésel) y semiplaneo (motor eléctrico): El jet se estudia en la situación de mayo demanda de potencia (30kts).

PLANEEO	Velocidad Máxima= 30 KTS
Potencia entrada teórica calculada	172 KW
Potencia motor Diésel SE266E40	190 KW
Potencia Máxima Alamarín-jet 245	240 KW

Tabla 4-2 Potencia y dimensionamiento Steyr diésel y Alamarín

SEMIPLANEIO	Potencia entrada teórica Steyr Eléctrico
Velocidad= 6 KTS	30 KW
Velocidad= 8 KTS	47 KW
Velocidad= 10 KTS	107 KW
Potencia mantenida motor eléctrico Steyr	30 KW
Potencia máxima (1min) motor eléctrico Steyr	60 KW

Tabla 4-3 Potencia y dimensionamiento Steyr eléctrico

El dimensionamiento del banco de baterías es un paso importante de este proyecto, pues es el elemento más pesado, caro y novedoso que tiene el sistema de propulsión híbrido. El banco más adecuado para la aplicación objeto de estudio es:

Parámetros	EST200 50 1050
Nº baterías	2 paralelo
Peso	150 kg
Volumen	177 L
Coste	21.000 €
Autonomía 30KW	34 min
Autonomía 7KW	144 min
Potencial	52 V

Tabla 4-4 Resumen Batería EST200 50 1050

4.3 Resultados de estabilidad

Una vez seleccionados los distintos elementos del sistema diésel-eléctrico se instalan en la RHIB obteniendo los siguientes resultados de estabilidad comparados con los que tenía la misma embarcación con el sistema tradicional de propulsión:

	Híbrido Paralelo Rosca	Embarcación Original Rosca
Desplazamiento	2248 kg	2250 kg
KG	0,433 m	0,424 m
LG	2,48 m	2,508 m
GZ	0,885 m	0,891 m
ϕ	40,7°	41,1°

Tabla 4-5 Resultados Estabilidad

El estudio del resultado de estabilidad concluye afirmando que no supone ningún problema la instalación del sistema híbrido de propulsión diseñado en los anteriores apartados.

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

El presente capítulo contiene las conclusiones obtenidas durante el desarrollo del trabajo y también recoge posibles líneas futuras de avance.

5.1 Conclusiones

Como ya se ha expuesto anteriormente la propulsión híbrida diésel-eléctrica se ha impuesto para muchos tipos de buques, fundamentalmente cruceros de pasaje y actividades extractivas de petróleo y gas. Incluso en la Armada Española la mayoría de las nuevas unidades incorporan este sistema de propulsión. Sin embargo, esta implantación no es tan evidente como para generalizarla en pequeñas embarcaciones, en particular las semirrígidas de la Armada.

Las principales conclusiones obtenidas del estudio de instalación del sistema de propulsión híbrido paralelo en una embarcación tipo Duarry Cormorán 730IB se pueden concretar en:

- El sistema puede ser instalado sin demasiados problemas de estabilidad en la embarcación, pues el exceso de peso de las baterías se ve compensado en gran medida por el ahorro de peso del motor híbrido de nueva generación frente al motor original de combustión diésel.
- El coste de un sistema de propulsión híbrido, es elevado puesto que para pequeñas potencias es un producto en fase de lanzamiento, no ha alcanzado su madurez.
- El volumen necesario para alojar las baterías a bordo sacrifica en gran medida las capacidades de carga de la embarcación.
- El ahorro de combustible que este sistema de propulsión supone no alcanza un valor significativo en términos económicos pues el desembolso inicial que supone la planta de propulsión híbrida es elevado.

Por consiguiente, la instalación del modelo de propulsión elegido en una embarcación de pequeño porte es practicable, si bien no siempre son claras las ventajas. En el momento actual sólo puede estar justificado si existen importantes necesidades operativas que atender: será viable y conveniente en embarcaciones en las cuales se aproveche alguna de las ventajas que ofrece.

Así pues, la pregunta que debemos formularnos es: ¿qué ventajas ofrece esta planta propulsora y en qué casos estaría justificado el elevado desembolso y el incremento de volumen y peso que supone este modelo en una RHIB de la Armada? A la primera cuestión, y de manera resumida, este trabajo ha dado respuesta afirmando que la propulsión diésel-eléctrica permite:

- La capacidad de operar silenciosamente a bajas velocidades.
- La reducción de la firma térmica debido al motor eléctrico.

- La reducción de emisiones de gases contaminantes al medio (en modo eléctrico la cantidad de gases emitidos es nula y en modo diésel la mayor eficiencia del sistema de propulsión se traduce en un ahorro de combustible y por tanto menores emisiones al medio).
- Mayor eficiencia traducida en ahorro de combustible.
- Mayor par de potencia a bajas revoluciones.

En consecuencia, se concluye que este sistema de propulsión híbrido puede tener aplicación en el momento actual en los siguientes escenarios:

- Embarcaciones de Operaciones Especiales en las cuales el silencio es un factor de elevada importancia.
- Embarcaciones de Operaciones Especiales en misiones nocturnas en las que interesa ser indetectable frente a visores térmicos, aprovechando la baja firma de calor del motor eléctrico.
- Embarcaciones a bordo de Buques de Investigación Oceanográfica, Buque Escuela Juan Sebastián de Elcano, incluso otros buques de la Armada que frecuentan zonas protegidas en las que la emisión de gases contaminantes está, o estará próximamente, restringida por la ley (la Antártida, los Fiordos Noruegos, los Canales Patagónicos, etc.).
- Embarcaciones que realiza la mayor parte de su labor a bajas velocidad o donde se requiera un elevado par de potencia a baja velocidad, como es el que proporciona un motor eléctrico. Por ejemplo, las embarcaciones auxiliares de los Buques Hidrográficos.

5.2 Líneas futuras

Es de prever que el intenso esfuerzo de I+D desarrollado la última década en torno a la industria del automóvil dará pronto sus frutos con la obtención de una forma más económica y eficaz de almacenar la energía eléctrica, bien sea mediante baterías con nuevas tecnologías o materiales como el grafeno, pilas de combustible, etc. Esto permitirá reducir el precio y el peso, factor crítico este último en pequeñas embarcaciones de escaso desplazamiento, y hará más eficiente el empleo de este sistema de propulsión.

A medida que vayan surgiendo estas innovaciones y madurando las tecnologías, el uso de la propulsión eléctrica e híbrida se irá imponiendo en diferentes tipos de plataformas navales, incluidas las embarcaciones semirrígidas.

Como posibles líneas futuras de investigación se propone:

- Re-motorización de buques con propulsiones obsoletas que sean poco eficientes o que tengan un nivel de emisiones inaceptable. Hay que considerar, además, que la propulsión híbrida supone en la mayoría de los casos un aumento de prestaciones y operatividad de las unidades.
- Estudios similares al presente que vayan incorporando las nuevas tecnologías que surgirán en un futuro cercano.
- Propulsión híbrida con pilas de combustibles y ayuda de energía solar para vehículos USV de gran autonomía.

6 BIBLIOGRAFÍA

En esta sección figurarán todas las referencias, sean recursos web, libros, artículos, etc., incluyendo la información de autores, título de la obra, nombre de la publicación, año, edición y enlace más fecha de último acceso en el caso de referencias a recursos online.

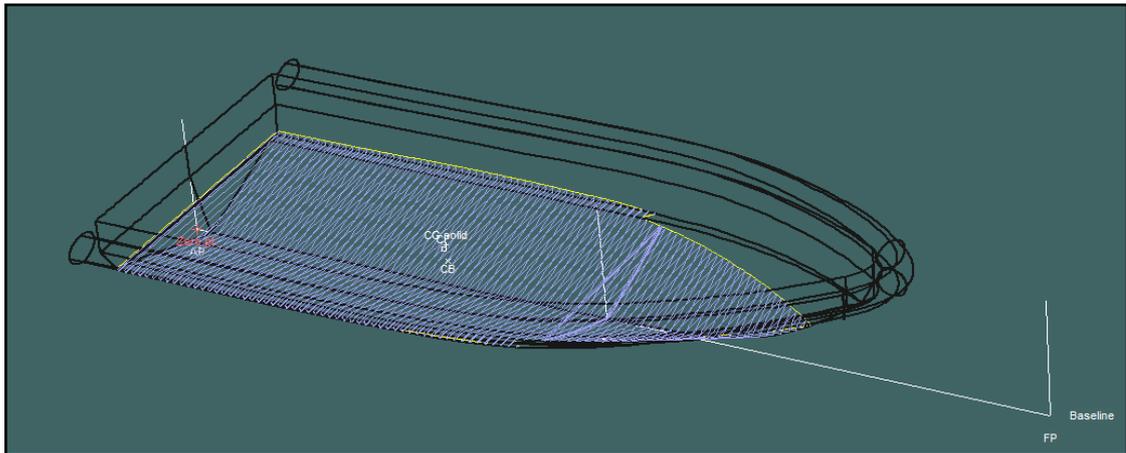
- [1] REDACCION, «ONE MAGAZINE. SEGURIDAD NACIONAL,» 28 ENERO 2016. [En línea]. Available: <http://www.onemagazine.es/nacional-defensa-fragata-numancia-salva-inmigrantes-armada>. [Último acceso: 23 FEBRERO 2016].
- [2] El Mundo, «El Mundo - Ciencia,» 15 Febrero 2008. [En línea]. Available: <http://www.elmundo.es/elmundo/2008/02/13/ciencia/1202918122.html>. [Último acceso: 17 Febrero 2016].
- [3] ORGANIZACIÓN MARÍTIMA INTERNACIONAL, «OMI - Prevención de la contaminación atmosférica ocasionada por los buques,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Air-Pollution.aspx>. [Último acceso: Febrero 2016].
- [4] Notas de Prensa - Medioambiente, «Parlamento Europeo en Portada,» 28 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://www.europarl.europa.eu/news/es/news-room/20150424IPR45728/Nuevas-normas-sobre-notificaci%C3%B3n-de-las-emisiones-de-CO2-de-las-embarcaciones>. [Último acceso: 1 Febrero 2016].
- [5] HYMAR, «Meeting Notes METS,» Amsterdam, 2011.
- [6] Torquedo, «Torquedo,» [En línea]. Available: <http://www.torquedo.com/es/t%C3%A9cnica-y-medio-ambiente/performance-and-efficiency.html>. [Último acceso: 17 Febrero 2016].
- [7] Armada Española, «Armada Española,» [En línea]. Available: http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/conocenos_especiales/prefLang_en/06_aniversarios--09_xx-annos-campanna-antartica--02_tratado--022_compromisos_es#. [Último acceso: 17 Febrero 2016].
- [8] «British Pathé - News In A Nutshell Normandie Recaptures... 1937,» 2016. [En línea]. Available: <http://www.britishpathe.com/video/news-in-a-nutshell-normandie-recaptures-the-blue>. [Último acceso: 10 Febrero 2016].
- [9] Siemens SISHIP, "Industrial Siemens Marine," 2016. [Online]. Available:

- <http://www.industry.siemens.com/verticals/global/en/marine/Pages/marine.aspx>. [Accessed 20 Febrero 2016].
- [10] «Armada Española,» [En línea]. Available: http://www.armada.mde.es/ArmadaPortal/page/Portal/ArmadaEspañola/buques_superficie/prefLang_es/. [Último acceso: 2016 Febrero 25].
- [11] D. J. Ollero, «El primer ferry eléctrico del mundo,» *El Mundo*, 15 Junio 2015.
- [12] L. Piñeiro, «Un astillero reconocido a nivel mundial,» *El Faro de Vigo*, 10 Febrero 2013.
- [13] L. Piñeiro, «Tapias encarga a Barreras un "off-shore" para recoger residuos de plataformas petrolíferas,» *El Faro de Vigo*, 11 Febrero 2011.
- [14] «Híbridos y eléctricos,» 02 Julio 2015. [En línea]. Available: <http://www.hibridosyelectricos.com/articulo/actualidad/abb-premiado-sistema-propulsion-electrica-naval/20150702154847009724.html>. [Último acceso: 20 Enero 2016].
- [15] Fischer Panda Diesel Electric, "Solar Navigator," [Online]. Available: http://www.solarnavigator.net/fischer_panda_diesel_electric.htm. [Accessed 20 Enero 2016].
- [16] Enjoy relaxed cruising with the new Fischer Panda Electric Motor, «Fischer Panda,» [En línea]. Available: http://www.fischerpanda.de/enjoy_relaxed_crusing_with_the_new_fischer_panda_electric_motor.htm. [Último acceso: 25 Febrero 2016].
- [17] «Solomon Technologies,» [En línea]. Available: <http://www.solomontechnologies.com/>. [Último acceso: 25 Febrero 2016].
- [18] «Rolls Royce,» [En línea]. Available: <http://www.rolls-royce.com/~media/Files/R/Rolls-Royce/documents/customers/marine/hybrid-electric-propulsion-systems.pdf>. [Último acceso: 22 Enero 2016].
- [19] N. Calder, "Marine Hybrids Come of Age," *Professional Boat Builder*, pp. 30-32, 2010.
- [20] *Beneteau Parallel Hybrid Marine Drive*. [Film]. Valence Technology Videos, 2011.
- [21] «Torqeedo - Productos - Baterías,» Torqeedo, [En línea]. Available: <http://www.torqeedo.com/es/productos/bater%3%ADas>. [Último acceso: Enero 2016].
- [22] «Movilidad eléctrica,» 28 Abril 2015. [En línea]. Available: <http://movilidadelectronica.com/precio-baterias/>. [Último acceso: 27 Enero 2016].
- [23] J. L. Avilés, «El grafeno, en datos: ¿Revolución o humo?,» *El Confidencial*, 20 Julio 2015.
- [24] Grabat, «Movilidad Eléctrica - Datos técnicos de las baterías de Grabat,» 06 Febrero 2016. [En línea]. Available: <http://movilidadelectronica.com/datos-tecnicos-de-las-baterias-de-grabat/>. [Último acceso: 28 Febrero 2016].
- [25] STANAG 1453 ML&RAS HOISTING ARRANGEMENTS FOR SEA-BOATS ON BOARD WARSHIPS, 2005.
- [26] ALFLOT, D-CP-09, 2015.
- [27] ALFLOT, D-AF-01(A), 2014.

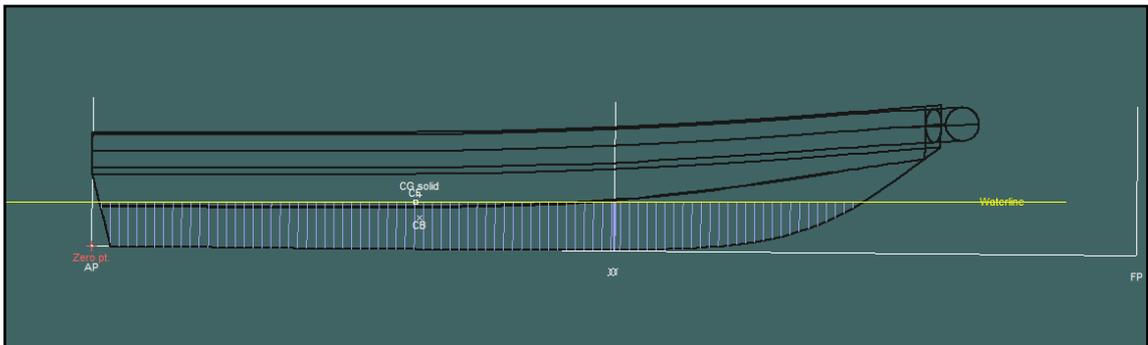
- [28] K. BLOMBERG, Conceptual Study of a USV for the, Estocolmo, 2014.
- [29] Steyr, "Steyr Motors - Marine Diesel Engines," 2016. [Online]. Available: <http://www.steyr-motors.com/marine-diesel-engines/>. [Accessed Enero 2016].
- [30] STEYR, "STEYR MOTORS - FULL HYBRID PROPULSION SYSTEM - DIESEL AND ELECTRIC," 2016. [Online]. Available: <http://www.steyr-motors.com/marine-diesel-engines/2-4-and-6-cylinder/full-hybrid-propulsion-system-diesel-and-electric/>. [Accessed Febrero 2016].
- [31] «AutoSolar - Esquema Conexión Baterías,» 2016. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/blog/tecnica/item/353-esquema-de-conexion-de-las-baterias-estacionarias-12v-24v-y-48v>. [Último acceso: 2 Marzo 2016].
- [32] ABB Marine , «ABB Marine,» 2016. [En línea]. Available: <http://new.abb.com/marine>.

ANEXO II: RESULTADOS MAXSURF STABILITY:

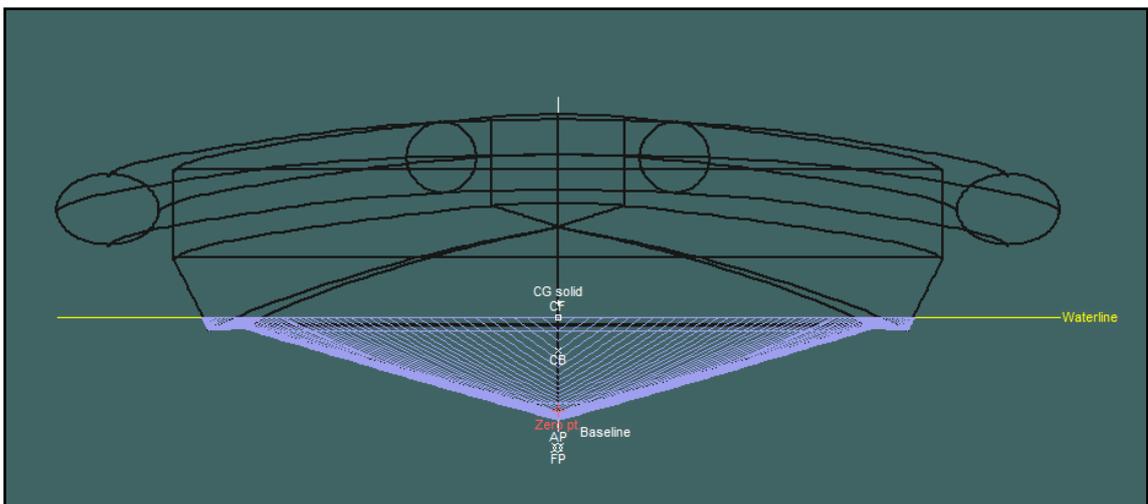
ANEXO II.I CARENA RHIB ACTUAL



CG RHIB Actual carena



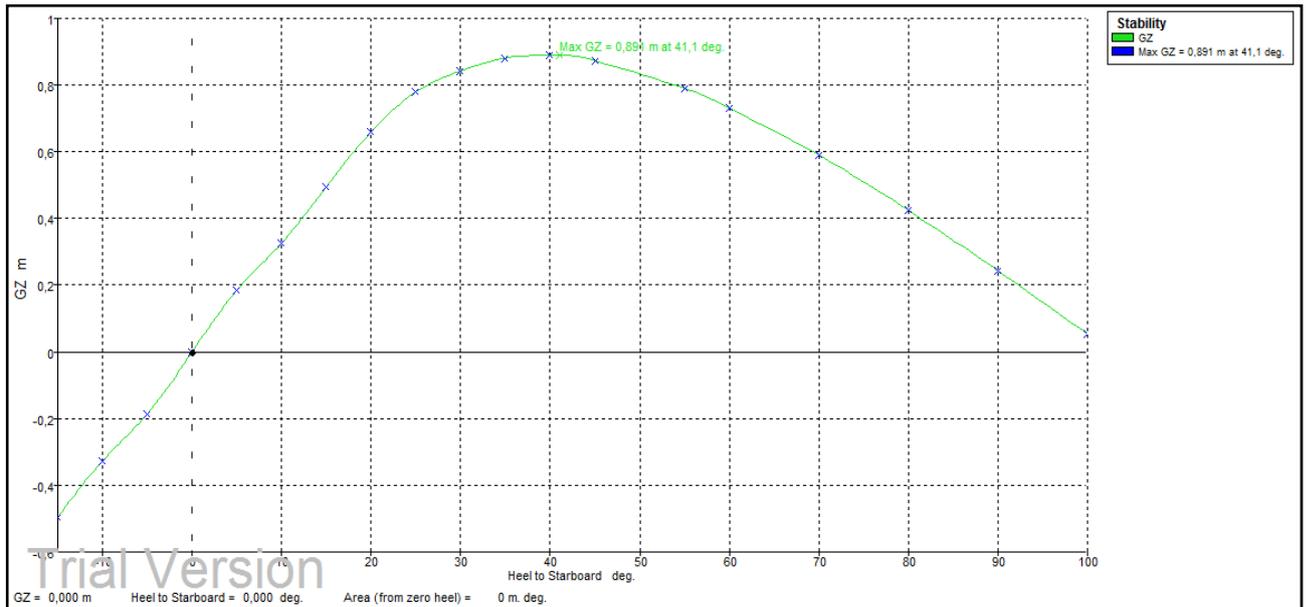
CG RHIB Actual carena



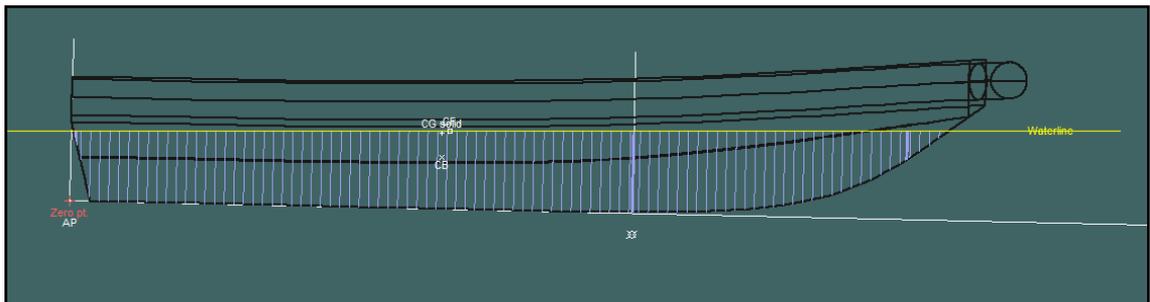
CG RHIB Actual carena

Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,38
Displacement t	2,25
Heel deg	0
Draft at FP m	0,42
Draft at AP m	0,341
Draft at LCF m	0,365
Trim (+ve by stern) m	-0,079
WL Length m	5,853
Beam max extents on WL m	2,59
Wetted Area m ²	13,027
Waterpl. Area m ²	12,2
Prismatic coeff. (Cp)	0,775
Block coeff. (Cb)	0,387
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,515
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,805
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,512
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,48
KB m	0,245
KG m	0,42
BMt m	2,646
BML m	11,889
GMt m	2,471
GML m	11,714
KMt m	2,891
KML m	12,133
Immersion (TPc) tonne/cm	0,125
MTc tonne.m	0,033
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,097
Max deck inclination deg	0,5652
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,5652

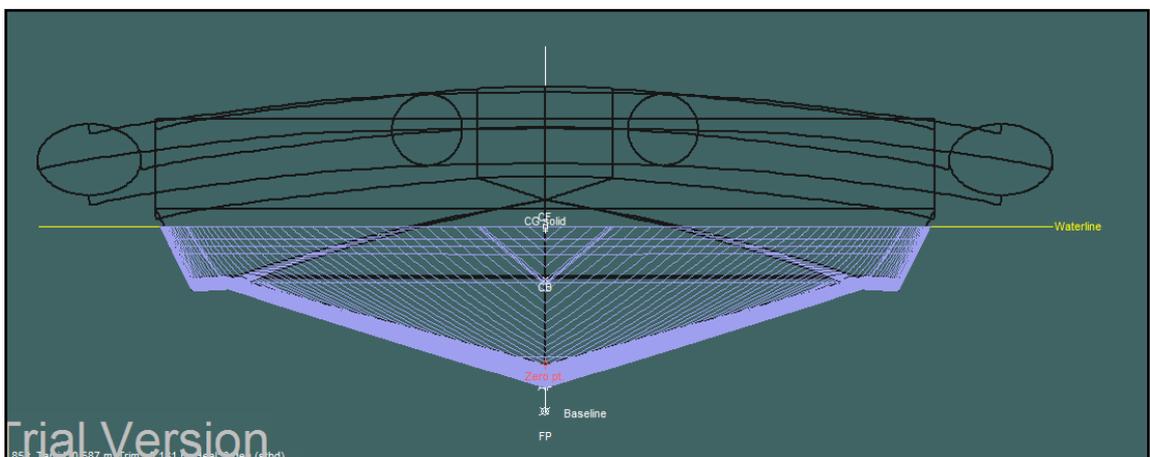
Resultados condición actual estabilidad carena



ANEXO II.II MÁXIMA CARGA RHIB ACTUAL



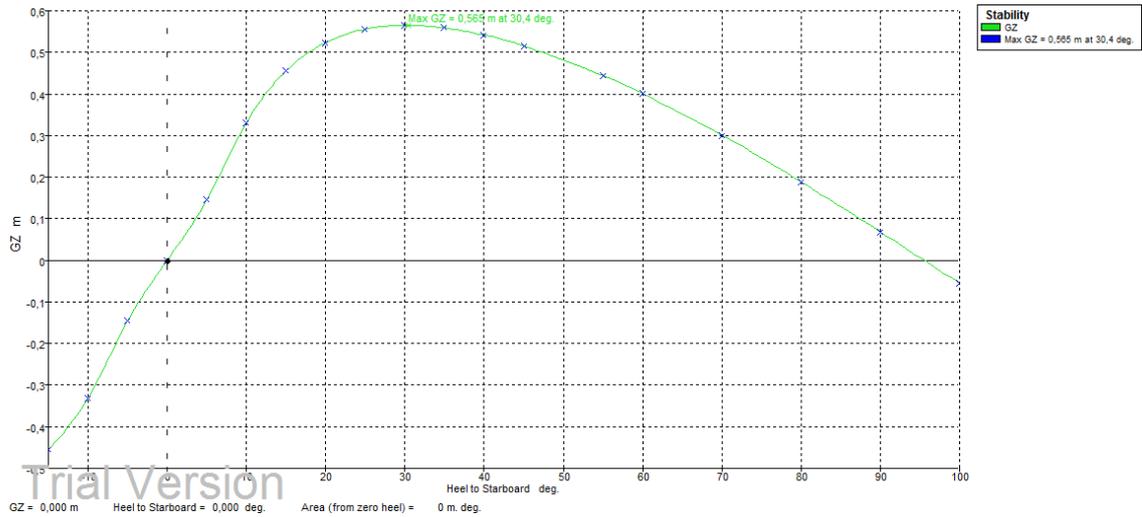
CG RHIB Actual máxima carga



CG RHIB Actual máxima carga

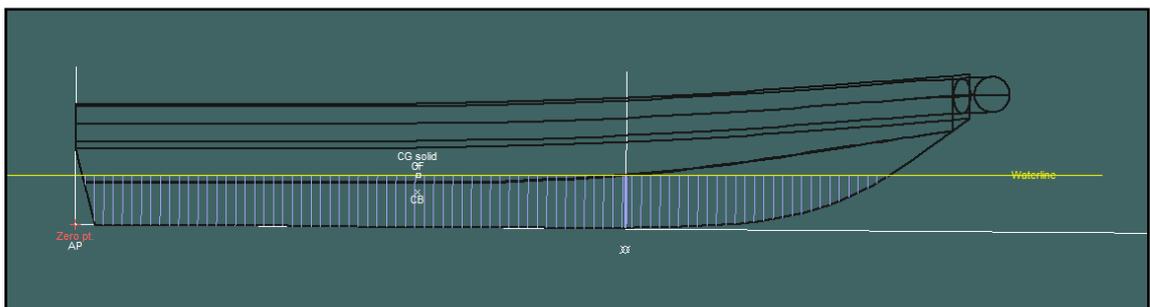
Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,587
Displacement t	4,85
Heel deg	0
Draft at FP m	0,677
Draft at AP m	0,497
Draft at LCF m	0,558
Trim (+ve by stern) m	-0,181
WL Length m	6,233
Beam max extents on WL m	2,767
Wetted Area m ²	16,518
Waterpl. Area m ²	14,494
Prismatic coeff. (Cp)	0,764
Block coeff. (Cb)	0,472
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,643
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,84
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,644
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,693
KB m	0,364
KG m	0,54
BMt m	1,709
BML m	7,752
GMt m	1,533
GML m	7,576
KMt m	2,072
KML m	8,114
Immersion (TPc) tonne/cm	0,149
MTc tonne.m	0,046
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,13
Max deck inclination deg	1,293
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,293

Resultados condición actual estabilidad máxima carga

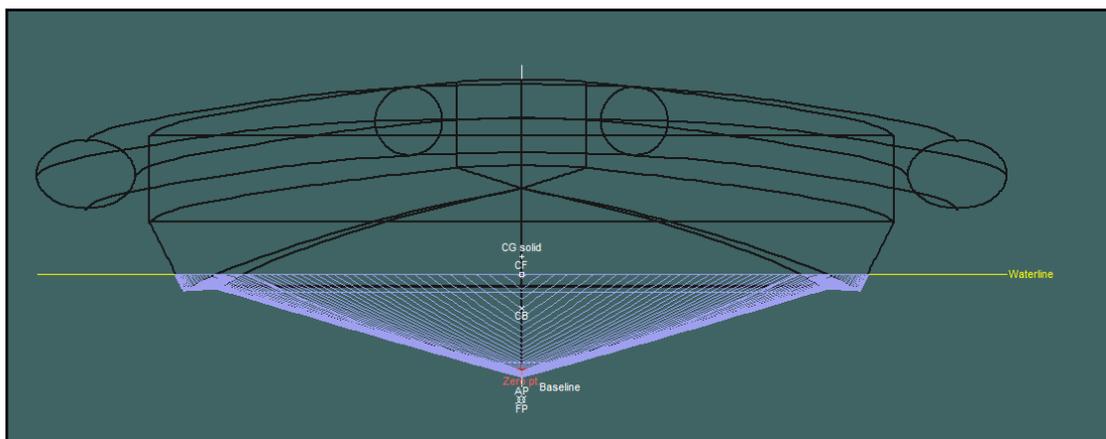


Curva Estabilidad RHIB actual mínima carga

ANEXO II.III MÍNIMA CARGA RHIB ACTUAL



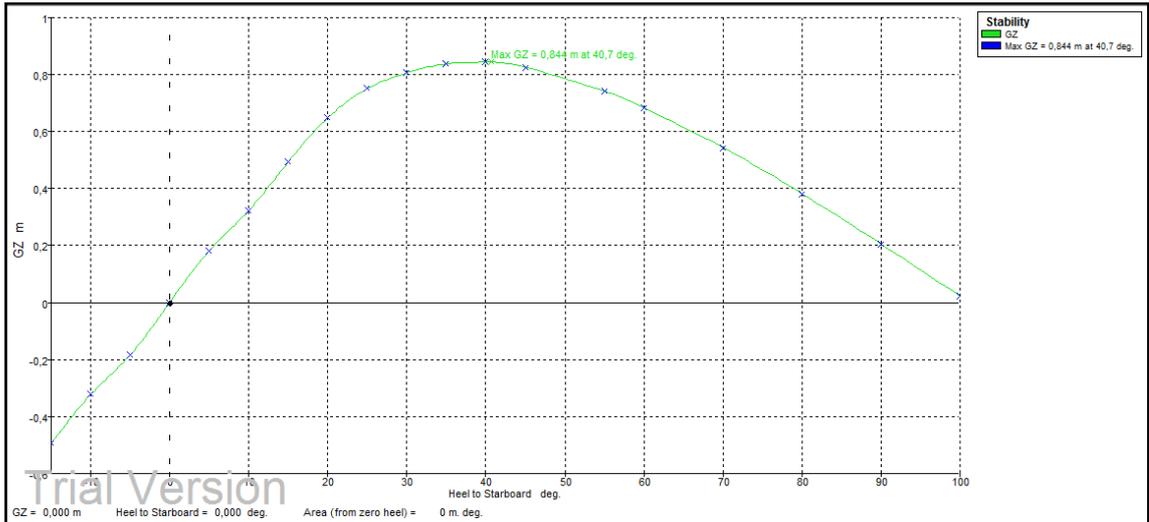
CG RHIB Actual mínima carga



CG RHIB Actual mínima carga

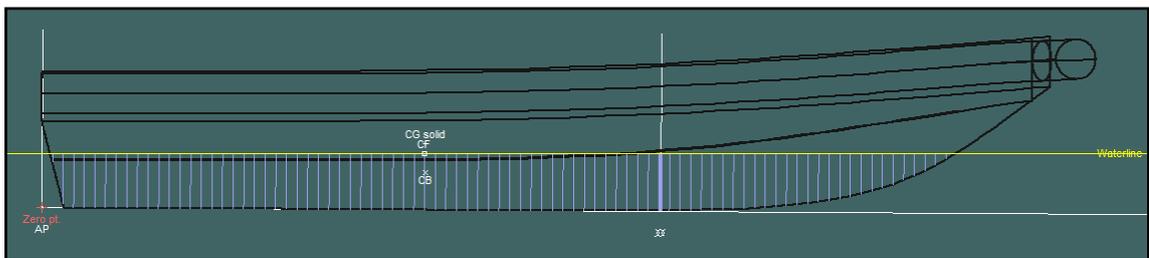
Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,393
Displacement t	2,45
Heel deg	0
Draft at FP m	0,426
Draft at AP m	0,361
Draft at LCF m	0,381
Trim (+ve by stern) m	-0,066
WL Length m	5,874
Beam max extents on WL m	2,607
Wetted Area m ²	13,332
Waterpl. Area m ²	12,402
Prismatic coeff. (Cp)	0,775
Block coeff. (Cb)	0,402
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,532
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,81
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,491
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,494
KB m	0,255
KG m	0,45
BMt m	2,521
BML m	11,21
GMt m	2,326
GML m	11,015
KMt m	2,776
KML m	11,465
Immersion (TPc) tonne/cm	0,127
MTc tonne.m	0,034
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,099
Max deck inclination deg	0,469
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,469

Resultados condición actual estabilidad mínima carga



Curva Estabilidad RHIB actual mínima carga

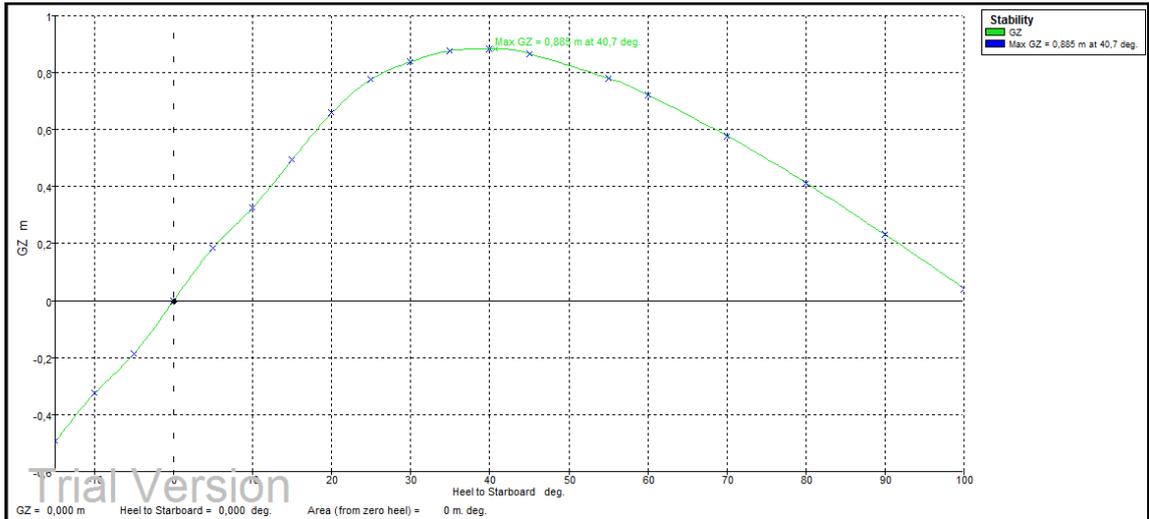
CARENA RHIB HÍBRIDA



CG RHIB Híbrida carena

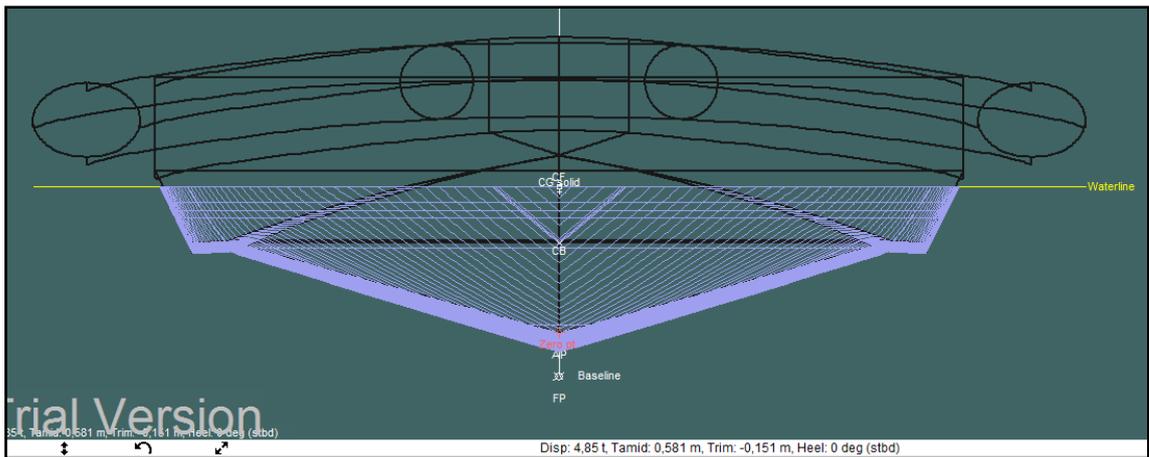
Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,374
Displacement t	2,248
Heel deg	0
Draft at FP m	0,401
Draft at AP m	0,348
Draft at LCF m	0,364
Trim (+ve by stern) m	-0,053
WL Length m	5,854
Beam max extents on WL m	2,592
Wetted Area m ²	12,997
Waterpl. Area m ²	12,169
Prismatic coeff. (Cp)	0,777
Block coeff. (Cb)	0,391
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,514
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,802
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,481
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,472
KB m	0,244
KG m	0,43
BMt m	2,637
BML m	11,858
GMt m	2,451
GML m	11,672
KMt m	2,881
KML m	12,102
Immersion (TPc) tonne/cm	0,125
MTc tonne.m	0,033
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,096
Max deck inclination deg	0,379
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,379

Resultados RHIB híbrida estabilidad carena



Curva Estabilidad RHIB híbrida carena

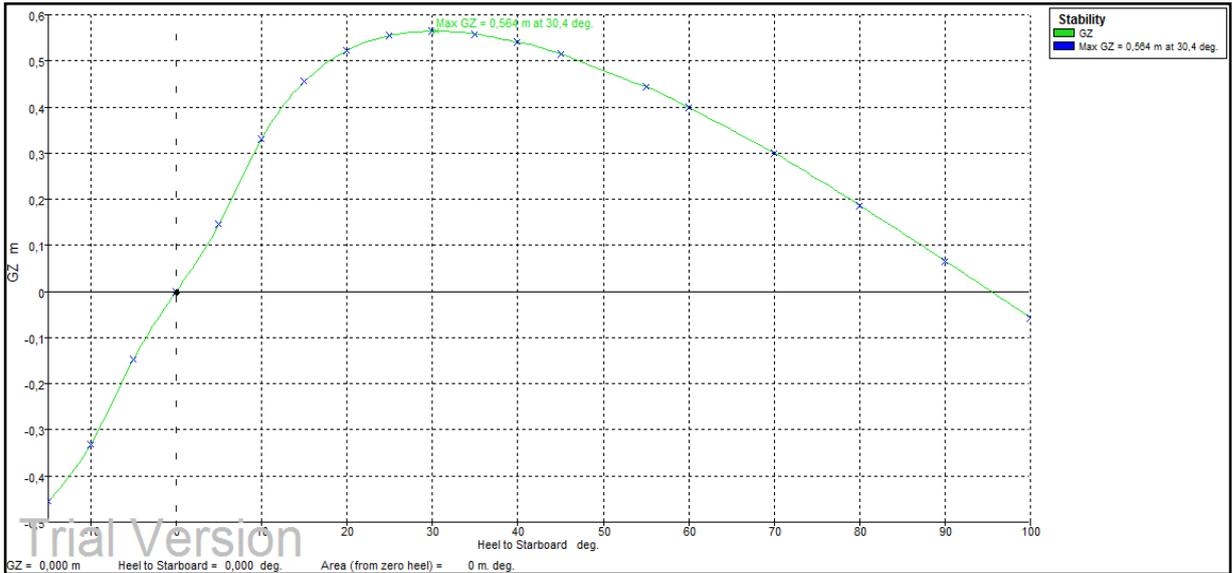
MÁXIMA CARGA RHIB HÍBRIDA



CG RHIB Híbrida máxima carga

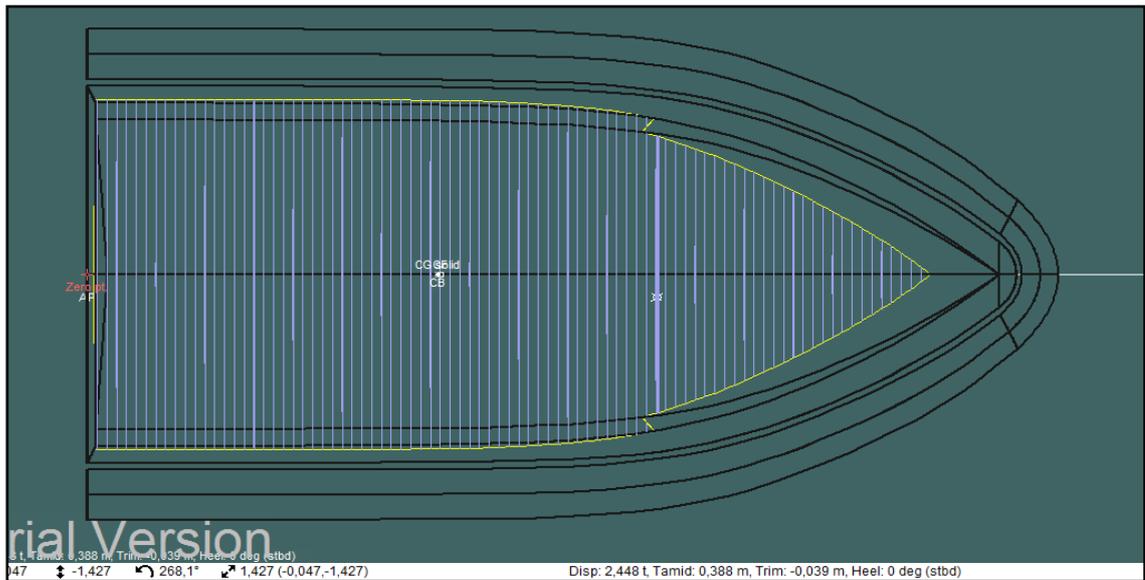
Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,581
Displacement t	4,85
Heel deg	0
Draft at FP m	0,656
Draft at AP m	0,506
Draft at LCF m	0,556
Trim (+ve by stern) m	-0,151
WL Length m	6,234
Beam max extents on WL m	2,768
Wetted Area m ²	16,512
Waterpl. Area m ²	14,492
Prismatic coeff. (Cp)	0,767
Block coeff. (Cb)	0,477
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,643
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,84
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,623
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,687
KB m	0,363
KG m	0,54
BMt m	1,711
BML m	7,744
GMt m	1,534
GML m	7,567
KMt m	2,073
KML m	8,105
Immersion (TPc) tonne/cm	0,149
MTc tonne.m	0,046
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,13
Max deck inclination deg	1,078
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,078

Resultados RHIB híbrida estabilidad máxima carga



Curva Estabilidad RHIB híbrida máxima carga

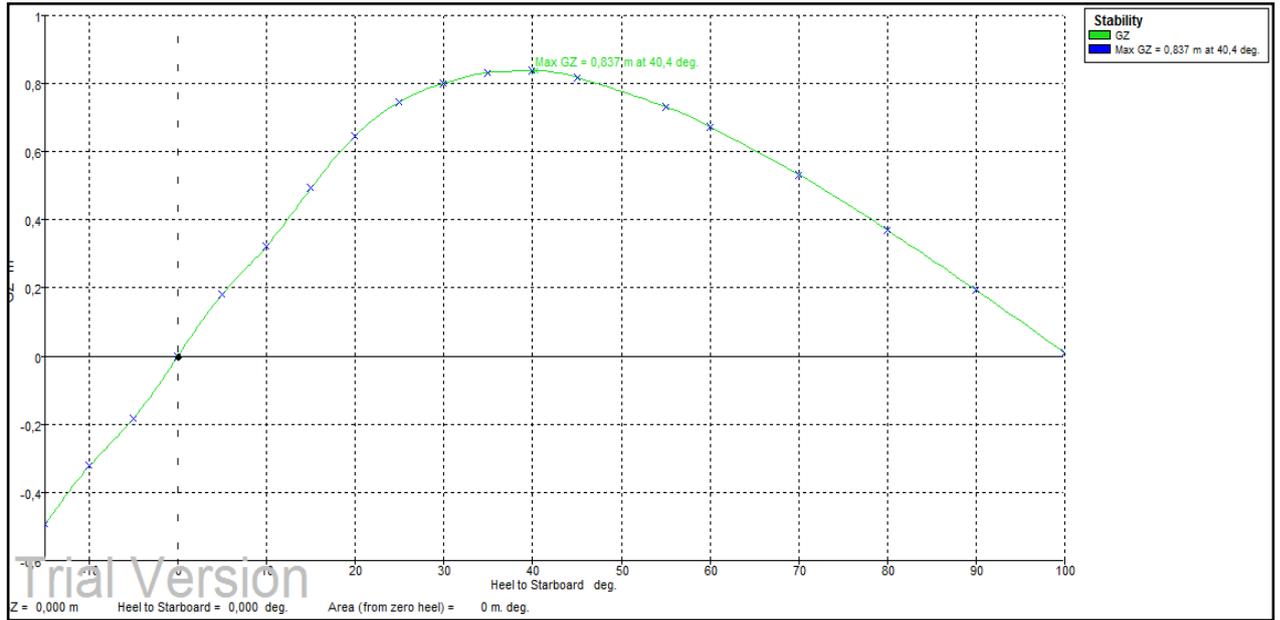
MÍNIMA CARGA RHIB HÍBRIDA



CG RHIB Híbrida Mínima Carga

Descripción	Valor
Draft Amidships m	0,388
Displacement t	2,448
Heel deg	0
Draft at FP m	0,407
Draft at AP m	0,368
Draft at LCF m	0,38
Trim (+ve by stern) m	-0,039
WL Length m	5,874
Beam max extents on WL m	2,61
Wetted Area m ²	13,307
Waterpl. Area m ²	12,377
Prismatic coeff. (Cp)	0,776
Block coeff. (Cb)	0,406
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,532
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,807
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	2,461
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	2,486
KB m	0,254
KG m	0,46
BMt m	2,516
BML m	11,184
GMt m	2,31
GML m	10,979
KMt m	2,77
KML m	11,438
Immersion (TPc) tonne/cm	0,127
MTc tonne.m	0,034
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	0,099
Max deck inclination deg	0,2778
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,2778

Resultados RHIB híbrida estabilidad mínima carga



Curva Estabilidad RHIB híbrida mínima carga

ANEXO III MANUAL TÉCNICO DUARRY CORMORÁN 730

CORMORAN 730 I B



2. CARACTERÍSTICAS GENERALES

TIPO Y SERVICIO DE LA EMBARCACION

Embarcación semirrígida de recreo construida en serie, con casco laminado en monolítico con proa lanzada, propulsada por un motor central de 250 hp.

La embarcación está provista de una consola central donde se encuentra los mandos de la embarcación e instrumentos de navegación.

La embarcación está diseñada para navegar en Cat.B “En Alta Mar”.

Categoría B: Embarcaciones diseñadas para viajes en alta mar, en los que pueden encontrarse vientos de hasta fuerza 8 y olas de altura significativa de hasta 4 metros.

CARACTERÍSTICAS TECNICAS

Eslora del casco rígido (m)	:	6.40
Eslora total (m)	:	7.30
Manga del casco (m)	:	2
Manga Total (m)	:	2.80
Puntal total con flotadores (m)	:	1.15
Diámetro de los flotadores (m)	:	0.55
Nº de compartimentos	:	7
Desplazamiento en rosca (Kg.)	:	2250
Desplazamiento máximo (Kg.)	:	4850
Máxima Carga (Kg.)	:	2600
Depósito para combustible	:	1 capacidad 220 litros
Tipo de combustible	:	gas-oil
Nº de válvulas de inflado	:	7
Nº máximo de personas	:	12
Presión de servicio flotador	:	113 gr. /cm ² (0,1152 bar.)

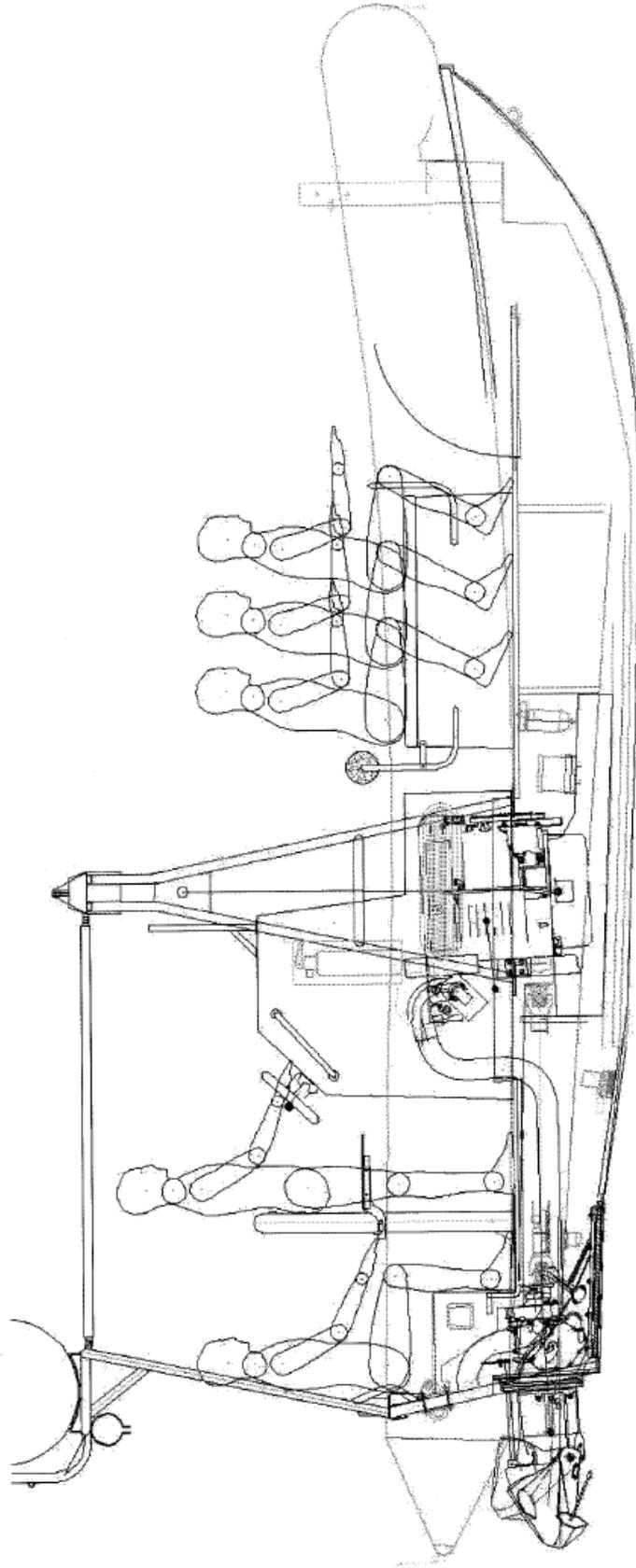
(*) Carga máxima incluye:

- Tripulación (12 personas adultos a 75 Kg. cada uno, el nº de personas se puede aumentar cuando se embarcan niños correspondiendo 37.5 Kg. por niño, pero nunca sobrepasando la masa total equivalente a 12 personas adultas.)
- Balsa salvavidas = 110 Kg.
- Equipo opcional, provisiones: 50 Kg.
- 220 lts de combustible = 189 Kg.



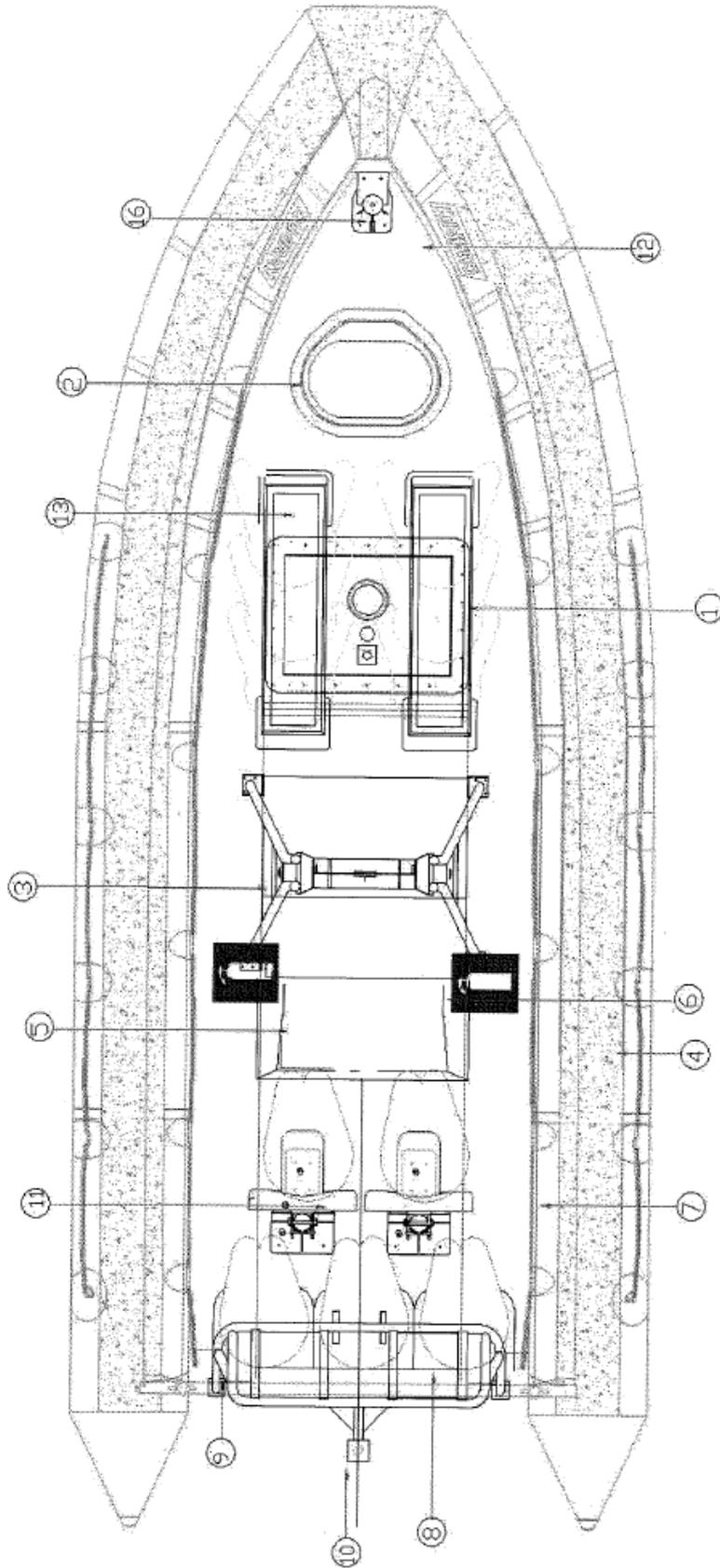
Σ Α Σ Ε Μ Α Ρ

ANEXO 1: Plano perfil





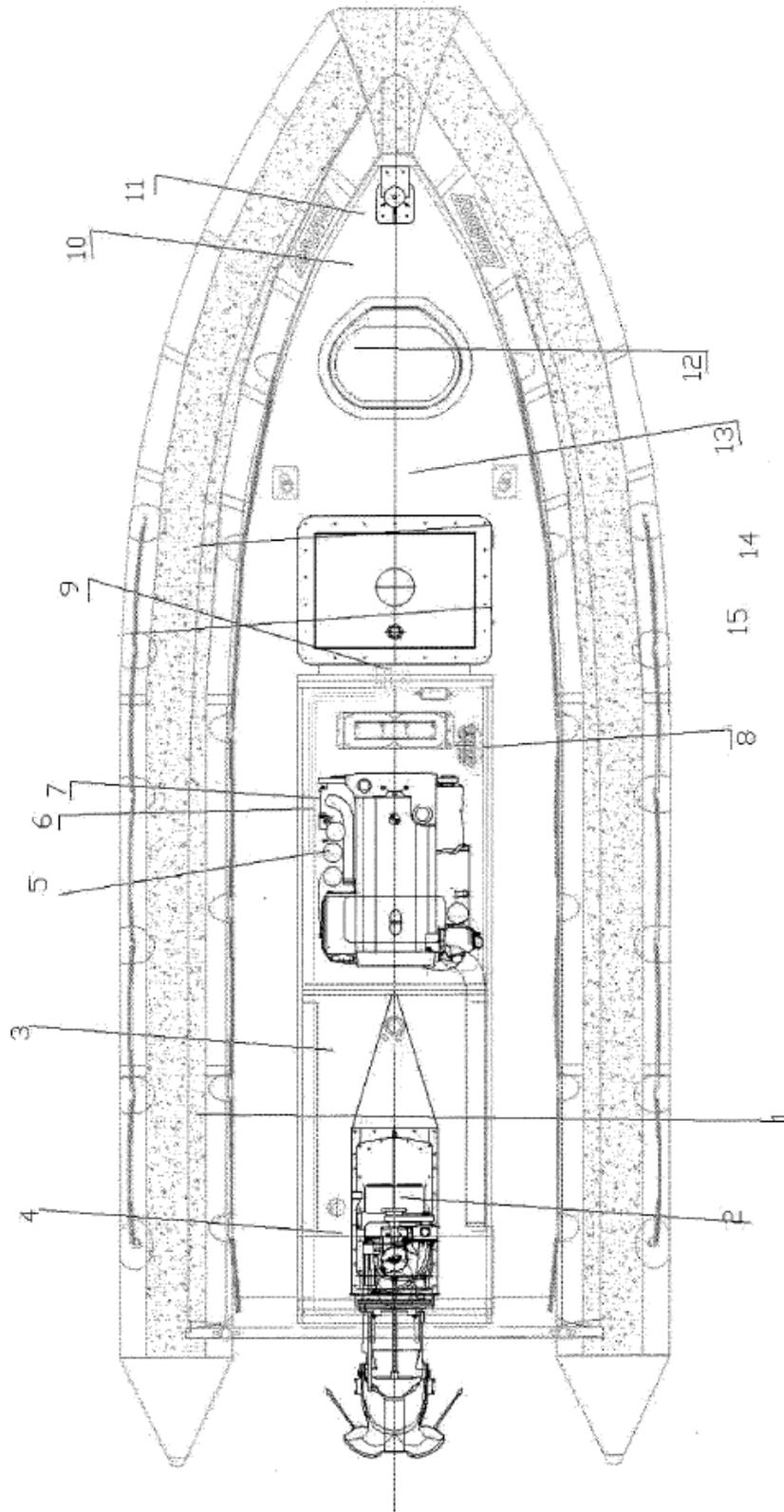
ANEXO 2: Plano de Planta



- 1. Tanque de Combustible: Aluminio (220 lts)
- 2. Escotilla de aluminio
- 3. Concomas izado
- 4. Guirnalda perimetral
- 5. Instrumentos encastrados en consola
- 6. Extintor Portal CO2
- 7. Caba de seguridad
- 8. Sistema de autoadrizamiento

- 9. Antena
- 10. Luz de top
- 11. Respaldo piloto
- 12. Escalon proa
- 13. Jockey seat
- 14. Bita proa
- 15. Soporte reflector radar

ANEXO 3: Sistema de combustible



- 1. Tubo de escape
- 2. Eje cardan
- 3. Toma agua mar
- 4. Water jet HJ 241
- 5. Línea de suministro combustible
- 6. Línea de retorno combustible
- 7. Filtro agua mar

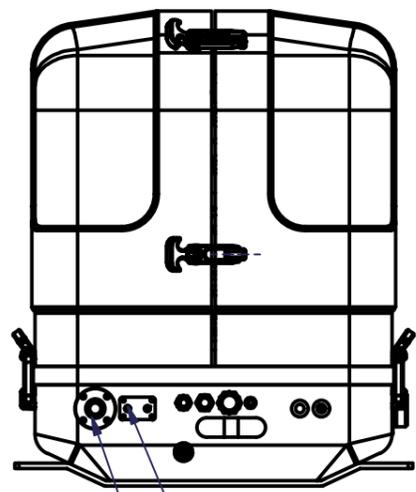
- 8. Filtro de combustible
- 9. Yálvula
- 10. Depósito sobrellenado y toma de combustible
- 11. Ventilación depósito
- 12. Tubería llenado
- 13. Tubería de retorno
- 14. Tanque 220 lts aluminio
- 15. Aforador tanque

ANEXO IV: FISCHER PANDA PMS25I MANUAL TÉCNICO

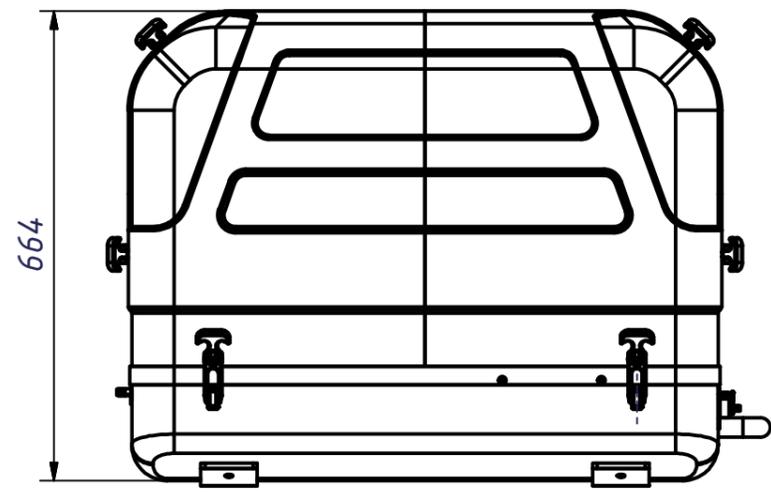
6 5 4 3 2 1

D

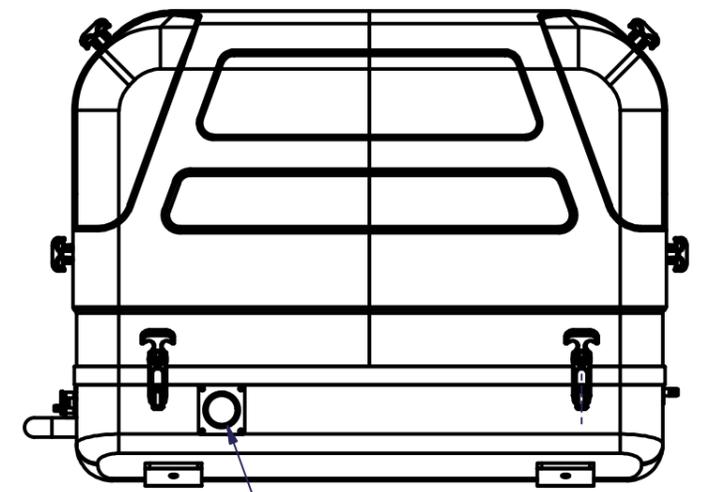
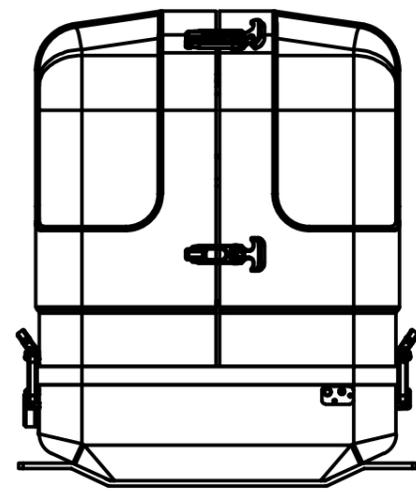
D



Kraftstoff Ø8
Fuel connections Ø8
Seewasser Ein Ø3/4"
Sea water In Ø3/4"



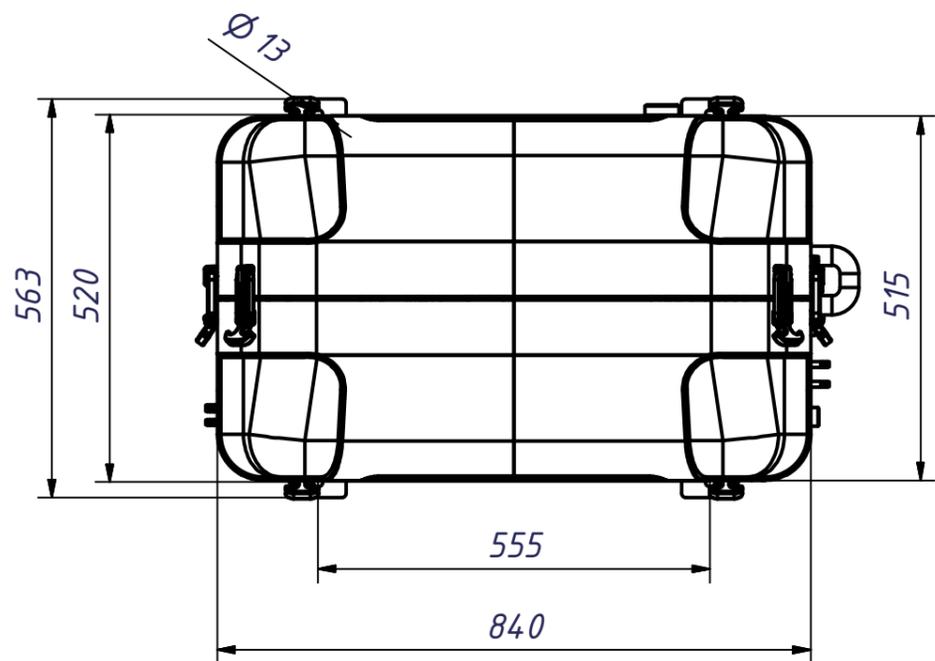
664



Abgas Ø50 / 1 1/2"
Exhaust Ø50 / 1 1/2"

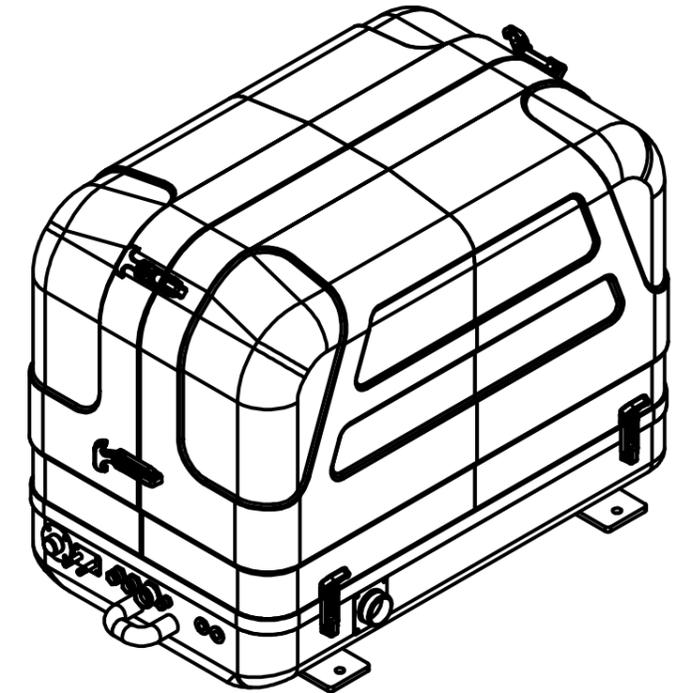
C

C



B

B



A

A

Verkaufsunterlagen, Änderungen vorbehalten

Fischer Panda®

Fischer Panda GmbH Otto-Hahn-Str. 40 D-33104 Paderborn Tel.: 05254/9202-0
Fax (05254) 9202-550 info@fischerpanda.de www.fischerpanda.de

Maßstab: 1 : 10 Gewicht: 220 kg

Material: 3D-Nr: FP2-057465
Art.-Nr.: 03.05.01.028P Vers.:

P25i PMS GFK 3DS 230V 50Hz

	Datum	Name
Bearbeiter	08.01.2014	jschaefers
letzte Freigabe		
erste Freigabe		

Allgemeintoleranzen nach
DIN ISO 2768-mk
Schutzvermerk nach
DIN 34 beachten !

Zeichnungs Nr. FP1-031578	Version	Blatt
		1 / 1
Ersatz für	Ersetzt durch	A3

Zust.	Änderungen	Datum	Name	PrL:

6 5 4 3 2 1

ANEXO V: PRESUPUESTO PASCH GENERADOR FISCHER PANDA Y JET ALAMARÍN



LISTA DE PRECIOS JETS ALAMARIN

OCTUBRE 2.013

MODELO JET	PESO	Características embarcación	RANGO POTENCIA MOTOR		Retromarcha	Gobierno	P.V.P .
		Rango desplazamiento	GASOLINA	DIESEL			
160	19 Kg	100 / 700 Kg	19 a 80 Cv, 3300 / 4500 rpm	hasta 71 Cv, 3300 / 4500 rpm	Eléctrica	Manual ó hidráulico	8.200 €
180	34 Kg	300 / 1700 Kg	39 a 150 Cv, 3600 / 5000 rpm	hasta 102 Cv, 3600 / 4500 rpm	Eléctrica	Manual ó hidráulico	8.300 €
185	34 Kg	300 / 1700 Kg	39 a 163 Cv, 3600 / 5000 rpm	hasta 126 Cv, 3300 / 4500 rpm	Eléctrica	Manual ó hidráulico	9.000 €
230	77 Kg	1000 / 3000 Kg	75 a 303 Cv, 3300 / 4300 rpm	hasta 243 Cv, 3300 / 4300 rpm	Hidráulica (*)	Manual ó hidráulico	11.000 €
245	95 Kg	3500 Kg		hasta 320 Cv, 4600 rpm	Hidráulica (*)	hidráulico	11.600 €
288	120 Kg	2000 / 5000 Kg	250 a 450 Cv, max. 3500 rpm	hasta 440 Cv, max. 3500 rpm	Hidráulica	Hidráulico	19.000 €

ACCESORIOS 160/180/185/230/235/245		ACCESORIOS 288	
Adaptador para casco de fibra (245)	216 € (275) €	Adaptador para casco de fibra	275 €
Adaptador para casco de aluminio	472 €	Adaptador para casco de aluminio	637 €
Enfriador extra	350 €	Enfriador extra	769 €

Notas

Mandos no incluidos en el alcance standard de suministro.

Para la opción de retromarcha eléctrica, 5 m de cable push-pull se incluyen en el alcance standard de suministro.

(*) En el modelo 230, si se elige la opción de retromarcha hidráulica y el motor lleva reductor, será necesario el enfriador extra para refrigerar el aceite hidráulico de la retromarcha.

Estos precios no incluyen portes desde nuestro almacén a destino

IVA y otros impuestos no incluidos

ANEXO VI: MOTORES STEYR DIESEL

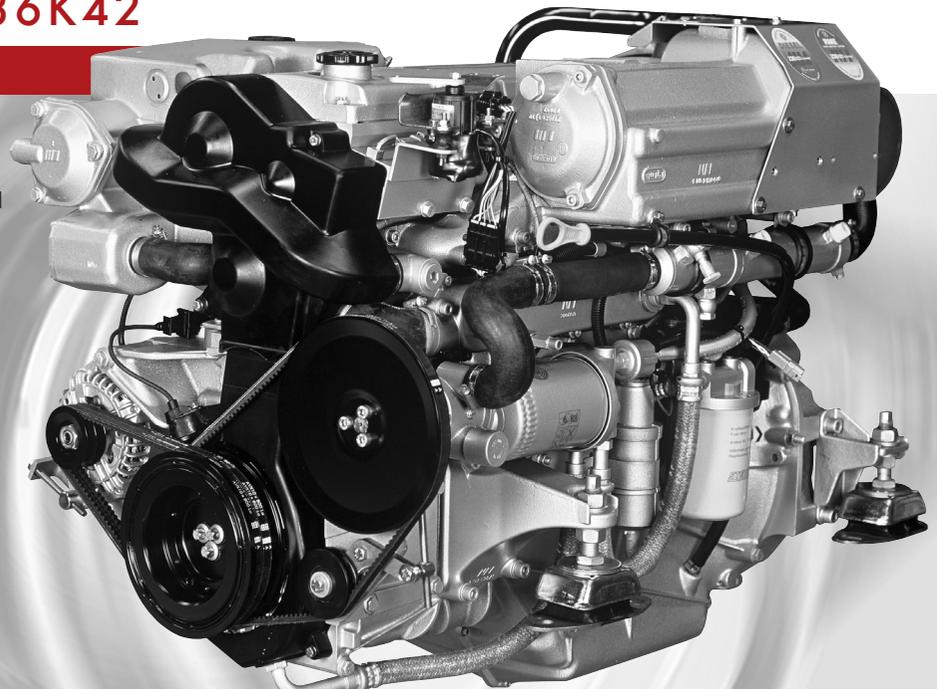
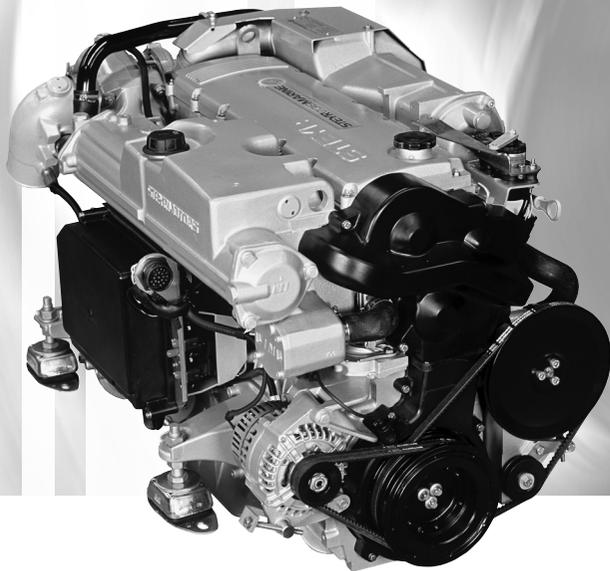
STEYR MARINE ENGINES

I MO196K35 I MO236K42

140 - 170 KW (190 - 230 HP)

6-Cylinder

The state-of-the-art STEYR Marine Diesel Engine with dual cooling circuit fulfilling the strengthened future marine emission regulation.



196 MARINE TURBO DIESEL **236 MARINE** TURBO DIESEL

The STEYR Marine Engine is designed for high performance. The innovative fuel injection technology enables an excellent torque and speed range. Therefore adaptation to existing marine propulsion systems can be performed easily.

Remarkable features of the STEYR Marine Engines are the dynamic behaviour and immediate response as well as the impressive acceleration.

SERVICE LIFE

The STEYR Marine Engines are manufactured using high alloy materials to provide enduring longevity for all running components. Using corrosion resistant materials for the entire seawater system as a standard in the dual circuit cooling system. Consequently designed solutions to meet the criteria of marine environment guarantee the best corrosion protection for any auxiliaries and electronic components in marine ambience.

COMFORT

The patented 2-stage UNIT INJECTOR fuel injection technology provides for a worldwide approved and smooth operation noise (patented). Noise emission levels are over the most important operating range below the running noise of gasoline engines. The additional elastic separation of the Monoblock against the aluminum casted engine housing reduces the engine related vibration transmitted into the hull therefore the noise level on board is further reduced. Torque and speed range characteristic enable optimal matching to individual application while maintaining transmission, gear ratio and propeller dimensions. The big choice of matched accessories fulfills the highest level of quality and comfort for you on board of your vessel.

EXHAUST EMISSIONS

The trend-setting UNIT INJECTOR system already enables us today to conform with the valid emission regulations BSO II and SAV 2, respectively we can fulfill the announced EPA – Tier II, RCD 2003/44 emission regulations and SOLAS approval.

TRANSMISSION

STEYR Marine Engines allow the installation with different driving system in your boat. Adaptation for Marine transmission with different output configuration (direct, horizontal down-angle 8°, V-drive 12°), to choose from as well as an intermediate housing for propeller shaft and Jet-Drives and kits for installation to MerCruiser Bravo I, Bravo II and Bravo III Sterndrives.

TECHNICAL DESCRIPTION ENGINE MONOBLOCK

Our unique and robust monoblock design, engine block and cylinder head made from high grade alloy cast iron, without limitation in cooling and unrivaled roundness of the cylinder gives exceptional life time for the liner.

- Chrome-Molybdenum forged crankshaft, dynamically balanced
- Pistons are cast from high silicon aluminum, with oil cooling channel in 3-ring technology
- Hardened valve-seats high performance NIMONIC valve material
- Elastic coupling on flywheel, design matched depending on application

ENGINE MOUNTING

Adjustable front and rear silent blocks capable to take propeller thrust.

LUBRICATION SYSTEM

- Exchangeable oil filter cartridge
- Oil scavenger pipe through dipstick
- Closed crankcase breathing system

FUEL SYSTEM

- Integrated high pressure UNIT INJECTOR with dual stage fuel-injection technology, operated by overhead camshaft and rocker arms.
- Electric fuel pump (automatic bleeding capability)
- Exchangeable fuel filter cartridge

EXHAUST SYSTEM

Freshwater cooled exhaust manifold and seawater cooled exhaust elbow

COOLING SYSTEM

- Freshwater cooling system with thermostat control
- Heat exchanger with integrated expansion tank system
- Connection prepared for boiler/cabin heating system
- Sea water pump with impeller, integrated and replaceable wear plates

STEYR MARINE ENGINES

TECHNICAL DATA

Engine type	MO196K35	MO236K42
	4-stroke, turbocharged, intercooled	
	direct-injection, fresh water cooling	
Output (crankshaft) kW [HP]*	140 [190]	170 [230]
Rpm at full load	3500	4200
Cylinders	6 in line	6 in line
Displacement [cm ³]	3200 (195 cid)	3200 (195 cid)
Bore [mm]	85 (3.35")	85 (3.35")
Stroke [mm]	94 (3.7")	94 (3.7")
Compression ratio	17,5	17,5
Max. torque [Nm]	430	440
at speed [rpm]	2800	3300
[lb-ft]	317	325
Injection system	two stage unit injectors	
Standard alternator [A]	90	90
Electronic engine diagnostic	yes	yes
Weight [kg]	305 (672 lbs)	305 (672 lbs)
Weight per unit of power [kg/HP]	1.61 (3.53 lbs/HP)	1.33 (2.92 lbs/HP)
Emission standards	BSO II, EPA-Tier II, RCD 2003/44	

MARINE GEAR BOX (optional)

Model	ZF 63 or similar
Clutch system	Hydraulic disc
Gear ratio	acc. specification
Output configuration	direct / horizontal /
	8° down-angle / V-drive 12°

ELECTRICAL SYSTEM

- 12V system plug-in solution
- 14V/90 A marine suitable alternator
- 24V/80 A marine suitable alternator (optional)
- 2-Pole installation (optional)
- Voltage regulator in alternator cares for optimum charging conditions of the batteries
- Glow plugs for a trouble-free cold start
- Electric starter motor
- Extension cable with plug-in-connection available in various lengths and for fly bridge installations (optional)

INSTRUMENT PANEL

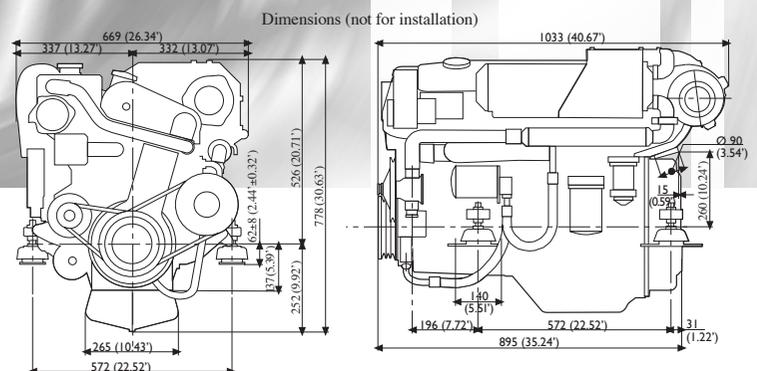
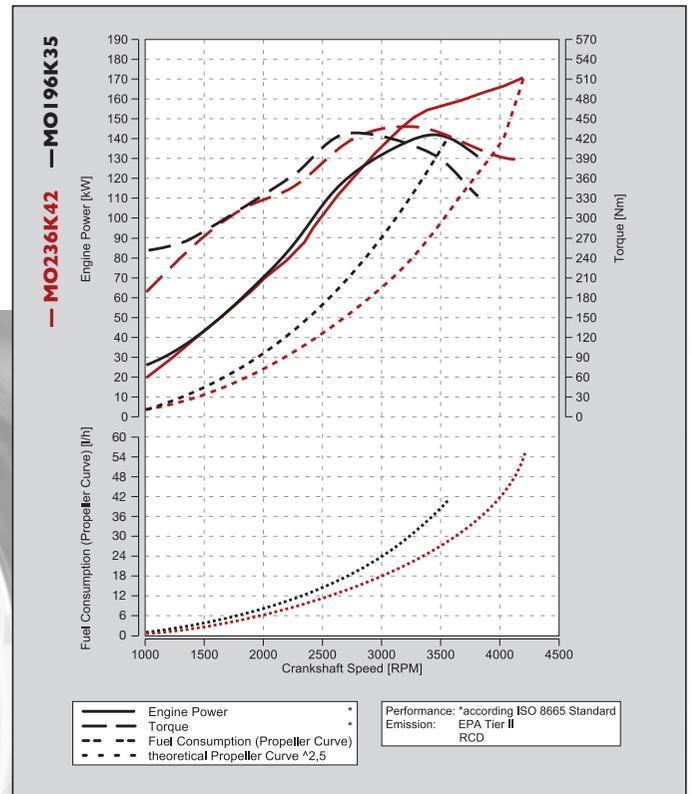
Standard panel includes:

- Key switch – ignition and start function
- Control lamps for battery charging, oil pressure, glow plug indication and service code storage
- Revolution counter with hourmeter
- Temperature gauge for engine coolant temperature
- Instrument illumination
- Audible alarm

PROFESSIONAL PANEL includes

- Ignition by retained bush button switch
- Starting function by bush button
- Check lamps for battery charging, oil pressure, glow plug indication and service code memorization
- Revolution counter with hourmeter
- Instrument illumination
- Temperature gauge for engine coolant temperature
- Audible Alarm

Optional: The STEYR Control Center (SCC) is an integrated display unit including the functions of digital instruments, switch board, fuel management & driving range calculation, GPS-position, speed over ground, digital manual and on board diagnostic system.



ADAPTATION

- for Jet-Drives & Surface Drives
- for Shaft and Transmissions
- for MerCruiser Sterndrive Bravo I, II, III
- Adaptation kits for most known Sterndrives

ACCESSORIES / OPTIONS

- Oil pressure gauge
- Additional key switch for governed speed
- Connecting cable for secondary helm
- Extra alternator kits
- Hot water systems
- Separate expansion tanks
- Sea water filters
- Front power take off
- Fuel pre-filter with water separator
- etc.

Water pick up, sea cock, siphon valve, cooling hose, exhaust system and transom exhaust, fuel filter and fuel pipes, pulleys, filler cap and brackets for auxiliaries - just contact your STEYR Marine Partner he will be delighted to serve you.

Not all models, standard equipment and accessories are available in all countries. All specifications are subject to change without notice.

The engine illustrated may not be entirely identical to production standard engines.

Your partner

STEYRMOTORS
INNOVATION WITH LIGHTNESS

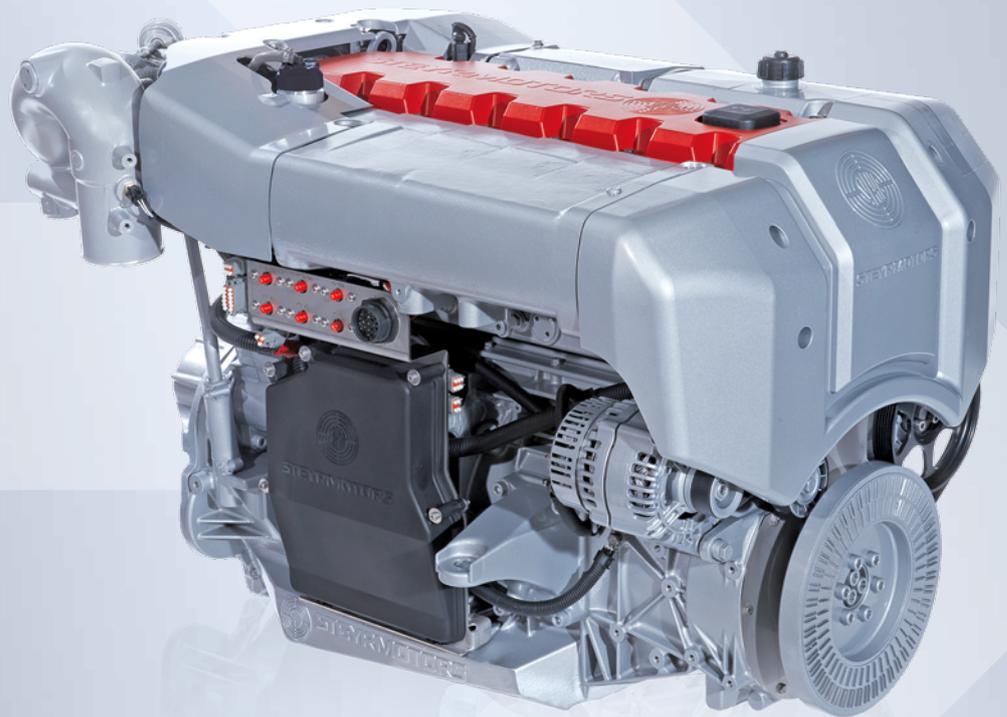
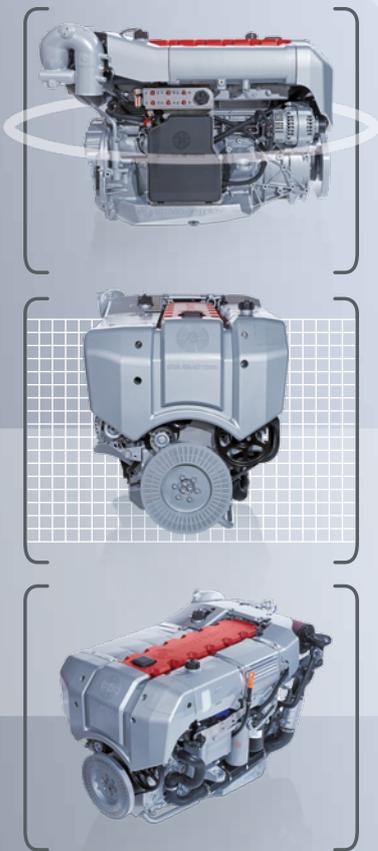




MONOBLOCK DIESEL



[Marine engine series - SE 6 cylinder]



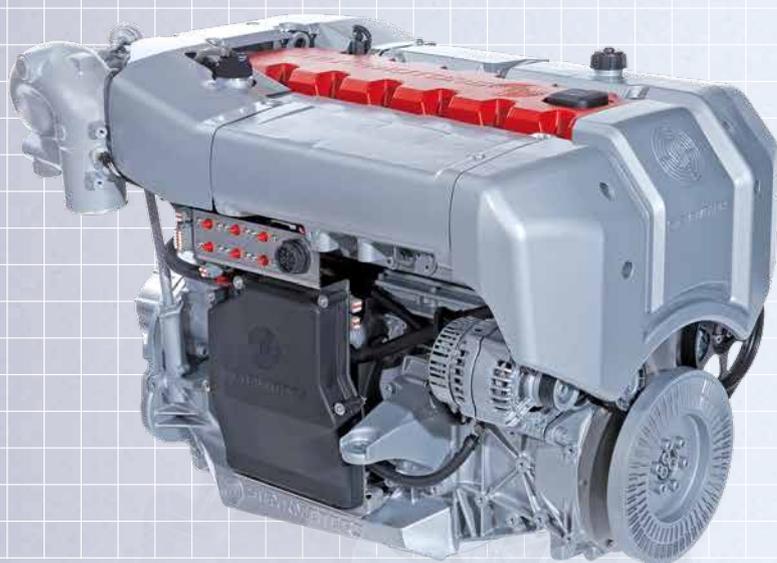
CYLINDER

SE 6 cyl. | 88-215 kW



MONOBLOCK DIESEL

SE 6 cylinder



The STEYR Marine MONOBLOCK Engines are designed for high performance and continuous rating. The High Pressure UNIT INJECTOR technology enables an excellent torque and speed range. The complete engine package is conceived for Sterndrive, transmission and Water Jet systems. Remarkable features of the STEYR Marine Engines are the dynamic behaviour and immediate response as well as the impressive acceleration.

SERVICE LIFE

The STEYR Marine Engines are manufactured using high alloy materials to provide enduring longevity for all running components. Using corrosion resistant materials for the entire seawater system as a standard in the dual circuit cooling system. Consequently designed solutions to meet the criteria of marine environment guarantee the best corrosion protection for any auxiliaries and electronic components in marine ambience.

COMFORT

The patented STEYR 2-stage UNIT INJECTOR technology ensures a worldwide approved and smooth operation noise. The additional elastic separation of the MONOBLOCK against the aluminum casted engine housing reduces the engine related vibration transmitted into the hull – therefore the noise level on board is further reduced. Torque and speed range characteristics enable optimal matching to individual application while maintaining transmission, gear ratio and propeller dimensions. The big choice of matched accessories fulfills the highest level of quality and comfort for you on board your vessel.

EXHAUST EMISSIONS

The trend-setting UNIT INJECTOR system is most environmentally friendly. It fulfills the RCD 2003/44 as well as the actual EPA and IMO emission regulations.

TRANSMISSION

STEYR Marine Engines allow the installation with different driving systems in your boat. Adaptation for Marine transmission with different output configuration (direct, horizontal down-angle 8°, V-drive 12°), to choose from as well as an intermediate housing for propeller shaft and kits for installation to MerCruiser Bravo I, Bravo II and Bravo III Sterndrives.

TECHNICAL DESCRIPTION

ENGINE MONOBLOCK

The unique and robust MONOBLOCK design, engine block and cylinder head made from high grade alloy cast iron, without limitation in cooling and unrivaled roundness of the cylinder, give exceptional life time for the liner.

- > Chrome-Molybdenum forged crankshaft, dynamically balanced
- > Pistons are cast from high silicon aluminum, with oil cooling gallery and a ceramic coated top ring
- > Hardened valve-seats high performance NIMONIC valve material
- > Elastic coupling on flywheel, design matched depending on application

ENGINE MOUNTING

Adjustable front and rear silent blocks capable to take propeller thrust

LUBRICATION SYSTEM

- > Exchangeable oil filter cartridge
- > Oil scavenging through dipstick pipe
- > Closed crankcase breathing system

FUEL SYSTEM

- > Integrated high pressure UNIT INJECTOR up to 2,000 bar with dual stage fuel injection technology, operated by overhead camshaft and rocker arms
- > Electric fuel pump (automatic bleeding capability)
- > Exchangeable fuel filter cartridge (optional water separator filter recommended)

EXHAUST SYSTEM

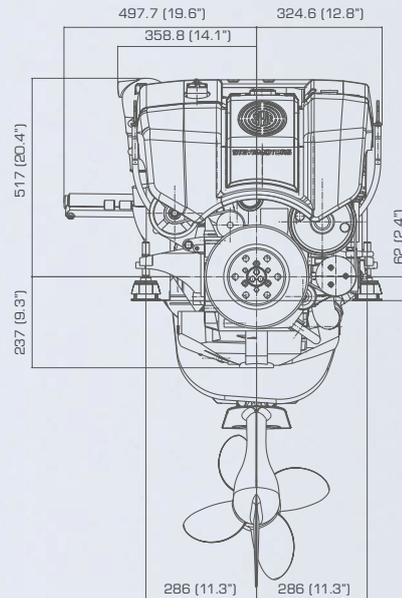
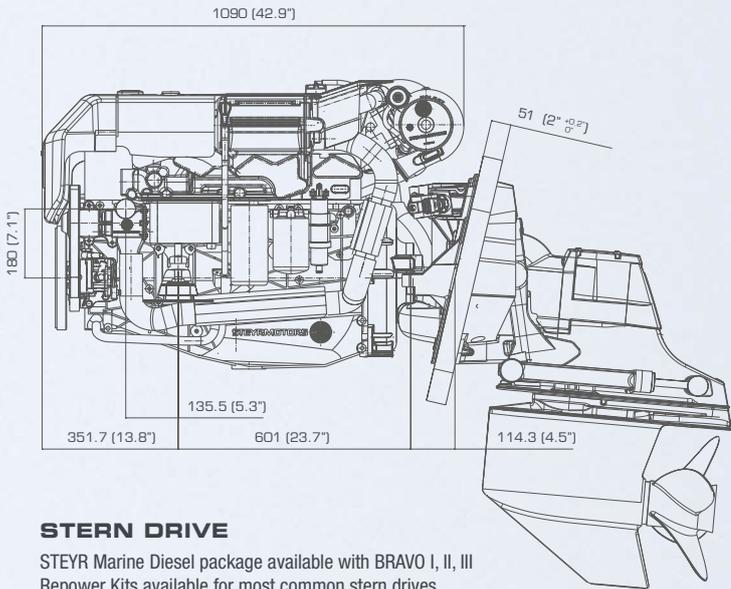
Freshwater cooled exhaust manifold and seawater cooled exhaust elbow

COOLING SYSTEM

- > Freshwater cooling system with thermostat control and expansion tank
- > Heat exchanger with integrated expansion tank system
- > Connection prepared for boiler/cabin heating system
- > Sea water pump with impeller, integrated and replaceable wear plates



MONOBLOCK DIESEL – SE 6 cyl. | 88-215 kW



STERN DRIVE

STEYR Marine Diesel package available with BRAVO I, II, III Repower Kits available for most common stern drives

Dimensions may differ according to engine types and are not for installations. Technical modifications as well as misprints and typeset errors are subjects to change.

Motortyp	SE126E25	SE156E26	SE156E32	SE196E35	SE236E40	SE236S36	SE266E40	SE266S36	SE286E40	SE306J38 ²⁾
Output [crankshaft] kW (HP)	88 (120)	110 (150)	110 (150)	140 (190)	170 (231)	170 (231)	190 (258)	190 (258)	205 (279)	215 (292)
	4-stroke, turbocharged, intercooled, direct-injection, fresh water cooling									
Rated speed [rpm]	2500	2600	3200	3500	4000	3600	4000	3600	4000	3800
Propeller selection range [rpm]	2300 - 2550	2400 - 2650	3000-3250	3300 - 3550	3900 - 4100	3400 - 3650	3850 - 4050	3300 - 3650	3900 - 4150	3500 - 3850
Cylinders	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line	6 in line
Displacement [cm ³]	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200	3200
Bore [mm]	85	85	85	85	85	85	85	85	85	85
Stroke [mm]	94	94	94	94	94	94	94	94	94	94
Compression ratio	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1	17:1
Max. torque [Nm]	390	450	450	445	470	540	530	600	570	588
At speed [rpm]	1800	1800	1800	2050	2550	1800	2300	1800	2550	3300
Max. torque [lbs-ft]	288	332	360	328	347	398	391	443	420	434
Rating	P/HO/INT/MCD	P/HO/INT/MCD	P/HO/INT/MCD	P/HO/INT/MCD	P/HO/INT/MCD	P/HO	P/HO/INT	P/HO	P/HO/INT	P/HO/INT
Weight [kg] ¹⁾	340	340	340	340	340	340	340	340	340	340
Weight per unit of power [kg/HP]	2,84	2,27	2,27	1,79	1,47	1,47	1,32	1,32	1,22	1,16
Weight per unit of power [lbs/HP]	6,26	5,01	5,01	3,94	3,24	3,24	2,90	2,90	2,69	2,56
Emission standard	EPA Tier III, RCD, 9768EC Rhein, BSO 2, IMO Nox, RINA, IMO Solas		RCD	EPA Tier III, RCD, 9768EC Rhein, BSO 2, IMO Nox, RINA, IMO Solas				EPA Tier III, RCD, 9768EC Rhein, IMO Nox, RINA, IMO Solas		
Injection system	two stage unit injectors									
Alternator [A]	Standard: 120A / 12V (Optional: 150A / 12V or 100A / 24V)									
Electronic engine diagnostic	yes									

1) dry weight with Bobtail set (may vary according to model and options) 2) Waterjet only

P ... Pleasure HO...High Output INT...Intermediate Duty MCD...Medium Commercial Duty



ANEXO VII: MOTORES ELÉCTRICO STEYR



PARALLEL HYBRID NG

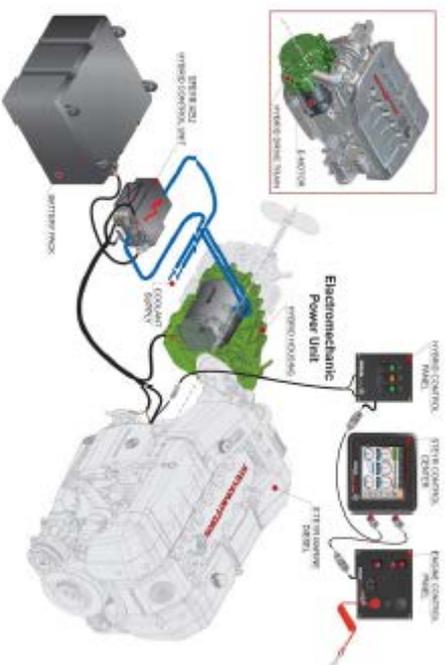
HYBRID DRIVE SYSTEM

The environmentally friendly HYBRID SOLUTION marks a new chapter in the history of pleasure and light working boats. It not only assures zero emission and low speed manoeuvring in harbours, reduces drive or idling water and noise noisiness, but also optimises the load for separate generator units for other onboard equipment. The "Zero emission" electric drive mode allows a speed of 6 knots using solely electric propulsion and switches to the combustion engine, just following the command on the throttle control.

The hydraulic propulsion has just "boosted" by the electric drive and enables quicker acceleration, lowering fuel consumption, hydraulic response and dynamics. Significantly reduced maintenance costs and improved usage of services are further favourable arguments. The STEYR MOTORS is installing a serious technological novelty.



THE STEYR MOTORS HYBRID CAN BE INSTALLED ON ALL ENGINES AND DRIVE COMBINATIONS.



Schematic Diagram

STEYR MOTORS NG - THE NEXT GENERATION OF HYBRID TECHNOLOGY

subject to technical change



FACTS

POWER OUTPUT:
80 kW peak power (output 15 min)
30 kW continuous power output

WEIGHT:
75 kg (165.4 lb) for Hybrid Unit
(includes battery pack)

ADDITIONAL LENGTH:
215 mm (8.5")

4 MODES

THE ELECTRIC MOTOR OPERATES IN 4 MODES:

STARTER MODE

In Starter Mode the more robust and powerful electric motor/generator starts the combustion engine, very smoothly and under all conditions.

GENERATOR MODE

In Generator Mode, the standard battery pack is optimised and charged through the powerful permanent magnet generator.

ELECTRIC CRUISE MODE

In Electric Cruise Mode, the boat is driven purely by the electric motor through the high precision reduction gear. The reduction gear modifies the torque from the high speed electric motor and provides an impressive boost already from low speed. The battery pack is constantly monitored on its state of charge and battery condition. This is brought to the attention of the driver through the STEYR CONTROL CENTER (SCC).

BOOST MODE

In the lower speed range, depending on dynamic requirements of the driver and the battery condition, the Boost Mode is used and the combustion engine is then supported by the massive torque of the electric motor. The E-motor supports the response of the one unit through the boost mode. The STEYR CONTROL CENTER (SCC) unit forwards the driver's demand via CAN protocol to the engine control unit (ECU) and the hybrid control unit (HCU). Both control units regulate the combination of torque from the diesel engine and the permanent magnet motor depending on dynamic requirements. At the same time, the condition of the component's failures, E-motor, combustion engine, environmental condition is monitored through the STEYR CONTROL CENTER (SCC). The control units have adjustable functions and engine characteristics in order to compensate all data then sensitive to the driver's demands in the appropriate boat.

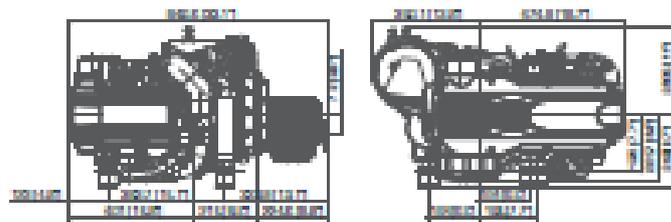
subject to technical change

STEYR MOTORS NG - THE NEXT GENERATION OF HYBRID TECHNOLOGY

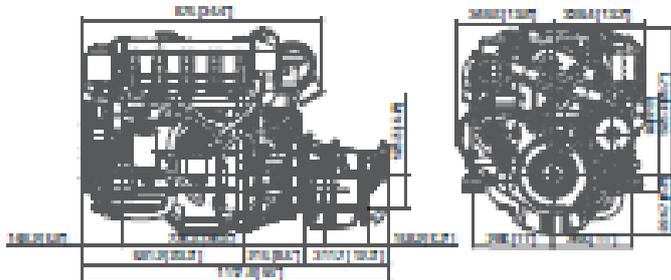


PARALLEL HYBRID^{NG}

2-cylinder (MD32)



4-cylinder (MD174V40)



6-cylinder (SE266 and SE306)



Dimensions may differ according to engine types and are not for installation.



To use QR-Codes you need a Smart-Phone App. For Example „Red Laser“ for iPhone and „QR-code Scanner“ for Android. The installed App will automatically recognize it when you point your camera at the QR Code. Your preferred App is available in your trusted App-Store. (Device according to your mobile phone provider.)



STEYR MOTOR ENGINES

STEYR MOTOR ENGINES

STEYR MOTOR ENGINES

STEYR MOTOR ENGINES
STEYR MOTOR ENGINES



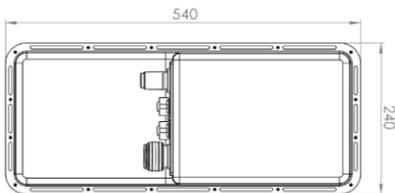
ANEXO VIII: BATERÍAS

Advanced Lithium Polymer Marine Battery

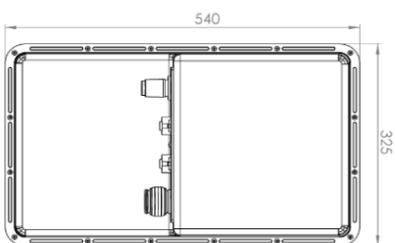
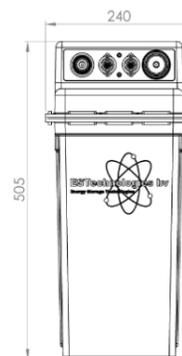
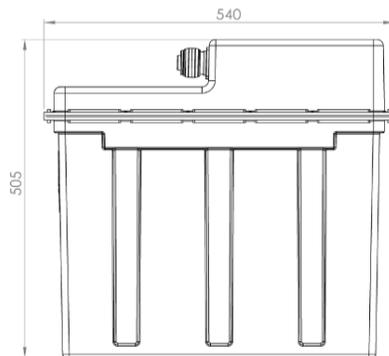
Single Battery module system design

	EST100 50 525	EST200 50 1050	EST200 25 525
Nominal voltage	52V	52V	26V
Charge Voltage max	57,7V	57,7V	28,85V
Cut-off Voltage min	42V	42V	21V
Capacity kWh	5,25kWh	10,5kWh	5,25kWh
Peak Power kW	42kW/ 8C	42kW / 4C	20kW / 4C
Nom Charge Current	100A	200A	200A
Max Charge Current	200A / C2	400A / C2	400A / C2
Nom Discharge Current	100A	200A	200A
Peak Discharge Current	800A / 8C	800A / 4C	800A / 4C
module weight	40kg	75kg	40kg
weight ratio kg/kWh	7,6kg/kWh	7,2kg/kWh	7,5kg/kWh
Cycles @80%DOD	5.000	5.000	5.000
System warranty	10jr/5.000cycl.	10jr/5.000cycl.	10jr/5.000cycl.
Certification / features	Lloyd`s / IP65	Lloyd`s / IP65	Lloyd`s* / IP65

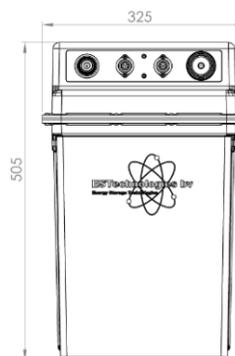
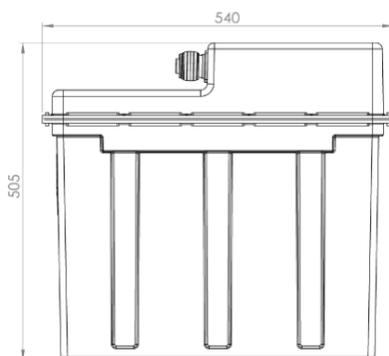
- High Performance Marine Batteries for energy storage and propulsion applications
- State of the Art active single cell balancing and serialpack balancing
- Data logging, monitoring



EST100 50 525
EST200 25 525



EST200 50 1050



The ESTechnologies Lithium Polymer Batteries are Lloyd`s certified for Marine use with IP65 connectors and housing. The battery modules are build with just only 14 large LiPo cells, all connected in a full monitored series setup. Every single cell is fully controlled and constantly balanced during charge, discharge and sleeping process. In applications with multiple modules connected in series, each cell within that string is balanced actively. Highest charge / discharge efficiency > 95%, disconnected storage up to 2 years without maintenance charge. Large Battery systems are installed by ESTechnologies, mounting racks and the series pack controller are included. Universal data output for advanced data logging on the excising ships monitoring system.



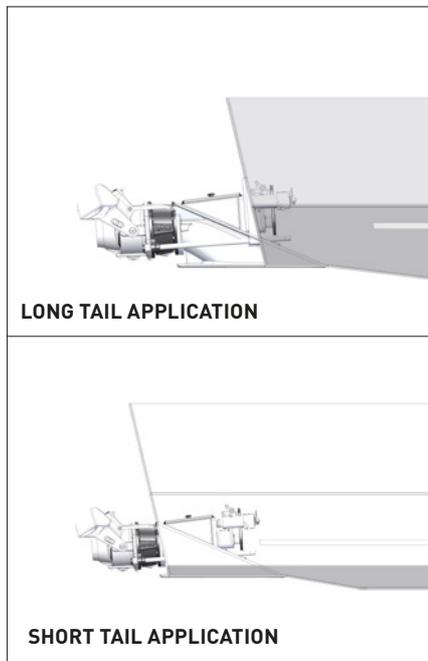
* Certification pending

ANEXO IX: FICHA TÉCNICA JET

THE NEW ALAMARIN-JET 245

MEET THE REVOLUTION OF WATER-JET SYSTEM

HIGH PERFORMANCE WITH EXTREME STEERING RESPONSE



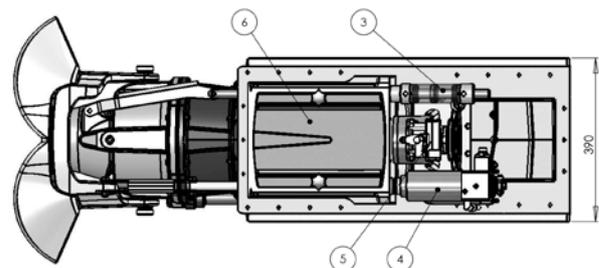
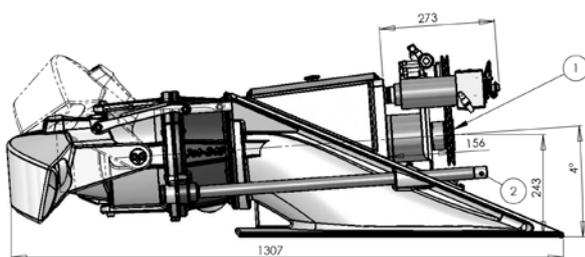
The New Alamarin-Jet 245 is a revolution in water-jet design, with the **Combi-Frame** construction at the heart of its innovation. This new installation method allows the 245 Jet to be installed either **Outside or Inside the hull**. This unique feature allows the designer/boat builder to fine tune a vessels design to ensure that weight distribution and engine location are fully optimised. This also allows the oversized inspection hatch to be located outside or inside the vessel, a key point when looking at operational maintenance in different conditions. Another benefit of the Combi-Frame design is installation is made much simpler in the case of repowering from another Jet or from a Sterndrive application.

Other key designs points are the inclusion of an **Integrated Hydraulic Steering Cylinder**, **Integrated Hydraulic Oil Cooler**, and **Replaceable Conical Stainless Steel Impeller Wear Ring**. All features designed to assist in simplifying installation and operation. Due to special stator and steering nozzle design the steering response is exceptionally good. Forward bollard pull force is max 8kN which means high cavitation limits. Reverse pulling force is ~60% of the forward thrust which is considered very high.

The New 245 Jet is suitable for engines up to 320HP and maximum 4600RPM.

 Pump type axial flow, single stage	 95 kg (209 lbs)	 Max. 3500 kg (7700 lbs) per single jet, planing boat	 Max. 235 kW (320 mhp)	 Impeller shaft RPM max. 4600 1/min.	 Impeller diameter max. 245 mm (9.6")	 Reverse deflector hydraulic	 Aluminium, stainless steel
---	---	--	---	---	--	--	--

Front bearing oil lubricated, rear bearing grease lubricated (automatic cartridge)



1. DIN-120 drive flange. 2. 3/4" BSP raw water intake. 3. Integrated hydraulic steering cylinder, compatible with common helm pumps. 4. Integrated hydraulic cylinder for reverse deflector control. 5. Integrated hydraulic pump unit for reverse deflector cylinder. 6. Inspection hatch.