



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis y posibilidades de mejora de la instalación eléctrica de
la goleta “Aguete” perteneciente a la ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica

ALUMNO: Jorge Medio Fabián

DIRECTORES: Antón Cacabelos Reyes

CURSO ACADÉMICO: 2016-2017

Universida_{de}Vigo



Centro Universitario de la Defensa en la Escuela Naval Militar

TRABAJO FIN DE GRADO

*Análisis y posibilidades de mejora de la instalación eléctrica de
la goleta “Aguete” perteneciente a la ENM*

Grado en Ingeniería Mecánica
Intensificación en Tecnología Naval
Cuerpo General

Universida_{de}Vigo

RESUMEN

El "Aguete" es una goleta perteneciente actualmente al Núcleo de Goletas de la Escuela Naval Militar de Marín y que desde el año 2006, cuando fue incautada al narcotráfico, presta su servicio a esta institución para la formación en instrucción marinera de los futuros oficiales de la Armada Española.

Desde hace un tiempo, y debido en parte a la edad del buque, se vienen detectando una serie de problemas y deficiencias en la operación de diferentes sistemas y equipos de esta goleta, relacionados según se cree con un déficit de energía eléctrica durante los largos periodos que este buque pasa en la mar durante los cruceros que realiza al final de cada curso escolar.

En el desarrollo de este trabajo se estudiará y se establecerá el estado general del buque en lo que a equipos se refiere, tras esto, se procederá al diagnóstico de las fallas informadas y a la búsqueda de su origen para poder ofrecer una solución teórica.

En base a esto se concretará una solución basada en las diferentes opciones que ofrece el mercado, buscando siempre la solución que resulte más económica y eficiente.

Del mismo modo, se estudiará la posibilidad de incorporar una serie de equipos de generación eléctrica basados en energías renovables con el fin de suplir las necesidades eléctricas del buque e independizarlas lo máximo posible del consumo de combustible por parte del motor diésel-generator con el fin de aproximarse lo máximo posible a la tendencia actual de sostenibilidad y reducción de costes y emisiones contaminantes.

PALABRAS CLAVE

Embarcación de recreo, energías renovables, sostenibilidad, modernización, reducción de consumo.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría dirigir mis agradecimientos por este trabajo a mi tutor, Don Antón Cacabelos Reyes, ya que sin su amplio conocimiento en la materia desarrollada en este trabajo y sin su apoyo y supervisión me hubiera sido imposible llevarlo a cabo.

También me gustaría mostrar mi agradecimiento al Sargento 1º Don Rubén Castro Justo, suboficial mecánico que presta servicio a bordo de la goleta "Aguete", por su paciencia y dedicación con mi persona en las múltiples visitas que hice al buque para realizar pruebas o efectuar mediciones.

No podría pasar sin mencionar a mis dos compañeros de la camareta T-4, cuyo particular sentido del humor permitió enfocar los problemas desde otra perspectiva en los momentos de agobio, y que resulto imprescindible para poder sacarlos adelante.

Por último, recordar a todas las personas que me es imposible nombrar y que me han brindado su apoyo, comprensión o consejo durante mi formación como oficial de la Armada, ya que, sin ellos, muy probablemente no hubiera llegado hasta aquí.

CONTENIDO

Contenido	1
Índice de Figuras	4
Índice de Tablas.....	6
1 Introducción y objetivos	7
1.1 Introducción	7
1.2 Objetivos del TFG.....	8
1.3 Metodología	8
1.4 Breve reseña histórica de goleta A-79 “Aguete”	8
2 Estado del arte	9
2.1 Sistemas de generación eléctrica a bordo de embarcaciones de recreo	9
2.1.1 La corriente eléctrica y los generadores de corriente	10
2.1.2 Motores diésel-generadores	11
2.1.3 Paneles fotovoltaicos. Energía solar	11
2.1.4 Aerogeneradores. Energía eólica	12
2.1.5 Hidrogeneradores. Energía hidrocinética	14
2.2 Introducción al sistema de generación de electricidad de la goleta “Aguete”	16
2.3 Sistemas de generación de frío a bordo de embarcaciones de recreo	16
2.3.1 Generalidades de un sistema de refrigeración por compresión de vapor	16
2.3.2 Introducción a los tipos de compresores.....	17
2.3.3 Sistema de compresión de vapor con compresor accionado por el motor principal	18
2.3.4 Sistema de compresión de vapor con condensador asistido por ventilador.....	19
2.3.5 Sistema de compresión de vapor refrigerado por agua de mar.....	20
2.3.1 Sistema de generación de frío de la Goleta “Aguete”	20
2.4 Sistemas hidráulicos a bordo de embarcaciones de recreo	21
2.4.1 Introducción a los sistemas hidráulicos	21
2.4.2 Instalación hidráulica de la goleta “Aguete”	22
2.5 Almacenamiento de energía a bordo de embarcaciones de recreo	22
2.5.1 Introducción al almacenamiento de energía mediante baterías	22
2.5.2 Baterías abiertas o de celda húmeda	23
2.5.3 Baterías de gel.....	24
2.5.4 Baterías AGM (“Absorbed Glass Mat”).....	25
2.5.5 Baterías de ion-litio.....	25
2.5.6 Sistemas de carga inteligente de baterías.....	26

2.6 Marco legislativo.....	27
3 Desarrollo del TFG.....	29
3.1 Descripción de la plataforma	29
3.2 Descripción original del buque	30
3.2.1 Instalaciones originales del buque	30
3.2.2 Modificaciones realizadas sobre la instalación original del buque	30
3.3 Planta propulsora del buque.....	31
3.4 Estado actual de la planta hidráulica del buque	32
3.5 Estado actual de la planta eléctrica del buque.....	33
3.5.1 Servicio de 220 V de corriente alterna	33
3.5.2 Servicio de 12 V de corriente continua.....	34
3.5.3 Servicio de 24 V de corriente continua.....	35
3.6 Balances de la planta eléctrica de la goleta “Aguete”.....	35
3.6.1 Balance de 220 V de corriente alterna	36
3.6.2 Balance de 12 V de corriente continua	37
3.6.3 Balance de 24 V de corriente continua	39
3.7 Generación de energía eléctrica a bordo del buque	39
3.8 Modos posibles de operación de la planta eléctrica.....	40
3.9 Análisis de funcionamiento de la planta eléctrica.....	41
3.9.1 Evaluación del estado de la planta eléctrica del buque.....	41
3.9.2 Comprobación del estado de los equipos generadores y sus prestaciones	41
3.9.3 Comprobación del estado de los grupos de baterías	42
3.9.4 Comprobación del estado del cableado	43
4 Resultados / Validación / Prueba.....	45
4.1 Ensayos experimentales realizados sobre la planta eléctrica	45
4.1.1 Diagnóstico y comprobación de las fallas detectadas.....	45
4.2 Posibles soluciones a las fallas detectadas	52
4.2.1 Molinete del ancla y motor electro-hidráulico.....	52
4.2.2 Empujadora de proa	52
4.2.3 Compresor del congelador	52
4.3 Estimación de un plan de consumo del buque	57
4.3.1 Balance total de energía.....	57
4.4 Propuestas de nuevos equipos y procedimientos para mejorar la eficiencia energética	59
4.4.1 Revisión de los consumidores encuadrados en los servicios generales del buque	60
4.4.2 Aprovechamiento del sistema hidráulico del buque para el accionamiento de la empujadora de proa y el molinete del ancla	61

4.4.3 Propuesta de mejora para incrementar las capacidades del circuito de refrigeración del congelador	62
4.4.4 Propuesta de sistemas de generación basados en energías renovables	64
4.4.5 Actualización del plan de consumo del buque	67
4.4.6 Selección de los equipos generadores basados en energías renovables	67
4.5 Dimensionamiento de un nuevo banco de baterías para la goleta "Aguete"	70
4.6 Procedimientos de instalación y operación de los nuevos equipos y sistemas	71
4.7 Estimación de presupuesto para los nuevos equipos a instalar	73
4.7.1 Iluminación	73
4.7.2 Sistema de refrigeración del congelador	74
4.7.3 Nuevo banco de baterías	74
4.7.4 Generadores a base de energías renovables	75
4.7.5 Presupuesto total	75
5 Conclusiones y líneas futuras	77
5.1 Conclusiones	77
5.2 Líneas futuras	78
6 Bibliografía	79
Anexo I: Plano general del buque y esquemas eléctricos	83
Anexo II: Hojas de características técnicas de los nuevos equipos a instalar	93
Anexo III: Documento de Salvamento Marítimo sobre los equipos obligatorios a bordo de embarcaciones de recreo	115

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 La goleta A-79 "Aguete"	8
Figura 2-1 Representación esquemática de una dinamo (www.areatecnologia.com).....	10
Figura 2-2 Representación esquemática de un alternador (www.endsaeduca.com)	10
Figura 2-3 Diésel-generador Solé Mini-17 montado en el "Aguete" (www.solediesel.com)	11
Figura 2-4 Instalación fotovoltaica en una embarcación de recreo (www.solar-wind.co.uk).....	12
Figura 2-5 Aerogenerador sobre una embarcación de recreo (www.leadingedgepower.com)	13
Figura 2-6 Alternador accionado por el eje propulsor (www.cruisersforum.com)	14
Figura 2-7 Hidrogenerador de casco Watt & Sea 300 (www.wattandsea.com).....	15
Figura 2-8 Alternador remolcado Aquair 100 (www.marinewarehouse.net).....	15
Figura 2-9 Sistema de refrigeración por compresión de vapor (www.unet.edu.ve).....	17
Figura 2-10 Compresor hermético (www.frioline.net).....	17
Figura 2-11 Compresor semihermético (www.frioline.net)	18
Figura 2-12 Compresor abierto (www.frioline.net)	18
Figura 2-13 Sistema de refrigeración accionado por el motor principal (www.sailmagazine.com) ..	19
Figura 2-14 Sistema de refrigeración asistido por ventilador (www.sailmagazine.com)	19
Figura 2-15 Sistema de refrigeración enfriado por agua de mar (www.sailmagazine.com).....	20
Figura 2-16 Equipo de refrigeración Isotherm 2001 (www.seatronic.no)	21
Figura 2-17 Esquema de un circuito hidráulico simple (www.industrial-automatiza.com).....	21
Figura 2-18 Motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200 (www.lewmar.com).....	22
Figura 2-19 Esquema de un circuito eléctrico con batería (www.circuits.com)	23
Figura 2-20 Corte esquemático de una batería de celda húmeda (www.rincondecencia.com).....	24
Figura 2-21 Batería de gel disponible en el mercado (www.westmarine.com)	24
Figura 2-22 Corte esquemático de una batería AGM (www.jd-repuestos.com).....	25
Figura 2-23 Batería de ion-litio (www.masmar.net)	26
Figura 2-24 Cargador inteligente de baterías (www.blackanddecker.es).....	27
Figura 3-1 Representación esquemática del modelo Formosa 51 (www.sailboatdata.com).....	29
Figura 3-2 Motor Yanmar 6LP-DTE (www.boatdesign.net)	31
Figura 3-3 Gráfico de rendimiento del motor electro-hidráulico (www.lewmar.com).....	32
Figura 3-4 Cuadro de distribución principal del buque.....	33
Figura 3-5 Inversor situado en el comedor-cocina	33
Figura 3-6 Cargador Ferve F-2330 (www.ferve.com)	34
Figura 3-7 Compartimento bajo el camarote de proa.....	35
Figura 3-8 Empujadora de proa y motor electro-hidráulico	35
Figura 3-9 Selector de alimentación de corriente	40

Figura 3-10 Selectores de carga de baterías	40
Figura 3-11 Ubicación de los diferentes grupos de baterías a bordo	43
Figura 4-1 Molinete Muir Cheetah HE-1100	46
Figura 4-2 Equipos refrigeradores Isotherm 2001	48
Figura 4-3 Neveras de a bordo	48
Figura 4-4 Imagen termográfica del compresor tras 24 h de funcionamiento	49
Figura 4-5 Imagen termográfica del orificio de drenaje tras 24 h de funcionamiento	49
Figura 4-6 Gráfica temperatura-humedad del interior del congelador durante la prueba	50
Figura 4-7 Gráfica temperatura entrada (azul) - salida (rojo) en el evaporador.....	50
Figura 4-8 Gráfica temperatura entrada (azul) - salida (rojo) en el condensador	51
Figura 4-9 Congelador instalado a bordo del buque	51
Figura 4-10 Diagrama psicrométrico del aire (www.fao.org).....	54
Figura 4-11 Diagrama de Mollier del refrigerante R-134a (www.fao.org).....	56
Figura 4-12 Gráfica del consumo eléctrico diario	58
Figura 4-13 Entrega de potencia de los alternadores Mastervolt (www.mastervolt.es).....	66
Figura 4-14 Gráfica del consumo eléctrico diario modificado.....	67
Figura 4-15 Gráfica entrega de potencia del Watt & Sea 300 (www.wattandsea.com).....	69
Figura 4-16 Gráfica entrega de potencia del Super Hornet 1000 (www.orionair.co.uk)	70

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3-1 Relación de equipos del servicio de 220 V	36
Tabla 3-2 Relación de equipos de navegación	37
Tabla 3-3 Relación de equipos de servicios generales	38
Tabla 3-4 Relación de equipos de alumbrado	38
Tabla 3-5 Relación de equipos de maniobra	39
Tabla 3-6 Relación de equipos del servicio de 24 V	39
Tabla 3-7 Disposición y composición de los grupos de baterías a bordo del buque.....	43
Tabla 3-8 Secciones de cables disponibles y requeridas	44
Tabla 4-1 Valores de resistencia térmica de los cerramientos	53
Tabla 4-2 Características técnicas de las bombillas actualmente instaladas	60
Tabla 4-3 Características técnicas de las nuevas bombillas LED	60
Tabla 4-4 Relación de compresores evaluados para su instalación.....	63
Tabla 4-5 Características de los paneles fotovoltaicos evaluados.....	65
Tabla 4-6 Relación de paneles fotovoltaicos.....	68
Tabla 4-7 Relación de hidrogenadores	68
Tabla 4-8 Relación de generadores eólicos	68
Tabla 4-9 Relación de los generadores a base de energías renovables escogidos	69
Tabla 4-10 Presupuesto de la nueva instalación de iluminación.....	73
Tabla 4-11 Presupuesto de la nueva instalación de refrigeración del congelador.....	74
Tabla 4-12 Presupuesto del nuevo banco de baterías	74
Tabla 4-13 Presupuesto de la nueva instalación de generadores a base de energías renovables	75

1 INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Introducción

La goleta-escuela “Aguete” perteneciente a la Escuela Naval Militar de Marín (en adelante ENM) es un barco del tipo queche, que en la actualidad se haya encuadrado dentro de Núcleo de Goletas de la ENM y sirve como buque de entrenamiento para adiestrar a los alumnos, futuros oficiales de la Armada Española en la instrucción marinera, tanto en las breves salidas que realiza semanalmente, como en los cruceros de un mes de duración que realiza anualmente al final de cada curso escolar recorriendo las costas españolas y portuguesas junto con el resto de buques del Núcleo de Goletas.

Tras su incorporación a la Armada Española en el año 2006, el buque ha sido sujeto a una serie de modificaciones y modernizaciones para adecuarlo a sus nuevas funciones, no obstante, en los últimos años, y debido a la disminución en los presupuestos disponibles, ha resultado muy difícil prestar el mantenimiento necesario a un buque de esa edad. Consecuencia directa de esta causa ha sido la degradación progresiva en los servicios que prestaba determinada maquinaria del buque, en particular aquella relacionada con equipos de frío a bordo, maquinaria electro-hidráulica y maquinaria eléctrica con alta demanda de potencia.

El buque objeto de este trabajo cuenta ya con más de cuarenta años de servicio a sus diferentes propietarios, lo que hace que parte de sus equipos e instalaciones, a pesar de las distintas modernizaciones que ha sufrido, estén ya desfasadas y no operen de acuerdo a los estándares actuales. Además, en el panorama actual no se cesa en la búsqueda de soluciones cada vez más eficientes, buscando siempre el máximo rendimiento con el mínimo coste posible. Todo esto unido a los avances tecnológicos alcanzados desde la construcción del buque en materia de generación y almacenamiento de energía, generación alternativa de energía, equipos de refrigeración a bordo de buques, maquinaria electro-hidráulica y de seguridad, eficiencia y medioambiente nos permitirán buscar soluciones a las carencias de este para superar con creces sus necesidades, e incluso mejorar los servicios que presta, disminuyendo pérdidas y optimizando toda la energía disponible para garantizar su correcto desempeño al servicio de la Escuela Naval Militar.

1.2 Objetivos del TFG

A través de este trabajo se pretende establecer el estado actual de la planta eléctrica del buque que alimenta a todos sus equipos, así como realizar un diagnóstico claro y preciso de las averías y deficiencias de las que adolece, para poder concluir al final, haciendo uso de las tecnologías disponibles actualmente y siempre al amparo de la legislación vigente, una proposición de mejora para devolver al buque su máximo nivel operativo y conservarlo navegando al servicio de la Armada Española en óptimas condiciones durante muchos años más, buscando siempre la solución más eficaz y eficiente.

1.3 Metodología

La metodología seguida para llevar a cabo el presente TFG ha sido:

- Estudio del estado actual de la instalación eléctrica, electro-hidráulica y de frío a bordo del buque.
- Elaboración de planos mediante software AutoCAD de la instalación eléctrica.
- Consulta de las especificaciones de los distintos equipos que monta el buque utilizando la documentación del fabricante.
- Diagnóstico de las especificaciones reales y fallas de los equipos mediante métodos experimentales.
- Estudio del equipamiento mínimo que debe portar un buque de estas características de acuerdo a la normativa vigente.
- Cálculo de las posibilidades de mejora para los equipos de a bordo de acuerdo con la oferta actual del mercado.
- Diseño de un sistema de generación de energía eléctrica basado en energías renovables.

1.4 Breve reseña histórica de goleta A-79 “Aguete”

La goleta-escuela “Aguete” (Figura 1-1) llegó a manos de la Armada Española en septiembre de 2005 cuando fue apresado 250 millas náuticas al sur de las islas de Cabo Verde en una operación conjunta contra el narcotráfico de la policía española y francesa. En aquel momento navegaba bajo el nombre de “Tobago Clipper” y arbolaba la bandera noruega. Tras ser apresado fue trasladado al puerto de Santa Cruz de Tenerife, y más tarde en noviembre, remolcado hasta el Arsenal de Las Palmas de Gran Canaria donde permaneció depositado hasta que el 30 de mayo de 2006 fue dado de alta en la Lista Oficial de Buques de la Armada (LOBA) con el nombre de “Aguete” y numeral A-79, siendo asignado a la Escuela Naval Militar de Marín para labores de adiestramiento. [1]



Figura 1-1 La goleta A-79 "Aguete"

2 ESTADO DEL ARTE

En el desarrollo del "Estado del arte" se expondrán los fundamentos de las soluciones que se propondrán para subsanar las fallas de las que actualmente aqueja el buque, así como de las diferentes opciones con respecto a estas que nos ofrece el mercado actual. También se desarrollará la legislación nacional e internacional vigente actualmente por la que debería regirse este buque en términos de navegabilidad, comunicaciones, equipos y seguridad en la mar, aunque al tratarse de un buque militar no esté obligado a cumplirla.

No obstante, y de manera previa a cualquier explicación, resulta necesario exponer en primer lugar el funcionamiento básico de la planta eléctrica de cualquier embarcación de recreo. En primer lugar, se encuentran los equipos generadores que se encargan de producir la energía eléctrica que después se almacenará y se empleará a bordo del buque. Estos generadores suelen motores de combustión interna de tamaño más reducido que el motor propulsor en cuya salida de potencia va acoplado un alternador que genera corriente eléctrica a partir del giro del motor, aunque actualmente ya existen equipos generadores para embarcaciones de recreo basados en energías renovables, como se expondrá posteriormente. La energía producida por los equipos generadores es almacenada después en bancos de baterías que varían en tamaño y capacidad en función del porte y necesidades del buque. Tras esto, las baterías entregan corriente eléctrica a cualquier equipo que pueda demandarla hasta el agotamiento de su capacidad. La capacidad de generación de energía eléctrica, de almacenamiento y su consumo son factores determinantes en la autonomía de una embarcación de recreo.

2.1 Sistemas de generación eléctrica a bordo de embarcaciones de recreo

En este apartado se tratarán los diferentes sistemas disponibles hoy día en el mercado para producir energía eléctrica a bordo de embarcaciones de recreo.

Es necesario reseñar que sólo se ahondará en los sistemas que pudieran tener aplicación en el buque objeto de este trabajo, es decir, aquellos que nos servirían como alternativa a los que se dispone actualmente para mejorar las prestaciones, sin que esto suponga la realización de grandes obras que conlleven la alteración de la estructura original del buque o su naturaleza, como por ejemplo rotores Flettner o complejos sistemas mixtos de propulsión y generación de electricidad. Esto implica que deberemos aprovechar las posibilidades que nos brinda el buque en términos de espacio disponible y el máximo aprovechamiento de los elementos que componen la instalación actual.

2.1.1 La corriente eléctrica y los generadores de corriente

Se define como corriente eléctrica como el flujo de carga eléctrica que recorre un conductor por unidad de tiempo debido al movimiento de los electrones en el interior de este.

Distinguimos entre dos tipos principales de corriente eléctrica, la corriente continua y la corriente alterna.

La corriente continua se denomina como aquella en el que el flujo de cargas se produce en un único sentido que no varía con el tiempo. Este flujo se produce entre dos elementos con diferente potencial eléctrico que no se invierten como ocurre en la corriente alterna. Esta corriente se define en parámetros de voltaje e intensidad. Suele utilizarse en aplicaciones que requieran poca potencia.

La corriente alterna es aquella que en función del tiempo varía en amplitud y sentido. Suele representarse mediante una onda sinusoidal. A parte del voltaje y la intensidad, en este tipo de corriente encontramos los parámetros de fase y frecuencia (velocidad con la que la corriente invierte su sentido). Se utiliza en aplicaciones con demanda de alta potencia, y a un elevado voltaje, para el transporte de energía eléctrica a grandes distancias. [2]

El aparato que convierte el movimiento mecánico en corriente continua se denomina dinamo (Figura 2-1). Mediante inducción electromagnética, el eje de la dinamo que lleva acoplado un imán gira en el interior de un devanado estático en el que se induce una corriente continua. La posición del devanado y el imán puede intercambiarse.

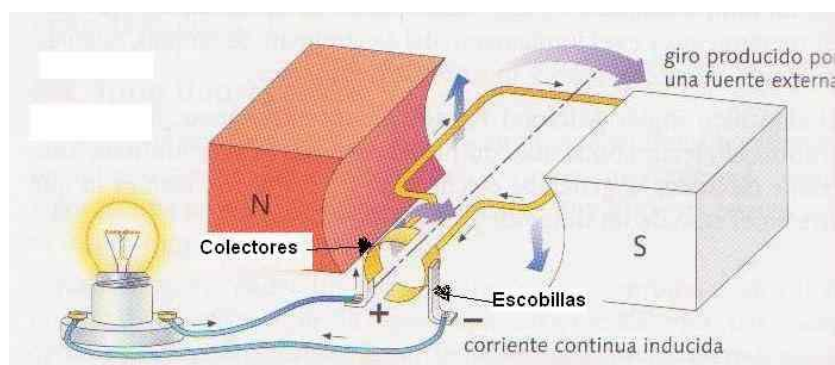


Figura 2-1 Representación esquemática de una dinamo (www.areatecnologia.com)

El alternador es el equivalente de la dinamo en corriente alterna (Figura 2-2). El más sencillo se compone de dos imanes colocados en disposición de cruz (alternando polos positivo y negativo) en un plano perpendicular al eje al que van acoplados solidariamente. Al girar el eje, la polaridad en el devanado se invierte continuamente (cada cuarto de vuelta en este caso) generando corriente alterna.

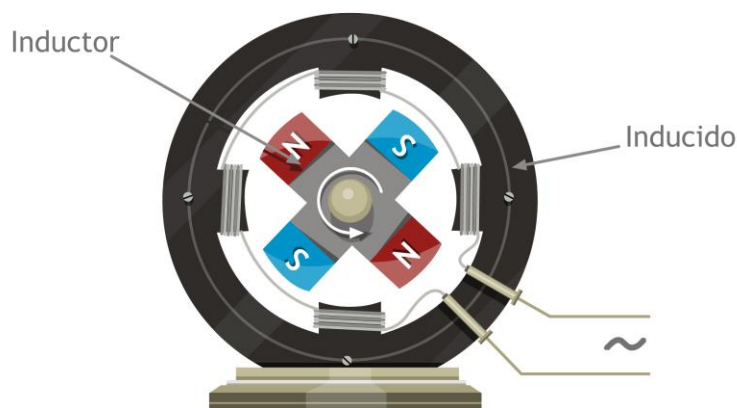


Figura 2-2 Representación esquemática de un alternador (www.endsaeduca.com)

Ambos aparatos generadores basan su funcionamiento en la Ley de Faraday. [3]

2.1.2 Motores diésel-generadores

Es el sistema más utilizado actualmente en las embarcaciones de recreo por su robustez, fiabilidad y sencillez y puede encontrarse a bordo de la mayoría de ellas hoy día. Es el sistema que ahora mismo utiliza la goleta "Aguete" (Figura 2-3).

Consta de un motor de explosión, más pequeño que el motor propulsor principal y que suele alimentarse del mismo tipo de combustible y del mismo depósito que este. Esto permite no tener que utilizar un nuevo depósito e instalación de combustible para el generador, reduciendo así el espacio necesario para su instalación.

La salida de potencia del motor generador (eje) va unido a un alternador donde se produce la energía eléctrica, en forma de corriente alterna que luego se convertirá a continua para uso de los equipos de a bordo y para su almacenaje en los grupos de baterías.

Estos generadores están disponibles en varios tamaños suelen clasificarse en función la potencia que generan, que normalmente se encuentra entre los 3 kW para las embarcaciones de recreo más pequeñas, y 25 kW para grandes yates.



Figura 2-3 Diésel-generador Solé Mini-17 montado en el "Aguete" (www.solediesel.com)

La diferencia de estos generadores navales con otros utilizados en tierra es que están diseñados para soportar el alto nivel de humedad y corrosión al que están sometidos en el ambiente marino. Además, la mayoría de estos generadores no necesitan un sistema de refrigeración incorporado, si no que disponen un mecanismo hidráulico que bombea agua de mar a través de ellos para enfriarlos, reduciendo considerablemente su tamaño. [4] [5] [6]

2.1.3 Paneles fotovoltaicos. Energía solar

Es una de las soluciones para la obtención de energía que se está comenzando a tener en cuenta actualmente para su aplicación en el ámbito de la náutica, y que comienzan a considerarse una opción irrenunciable para los veleros modernos de pequeño y medio tamaño debido a que una instalación fotovoltaica normal para esta clase de buques, oscila entre potencias de 100 y 500 vatios (Figura 2-4), lo que provoca que tras estar las placas expuestas a un periodo de luz diurna, las baterías del buque hayan almacenado energía suficiente para alimentar los equipos de navegación y electrodomésticos del

buque, evitando así que arrancar el motor generador con el consiguiente ahorro de combustible y de emisiones contaminantes a la atmósfera.

Este sistema de generación de electricidad consiste en uno o varios paneles que contienen una serie de células de silicio. Este material es un semiconductor que, al recibir la luz solar y penetrar los fotones en él, este se desprende de electrones lo que provoca que de cada panel emane una corriente continua.

La instalación fotovoltaica puede colocarse bien sobre los toldos del barco, o si se dispone de suficiente espacio libre, en la cubierta, existiendo para este efecto unos paneles especiales revestidos por cristal de seguridad y marco de aluminio para evitar daños en el panel debido al tránsito de personas y enseres por la cubierta. En caso de que la cubierta tuviera algún tipo de curvatura, existen en el mercado paneles flexibles para este efecto. Es necesario reseñar, además, el curso actual de las investigaciones en instalación de paneles fotovoltaicos flexibles en la superficie de las propias velas que utiliza el buque. Esta podría resultar una opción interesante pero los modelos actuales no pasan de la fase de prototipos y aún se encuentran en un estado de desarrollo muy precario.



Figura 2-4 Instalación fotovoltaica en una embarcación de recreo (www.solar-wind.co.uk)

Uno de los problemas que se presentaban hace no muchos años en este tipo de instalaciones fotovoltaicas era la importante disminución del rendimiento de los paneles cuando estos no recibían la luz solar en su totalidad, siendo esto algo bastante común en las embarcaciones de recreo, sobre todo si tratamos de buques veleros, debido a que estos buques varían continuamente su posición y orientación con respecto al Sol, lo que hace que sus grandes velas proyecten continuamente sombra sobre una gran parte de la cubierta. Hoy día este problema ha sido subsanado gracias a que todas las células de los paneles cuentan con diodos de derivación, lo que hace que la corriente producida por una célula expuesta a la luz solar pueda puentear a la célula en penumbra y salir del panel fotovoltaico. [7] [8]

2.1.4 Aerogeneradores. Energía eólica

La opción de la energía eólica a bordo resulta de gran interés para aquellos buques de diseño antiguo que no disponen de suficiente espacio para albergar los grupos de baterías necesarios para alimentar todos los equipos electrónicos que hoy se consideran imprescindibles para la navegación, o bien, todos aquellos buques que disponen de un sistema de generación de corriente alterna y que necesitan convertir esta en corriente continua para la alimentación de sus equipos y baterías.

Los aerogeneradores son dispositivos de funcionamiento muy simple, su diseño se basa en un eje en el que en uno de sus extremos se han instalado una serie de palas de forma y disposición aerodinámica para que, al moverse por una corriente de aire, este gire a una velocidad suficiente para

poder producir corriente eléctrica en el generador al que está unido el otro extremo del eje. Se distinguen dos tipos: generadores de corriente continua y generadores de corriente alterna.

Los aerogeneradores de corriente continua basan su funcionamiento en el de una dinamo. Disponen internamente de un sistema de bobinas y conmutadores que requieren ajuste, mantenimiento y limpieza. En el caso de que las bobinas no se encuentren en las condiciones óptimas por suciedad o por desgaste, aparte de repercutir en el rendimiento del generador, pueden producir interferencias electromagnéticas con el resto de equipos electrónicos de a bordo.

Los aerogeneradores de corriente alterna (Figura 2-5), funcionan de manera semejante a un alternador. Algunos de ellos disponen internamente de un circuito de diodos rectificadores para convertir la corriente alterna producida en corriente continua para alimentar equipos y baterías. Suponen una opción más conveniente que los generadores de corriente continua, pero hay que prestar especial atención a la sensibilidad de los diodos rectificadores.

Uno de los factores a tener en cuenta, es la velocidad del viento a la cual el aerogenerador empieza a producir energía. Lo más común es encontrar mínimos de 4 a 7 nudos, en los que el aerogenerador produce pequeñas corrientes de 0,3 a 2,5 amperios. Sin embargo, con velocidades de viento de 15 a 25 nudos, pueden obtenerse corrientes de 10 a 20 amperios. Es necesario recalcar en este punto que la velocidad que afecta al aerogenerador es la velocidad de viento relativa, esto es la resta vectorial de las velocidades del barco y del viento absoluto o real.

Otro factor crítico a tener en cuenta es el dimensionamiento del aerogenerador, un mayor diámetro de palas nos repercutirá en un incremento del poder de generación, pero a costa de un umbral para producir energía mucho más elevado (velocidad mínima del viento relativo para producir energía) debido al aumento de masa e inercia. Si se opera en lugares donde la velocidad del viento acostumbra a ser baja o el buque no navega a gran velocidad, resulta más interesante la instalación de un aerogenerador de tamaño más reducido.



Figura 2-5 Aerogenerador sobre una embarcación de recreo (www.leadingedgepower.com)

Uno de los principales inconvenientes de este sistema de generación de energía es el ruido que produce el movimiento de las palas al girar, por eso, suelen instalarse en un lugar elevado y estable,

normalmente un pedestal o mástil a popa, para evitar transmitir vibraciones y ruido estructural al buque. [7] [9]

2.1.5 Hidrogeneradores. Energía hidrocínética

En el siguiente apartado se tratarán los distintos sistemas que permiten captar la energía renovable contenida en las corrientes marinas y en el movimiento del agua del mar alrededor del casco del buque. Es necesario resaltar que estos equipos obtienen más energía y de manera más continua y fiable que los aerogeneradores y los paneles fotovoltaicos, pero a costa de un precio más alto. Con este sistema es posible obtener altas potencias (en función de la velocidad alcanzada por el buque) que permitan operar todos los equipos de a bordo, e incluso, en algunos casos recargar las baterías.

El diseño de los artilugios que aprovechan este tipo de energía, es muy similar en cuanto al principio de funcionamiento y componentes de los aerogeneradores. En este caso en un extremo del eje encontramos una hélice que, en vez de tener formas aerodinámicas para ser accionada por el flujo de aire generado al desplazarse el barco, tiene una forma hidrodinámica para actuar de manera mas eficaz en el flujo de agua que la moverá. En el otro extremo del eje encontramos el generador, en este caso siempre de corriente alterna dentro de un compartimento estanco ya que realizará su función sumergido. El motivo de que el generador sea en este caso de corriente alterna se debe al menor mantenimiento que requieren estos frente a los de corriente continua, de este modo no será necesario desmontar el generador para realizar mantenimientos, ya que esto podría comprometer la estanqueidad del generador. [7] [9]

Dentro de este sistema de generación de electricidad encontramos diferentes variantes: kits alternadores, hidrogeneradores de casco e hidrogeneradores remolcados o de arrastre.

El primer tipo corresponde a una serie de kits genéricos que consisten en un alternador que incluye todas las piezas necesarias para su instalación a bordo de la mayoría de embarcaciones de recreo (Figura 2-6). Este alternador se instala unido al eje principal de propulsión (dentro del casco) mediante una correa y una polea que debe ser fijada a este para que gire solidaria. Esta polea produce una relación de desmultiplicación de 4 o 5 normalmente para poder obtener valores óptimos de generación de electricidad. Una vez instalado, este sistema funcionará cuando el buque navegue con el motor principal parado y el eje desembragado, permitiendo este que la hélice gire por la acción del flujo de agua accionando el alternador. No obstante, también puede producir corriente accionado por el motor principal. Este tipo de alternadores comienzan a entregar potencia al girar la hélice a unas 400 RPM y entregan la máxima cuando esta ronda las 2000 RPM. Con la implementación de uno de estos sistemas se pueden generar de 5 a 10 amperios navegando a una velocidad de entre 5 y 7 nudos. [11]



Figura 2-6 Alternador accionado por el eje propulsor (www.cruisersforum.com)

Los hidrogeneradores de casco (Figura 2-7) consisten en pequeñas hélices unidas a un alternador estanco que se fijan en algún punto de la obra viva del barco para que al ser accionadas por la corriente de agua producida por el barco al desplazarse generen corriente eléctrica en el alternador. Son muy eficaces, produciendo corriente con el barco navegando a tan solo 3 nudos, sus hélices suelen tener un diámetro de entre 20 y 50 cm y pueden llegar a generar potencias de hasta 600 W. Este tipo de generadores necesita disponer de un perfil muy hidrodinámico para disminuir al máximo el rozamiento con el agua y disminuir la fuerza resultante que se opone al avance del buque. Se trata del tipo más eficaz de generadores que aprovechan este tipo de energía y también del más caro. [12]



Figura 2-7 Hidrogenerador de casco Watt & Sea 300 (www.wattandsea.com)

El último tipo de estos generadores (Figura 2-8), consiste en un tipo muy similar a los de casco, sólo que, en vez de ir fijados al casco bajo el agua, son remolcados por la superficie a una distancia de entre 15 y 20 metros de la popa del buque. La hélice va montada en un eje paralelo a la superficie del agua, y se une al alternador que va montado en las proximidades del espejo del buque mediante un cabo. Como consecuencia de la presión sobre las palas de la hélice ejercida por el agua debido al desplazamiento del buque, esta gira transmitiendo una torsión a través del cabo que produce un giro en el alternador, generando así corriente eléctrica. Su precio y rendimiento son similares a los de los kits de alternadores, comenzando a producir energía (5 A) con el buque desplazándose a 5 nudos hasta los 10 nudos, aumentando el amperaje a razón de uno por cada nudo ganado. [10]



Figura 2-8 Alternador remolcado Aquair 100 (www.marinewarehouse.net)

2.2 Introducción al sistema de generación de electricidad de la goleta “Aguete”

Actualmente el “Aguete” cuenta con un sistema de producción de energía eléctrica basado en un pequeño motor diésel-generator que provee de corriente alterna de 220 voltios al cuadro principal de distribución, este a su vez la lleva a los cargadores de baterías de corriente continua de 12 y 24 voltios con los que se cargan las mismas. La energía se almacena en distintos grupos de baterías y estas alimentan a los diferentes equipos del buque (en su mayoría de 12 voltios de corriente continua). A través de unos inversores conectados a las baterías, se genera corriente alterna de 220 voltios para los equipos de abordaje que lo necesiten.

2.3 Sistemas de generación de frío a bordo de embarcaciones de recreo

La generación de frío a bordo de la goleta “Aguete” es uno de los problemas de los que adolece este buque, ya que, utilizando su propia planta eléctrica, no es capaz de mantener la temperatura necesaria en el congelador. Este problema será tratado y evaluado más adelante en este TFG, pero por el momento se introducirán las diferentes opciones que existen actualmente en náutica para la generación de frío a bordo, evaluando incluso, sistemas independientes de la planta eléctrica.

Los tres sistemas de refrigeración por compresión de vapor a evaluar serán los siguientes: sistema de refrigeración mediante compresor accionado por el motor principal (independiente de la electricidad), sistema de refrigeración con evaporador asistido por ventilador y sistema de refrigeración por agua de mar. No se detalla el sistema estándar de refrigeración por compresión de vapor que es el que actualmente va montado en el buque, pero es posible, y en el desarrollo de este trabajo se comprobará, que sustituir el sistema actual del congelador por otro del mismo tipo, pero de prestaciones superiores sería la manera más barata de solventar los problemas existentes.

Se han evaluado también las posibilidades de refrigeración mediante el uso de un arcón debidamente aislado en el que se introduce hielo o acumuladores de frío para mantener la temperatura. Estos sistemas no necesitan de energía procedente del buque, pero han sido desechados por tener una autonomía muy limitada. En el caso del hielo, su tiempo de pervivencia está supeditado a las condiciones ambientales, incluso siendo estas óptimas, este se reduce a pocas horas. Los acumuladores de frío son unas placas rellenas de una solución eutéctica con un punto de congelación inferior al del agua. Su finalidad es la misma que la del hielo y sufren del mismo problema, en condiciones óptimas los acumuladores de frío no aguantan más de un día, además su precio es elevado. También se han desechado los sistemas de condensadores fuera borda por estar pensados para dar potencias muy inferiores a las buscadas.

2.3.1 Generalidades de un sistema de refrigeración por compresión de vapor

El sistema de refrigeración por compresión de vapor es el más común y extendido hoy día, utilizándose tanto para aplicaciones domésticas como industriales.

Todo sistema de refrigeración por compresión de vapor consta de cuatro elementos fundamentales: el compresor, el evaporador, el condensador y la válvula de expansión, además, todo el circuito va cargado con un refrigerante.

El funcionamiento ideal del sistema es el detallado en la Figura 2-9. En primer lugar, el refrigerante sufre una compresión adiabática para alcanzar su presión de condensación, después, este pasa al condensador, donde cede calor al medio y pasa a estado líquido. Este proceso se considera isotérmico pues no hay transferencia de calor durante el cambio de estado. En el siguiente tramo, el refrigerante llega en estado líquido a la válvula de expansión, donde la temperatura y la presión caen abruptamente sin intercambio de calor en un proceso adiabático. Este fluido, todavía en estado líquido

alcanza el evaporador, donde toma calor y pasa a estado gaseoso, produciéndose la refrigeración. Este último proceso también es isotérmico. Después el refrigerante en estado gaseoso vuelve al compresor, repitiéndose el ciclo. [13]

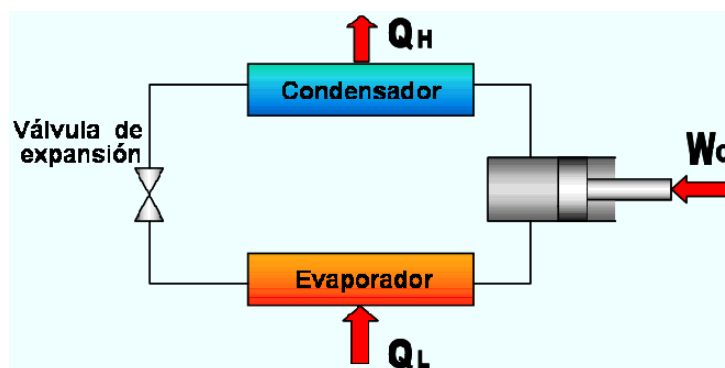


Figura 2-9 Sistema de refrigeración por compresión de vapor (www.unet.edu.ve)

Es necesario mencionar que, en aplicaciones náuticas suelen utilizarse compresores de 12 o 24 voltios de corriente continua o de 220 voltios de corriente alterna, estando estos últimos indicados para refrigerar mayores volúmenes. El consumo habitual de estos compresores para embarcaciones de recreo oscila entre los 60 y 100 W.

En cualquier sistema de refrigeración es tan importante el volumen a refrigerar como el aislamiento térmico de dicho volumen. [14]

2.3.2 Introducción a los tipos de compresores

Existen tres tipos de compresores utilizados para instalaciones de refrigeración por compresión de vapor: los herméticos, los semiherméticos y los abiertos.

2.3.2.1 Compresores herméticos

El primer tipo, los herméticos (Figura 2-10), se basan en una carcasa metálica sellada en cuyo interior se encuentran todos los elementos que componen el compresor, a los cuales no es posible acceder para realizar mantenimientos. Estos compresores se utilizan solo en aplicaciones de pequeña entidad, como por ejemplo las neveras domésticas. Su uso es prácticamente mayoritario a bordo de las embarcaciones de recreo, por tanto, será el tipo de compresor que se utilizará en los distintos tipos de instalaciones que se exponen en los siguientes apartados. [15]



Figura 2-10 Compresor hermético (www.frioline.net)

2.3.2.2 Compresores semiherméticos

Los compresores semiherméticos (Figura 2-11) son el paso intermedio entre los compresores herméticos y los abiertos. Parte de sus componentes están ocultos dentro de la carcasa metálica sellada, pero en este caso, otros se encuentran accesibles para su mantenimiento, como llaves y válvulas. Estos compresores suelen instalarse en equipos donde los mantenimientos son frecuentes. [15]



Figura 2-11 Compresor semihermético (www.frioline.net)

2.3.2.3 Compresores abiertos

El último tipo son los compresores abiertos (Figura 2-10), en los que el motor, no forma parte del circuito de refrigeración y va acoplado por separado al compresor. Su aplicación mayoritaria son las instalaciones de frío industrial que utilizan amoníaco como fluido refrigerante y en las que es necesario realizar frecuentes tareas de mantenimiento sobre el motor que acciona el compresor. [15]



Figura 2-12 Compresor abierto (www.frioline.net)

2.3.3 Sistema de compresión de vapor con compresor accionado por el motor principal

En este sistema de refrigeración el compresor está accionado por el motor principal mediante una polea y una correa como se aprecia en la Figura 2-13.

Este sistema es independiente de la red eléctrica del buque y la potencia entregada no acostumbra a ser un problema, ya que va accionado por un potente motor diésel marino.

La gran desventaja de este sistema es que no habrá generación de frío mientras el motor no esté arrancado, lo que conllevará un gasto de combustible del buque si se desea refrigeración.

Este inconveniente hace que el sistema no sea adecuado para el “Aguete”, dado que es un velero y su principal misión es el adiestramiento de los alumnos de la Escuela Naval Militar en la navegación a vela, por lo que no puede permitirse navegar con el motor principal arrancado continuamente. Teóricamente, este sistema podría funcionar también con el movimiento producido en la hélice por la presión del agua al navegar a vela estando el motor en punto muerto, pero no se conocen los valores de par en el eje como consecuencia de este movimiento. Además, este buque puede llegar a pasar días fondeado antes de entrar a puerto, lo que provocaría la pérdida de la capacidad frigorífica en el congelador como consecuencia de estar el eje parado. [16]

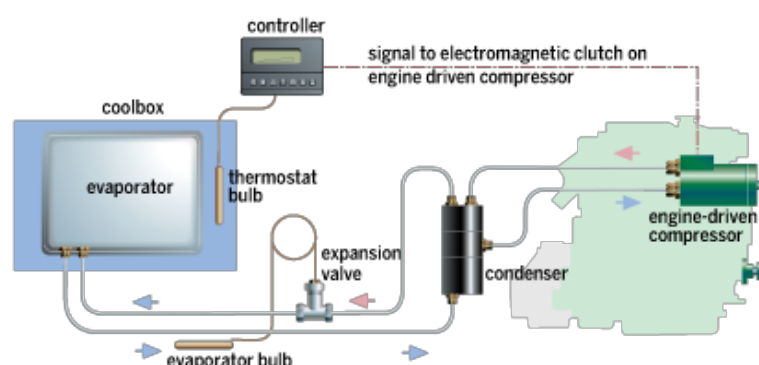


Figura 2-13 Sistema de refrigeración accionado por el motor principal (www.sailmagazine.com)

2.3.4 Sistema de compresión de vapor con condensador asistido por ventilador

Cuando se trata de refrigerar volúmenes importantes, como es el caso del congelador del “Aguete”, debe evaluarse la posibilidad de instalar un sistema estándar de refrigeración por compresión de vapor, pero que utilice un condensador asistido por ventilador, similar al representado en la Figura 2-14.

Este sistema consigue mediante el ventilador del condensador, crear un flujo de aire a través de este, lo que provoca un enfriamiento mucho más rápido y eficiente del refrigerante que en la instalación convencional. El consumo energético de estos ventiladores es despreciable en comparación con el compresor y además el nivel de ruido que generan rara vez supera los 30 dB. En contraposición la vida útil de estos ventiladores no suele superar los dos años, debido al frío y la humedad a la que se ven continuamente sometidos. [16]

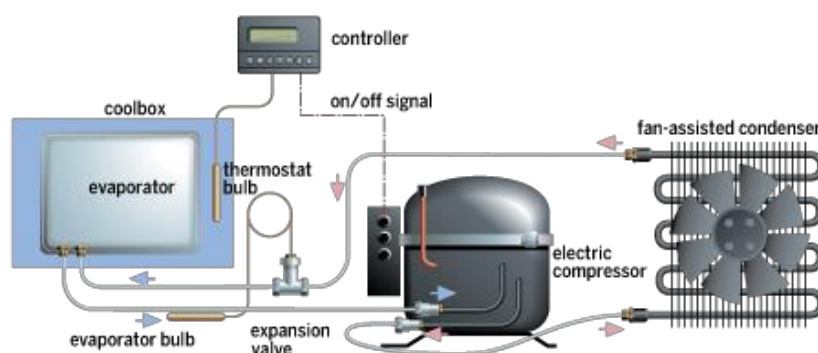


Figura 2-14 Sistema de refrigeración asistido por ventilador (www.sailmagazine.com)

2.3.5 Sistema de compresión de vapor refrigerado por agua de mar

Este sistema es el que da más elevadas prestaciones, pero también el que tiene la instalación, precio y los componentes más complejos.

Consiste en un sistema de refrigeración por compresión de vapor en el que se ha suprimido el condensador convencional y se utiliza un intercambiador de calor en forma de espiral que se refrigera por agua de mar provista por una bomba de agua salada como se detalla en la Figura 2-15.

Los principales inconvenientes de este sistema son la necesidad de varar el barco para llevar a cabo las obras, ya que es necesario realizar una perforación estanca en el casco por debajo de la línea de flotación para poder instalar el sistema de tuberías de la bomba de agua salada de refrigeración. Además, la bomba a utilizar en estos casos, es de gran tamaño y provee de un elevado caudal, lo que le hace consumir un elevado nivel de energía eléctrica.

Existe también una variante más sencilla y barata de este sistema, y que no requiere realizar obras en el buque para instalarla. Se conoce como sistema de refrigeración con condensador de desagüe, y consiste en la instalación de un pequeño condensador cilíndrico metálico y hueco (que posee en su interior una espira por la cual circula el refrigerante) en el desagüe del barco por debajo de la línea de flotación. Este condensador está en contacto con agua de mar que se renueva continuamente, por lo que no tiene problemas para intercambiar el calor absorbido en el proceso. El principal inconveniente de este sistema es la fragilidad de este tipo de condensadores, sufren de corrosión y a la larga rotura, además la espira tiende a embozarse.

Este sistema es el preferido para embarcaciones de recreo que operan en aguas tropicales por su capacidad de enfriamiento del refrigerante. [16]

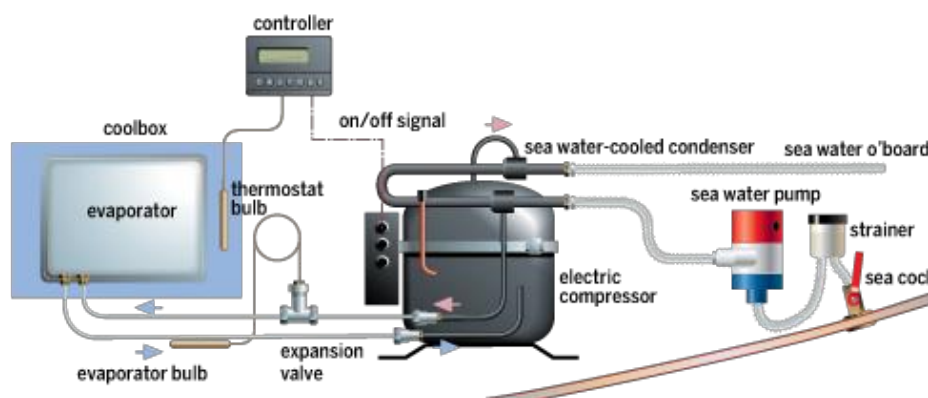


Figura 2-15 Sistema de refrigeración enfriado por agua de mar (www.sailmagazine.com)

2.3.1 Sistema de generación de frío de la Goleta “Aguete”

El sistema con el que actualmente cuenta el buque objeto de estudio, consiste en tres sistemas idénticos e independientes de compresión de vapor estándar conectados a la red de 12 voltios de corriente continua Isotherm 2001 (Figura 2-16) de 76 W de potencia, equipados con compresor Danfoss BD35F. Dos de ellos alimentan cada uno a una de las neveras del buque, no observándose anomalías en su funcionamiento. El restante alimenta el congelador y es aquí donde se detectan problemas, ya que con la energía disponible a bordo no es capaz de realizar su función.



Figura 2-16 Equipo de refrigeración Isotherm 2001 (www.seatronic.no)

2.4 Sistemas hidráulicos a bordo de embarcaciones de recreo

2.4.1 Introducción a los sistemas hidráulicos

Un sistema hidráulico es un circuito relleno de un fluido en estado líquido (de ser un gas se trataría de sistema neumático) utilizado para transmitir a través de este una fuerza mecánica. Normalmente constan de una bomba, un depósito de fluido hidráulico, tubos para canalizar el fluido, válvulas para controlar el paso de este y finalmente los actuadores, que son los que reciben la potencia transmitida por el fluido para su aplicación sobre algún elemento externo al circuito.

El funcionamiento del sistema, detallado en la Figura 2-17 es el siguiente: al activarse la bomba, esta toma fluido hidráulico del depósito y lo presuriza por todo el circuito, las válvulas al abrirse o cerrarse, permiten que el fluido llegue a los actuadores que nos interesa accionar, por último, los actuadores aplican la fuerza transmitida por la presión del fluido.

Es necesario mencionar que el fluido hidráulico empleado en el circuito debe tener propiedades lubricantes y ser no corrosivo y no compresible.

Las aplicaciones más comunes de estos sistemas son, por ejemplo, sistemas de frenado, elevadores, gatos hidráulicos o prensas. [17]

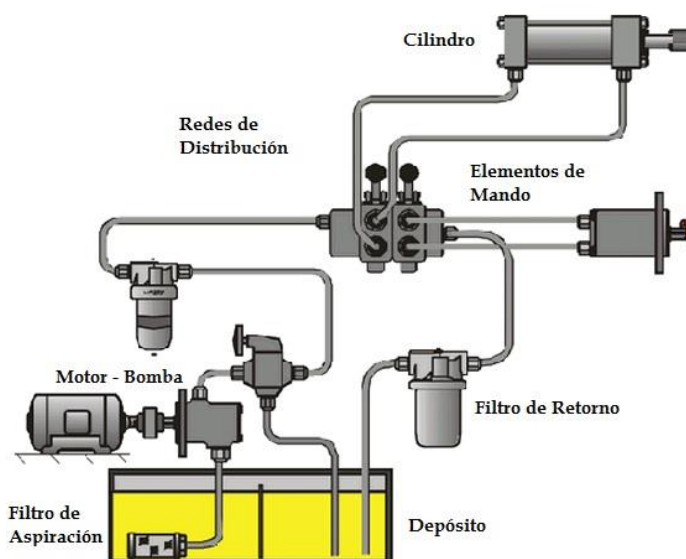


Figura 2-17 Esquema de un circuito hidráulico simple (www.industrial-automatica.com)

A bordo de buques de recreo los sistemas hidráulicos pueden utilizarse para accionar la pala del timón a partir de las órdenes de caña, flaps para controlar la estabilidad, enrolladores para velas y molinetes para la faena de anclas.

2.4.2 Instalación hidráulica de la goleta “Aguete”

La instalación hidráulica instalada a bordo de la goleta “Aguete” consta de un único motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200 (Figura 2-18) cuyo propósito es accionar los enrolladores del interior de los palos para extender o recoger las velas.



Figura 2-18 Motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200 (www.lewmar.com)

Este motor electro-hidráulico tiene una gran demanda de energía eléctrica, por lo que va alimentado por un grupo de baterías propio situado en el camarote de proa a babor. Este grupo está compuesto por tres baterías conectadas en paralelo de 12 V, 110 A/h y 680 A.

2.5 Almacenamiento de energía a bordo de embarcaciones de recreo

Uno de los principales problemas de los que aqueja la goleta “Aguete” es el almacenamiento y distribución de la energía producida. Actualmente el “Aguete” cuenta con cuatro grupos diferentes de baterías repartidas por todo el buque que están compuestas por baterías de distintas características. Estas baterías cuentan ya con bastantes años de servicio a sus espaldas y no ofrecen las prestaciones oportunas. Su deterioro afecta al correcto desempeño de los equipos de a bordo debido a una entrega de potencia irregular e insuficiente en algunos casos, requieren mucho tiempo para recargarse con el alternador del propio buque y es probable que no alcancen nunca el estado de carga completa.

Mediante el análisis de las baterías para náutica actualmente disponibles en el mercado se intentará encontrar una solución que satisfaga los requisitos del buque, centralizando el almacenamiento de energía consiguiendo así un ahorro significativo en términos de espacio y peso.

2.5.1 Introducción al almacenamiento de energía mediante baterías

Una batería es un dispositivo de almacenamiento de energía capaz de alimentar un circuito eléctrico con electricidad obtenida de la energía química contenida en su interior. Mediante la reacción química que se produce en su interior, se genera un exceso de electrones en su polo negativo y una ausencia en de estos en el polo positivo. Al conectarse a un circuito eléctrico, como se aprecia en la Figura 2-19, aparece un flujo de electrones que se dirigen desde el polo negativo al positivo debido a la

diferencia de potencial eléctrico que existe entre los dos (voltaje de la batería). A este artefacto se le conoce como pila Daniell.

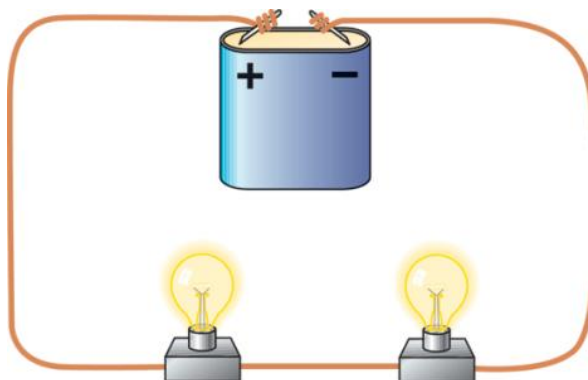


Figura 2-19 Esquema de un circuito eléctrico con batería (www.circuits.com)

La duración de este proceso es finita, es decir, finaliza cuando se completa la reacción química en el interior de la batería y ya no hay más intercambio de electrones. A medida que se consume la batería el nivel de electrones producido disminuye, lo que lleva a una disminución de la diferencia de potencial eléctrico en los polos de la misma. Es por eso que el nivel de carga de una batería puede comprobarse midiendo la diferencia de potencial en sus polos. Cuando la batería se agota la diferencia de potencial entre estos, pasa del voltaje original de la batería a cero. Existe un tipo de baterías conocidas como recargables en los que la reacción química antes descrita es reversible. Conectando estas baterías descargadas en paralelo a una fuente de un voltaje ligeramente mayor al de la batería logramos invertir la reacción química y recargar la batería. Este proceso tampoco es posible repetirlo infinitas veces debido al deterioro de los materiales y componentes internos de la batería. [18]

Atendiendo al uso que reciben, en una embarcación encontramos dos tipos de baterías: las de arranque y las de carga cíclica. Las primeras tienen un tamaño más reducido en relación a la potencia que entregan. Contienen un mayor número de células en su interior lo que les permite entregar los grandes picos de potencia necesarios para arrancar un motor propulsor y además se recargan casi inmediatamente después del arranque. Su principal inconveniente es que no están diseñadas para entregar potencia durante periodos prolongados ni para realizar ciclos sucesivos de carga y descarga. El segundo tipo están diseñadas para almacenar una cantidad mayor de energía y liberarla más progresivamente y permiten ciclos sucesivos de carga y descarga. En contraposición son más grandes y pesadas y requieren ciertos cuidados y mantenimientos. [19]

2.5.2 Baterías abiertas o de celda húmeda

Las baterías abiertas (Figura 2-20) son las de diseño más antiguo y de uso más extendido. Es el tipo más barato de baterías para usos de náutica. Proporcionan potencia pesando algo menos que baterías con diseños más modernos. Su principal inconveniente es estar rellenas de ácido sulfúrico que puede supurar lentamente a través de las paredes de la batería a lo largo de la vida útil de esta. Este ácido en contacto con el agua de mar produce una reacción química que da lugar a gases altamente tóxicos. Además, las baterías de este tipo requieren ser rellenas cada poco tiempo con agua destilada que utilizan para absorber el calor generado durante las recargas, en este proceso, además, liberan oxígeno e hidrógeno, lo que provoca una atmósfera potencialmente explosiva si el compartimento que las contiene no está adecuadamente ventilado. Es necesario añadir que, con elevados ángulos de escora del buque, estas baterías podrían verter al exterior gran parte del ácido que contienen. Mantienen la su carga en reposo solo durante pocos meses.

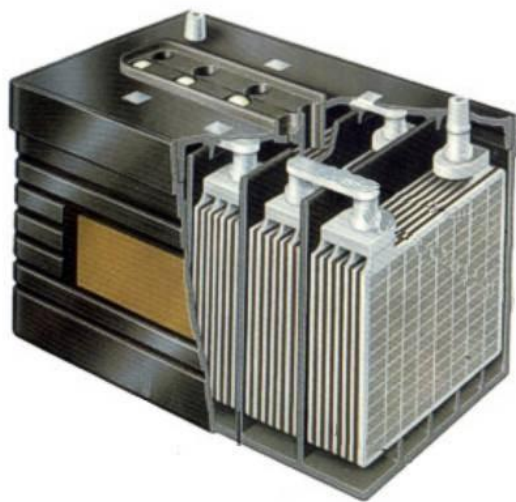


Figura 2-20 Corte esquemático de una batería de celda húmeda (www.rincondeciencia.com)

Dentro de este tipo encontramos un subtipo llamado baterías cerradas o sin mantenimiento, utilizadas normalmente en aplicaciones de automoción. No necesitan ningún mantenimiento y son más seguras que las baterías de celda húmeda. Además, en su interior incorporan calcio para ralentizar la descarga de la batería, a cambio de un tiempo de recarga mayor. Estas baterías son las más adecuadas en relación calidad frente a precio para un banco de baterías de servicio. [19] [20] [21]

2.5.3 Baterías de gel

En este tipo de baterías (Figura 2-21) el electrolito es viscoso y parecido a una pasta gelatinosa. Está compuesto mayoritariamente por agua, silicio, ácido fosfórico y ácido sulfúrico. Dada la naturaleza del electrolito es prácticamente imposible que existan fugas, por lo que la batería puede operarse en cualquier posición. Vienen selladas y no necesitan ningún mantenimiento, además, equipan una válvula de seguridad para liberar posibles emanaciones de gas debido a sobrecargas. El gel consigue que, sin utilizarse, estas baterías solo pierdan el 1 % de su carga al mes y que pueda descargarse hasta un 75 % de su capacidad sin sufrir deterioro, a cambio de esto, es necesario un voltaje mayor que el necesario para cargar una batería convencional de plomo-ácido con el fin de conseguir una velocidad de recarga aceptable. Este tipo de baterías son de las más indicadas para utilizar como baterías de servicio. Su precio es ligeramente superior al de una batería convencional de plomo-ácido con características similares. [19] [20] [21]



Figura 2-21 Batería de gel disponible en el mercado (www.westmarine.com)

2.5.4 Baterías AGM (“Absorbed Glass Mat”)

Las baterías AGM, como se observa en la Figura 2-22, están compuestas en su interior de unas placas de fibra de vidrio con un relleno de ácido sulfúrico entre ellas. Durante la carga, el oxígeno producido migra al electrodo negativo de la batería recombinándose con el hidrógeno presente y generando agua para la refrigeración. Las baterías AGM son más resistentes a los golpes y a las vibraciones que las baterías de gel, y también pueden operar en cualquier posición, además, como estas últimas, también vienen selladas y no requieren mantenimiento.

La resistencia interna de estas baterías frente a los tipos descritos anteriormente es mucho menor, permitiendo esto una carga más rápida y la entrega de mayores picos de potencia. Admiten una corriente de carga del 40 % de la corriente de descarga de la batería frente al 30 % de las baterías de gel o el 25 % de las baterías de celda húmeda. Esta propiedad las convierte en unas baterías ideales para uso dual a bordo, tanto para baterías de servicio, como para baterías de arranque. El porcentaje de descarga por desuso de estas baterías es de un 3 % mensual y pueden descargarse casi en su totalidad sin sufrir daños internos irreversibles.

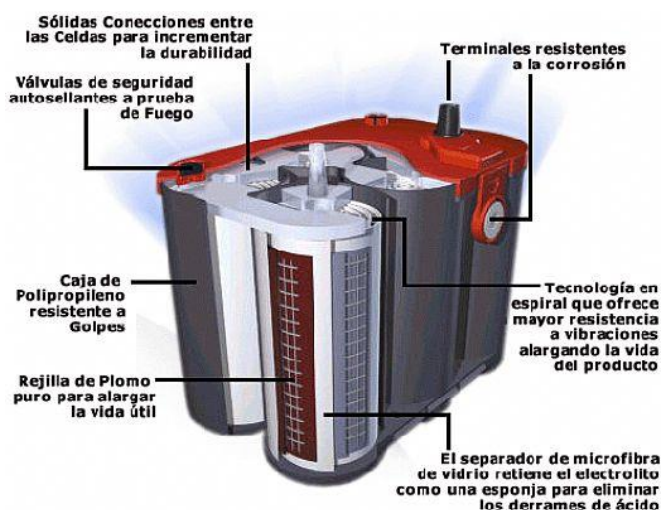


Figura 2-22 Corte esquemático de una batería AGM (www-jd-repuestos.com)

El principal inconveniente de estas baterías es su precio, mucho más elevado que el de los tipos anteriormente mencionados, así como la necesidad de instalar en el buque un dispositivo de carga inteligente, pues es necesario respetar la curva de carga de estas baterías ya que son muy sensibles a cambios en el voltaje y la corriente durante la carga. No tienen buena resistencia a las sobrecargas, sufriendo daños irreversibles. [19] [20] [21]

2.5.5 Baterías de ion-litio

Es el modelo más moderno de baterías y actualmente se encuentra en fase de pruebas y su uso se restringe a embarcaciones de competición. La principal ventaja de estas baterías es un ahorro del 70 % en peso y volumen a igualdad de capacidad frente a las baterías convencionales de celda húmeda.

Estas baterías consiguen sus ventajosas prestaciones mediante el uso de litio, un metal muy ligero y con grandes propiedades electroquímicas. Los fabricantes que actualmente trabajan en este tipo de baterías experimentan combinando el litio con cobalto, manganeso, fosfato de hierro y otros compuestos para optimizar su funcionamiento.

Las baterías de litio (Figura 2-23) llevan incorporado un sistema electrónico que controla la distribución interna de carga de las celdas, así como su ciclo de carga y descarga, que resulta extremadamente rápido frente a las baterías disponibles actualmente en el mercado.



Figura 2-23 Batería de ion-litio (www.masmar.net)

El principal inconveniente de estas baterías será sin duda su elevado precio cuando estén disponibles para su adquisición en el mercado, además, es posible que estas baterías requieran una operación muy minuciosa dado que los prototipos actuales tienden a recalentarse e incendiarse. Actualmente no se encuentran disponibles las curvas de carga de estas baterías, pero sus fabricantes afirman que aun perdiendo un 80 % de su carga no solo no se dañan, si no que siguen entregando un amperaje suficiente para el consumo de a bordo. Se desconoce la pervivencia de la carga eléctrica de estas baterías cuando no están en uso. [22]

2.5.6 Sistemas de carga inteligente de baterías

Uno de los mayores problemas a los que se tiene que hacer frente a bordo de una embarcación de recreo, es la recarga de las baterías utilizando el alternador que está accionado por el motor principal. Este proceso es lento, ruidoso y requiere gastar mucho combustible como consecuencia del uso del motor principal para la recarga.

La lentitud en la recarga de las baterías que actualmente se usan en el mercado se explica a continuación.

Cuando se conecta una carga a una batería, esta experimenta una caída de potencial transitoria que se suele reponer al cabo de pocos minutos. Cuando como en este caso, conectamos la batería a un cargador, ocurre el mismo fenómeno, pero en sentido inverso, es decir, se sufre un pico transitorio de voltaje, pero en este caso, la batería no suele recuperar la tensión original. Ante este aumento de voltaje, el cargador de la batería interpreta que la batería tiene ya un nivel elevado de carga y reduce el amperaje que va a la batería para evitar sobrecargarla o producir un aumento de temperatura que pueda dañarla, es por esto que el proceso de carga puede comenzar a 30 Ah y reducirse a 2 o 3 Ah a los pocos minutos produciendo un gran retardo en la recarga de la batería.

El Sistema de recarga de baterías inteligente (Figura 2-24) es fundamental para operar con baterías que requieren una curva de recarga muy concreta, como por ejemplo las baterías tipo AGM, aunque optimizarán el tiempo de carga y la energía producida por el alternador sea cual sea el tipo de baterías que se monten en el buque.

Estos sistemas regulan automáticamente el voltaje a la salida del cargador de baterías en periodos espaciados en el tiempo (2, 3 y 4 fases) controlando incluso la temperatura de las baterías si disponen de los sensores necesarios para ello. Si bien cada fabricante utiliza su propio método, lo habitual es que en la fase inicial de carga se eleve el voltaje hasta los 14,6 V con el fin de lograr una rápida carga

inicial, después el voltaje se reduce quedando entorno a los 14 V para seguir cargando la batería sin comprometer su temperatura interna. En la última fase el voltaje se estabiliza entorno a los 13,5 V, llamado voltaje de flotación para prevenir la auto descarga.



Figura 2-24 Cargador inteligente de baterías (www.blackanddecker.es)

Los distintos fabricantes utilizan diferentes métodos, pero todos entregan unos resultados muy similares. Algunos cargadores inteligentes actúan electrónicamente sobre el voltaje de salida del alternador del buque en función de la carga y temperatura monitorizada en las baterías. Otros, instalan un transformador situado inmediatamente antes de las baterías que sacrifica amperaje para elevar el voltaje en las diferentes fases asegurando un ciclo correcto de recarga. La tercera opción consiste en la instalación de un alternador con elevado amperaje de salida que posee un regulador integrado. Este conjunto sustituye al alternador original del buque. [23] [24]

2.6 Marco legislativo

Actualmente en España, las normas legales que regulan los requerimientos para el manejo y operación de las embarcaciones de recreo son: la Orden Ministerial de Fomento 1144/2003 de 28 de abril modificada por la Orden Ministerial de Fomento 1076/2006 de 29 de marzo que regula los equipos de navegación, salvamento, comunicaciones, seguridad y medioambiente que se aplican a todas las embarcaciones consideradas en el artículo segundo del Real Decreto 1434/1999 de 10 de septiembre que entró en vigor el 12 de agosto de 2003. Además, la adaptación al marco jurídico español del convenio SOLAS ("Safety Of Life At Sea") de la Organización Marítima Internacional (OMI) está recogida por el Real Decreto 809/1999 de 14 de mayo.

Al tratarse la goleta "Aguete" de un buque de consideración militar al estar dado de alta en la Lista Oficial de Buques de la Armada Española, no es necesario que cumpla estos requisitos, pero dada la función que desempeña, que es más similar a la de una embarcación de recreo que a la de un buque militar, sí sería conveniente que lo hiciera.

Según la legislación vigente, el "Aguete" está considerado un buque de los denominados de Zona 4, que significa embarcaciones de recreo de uso costero que no pueden alejarse más de 12 millas náuticas de la costa, lo cual encaja adecuadamente con las funciones que desempeña el buque. La siguiente categoría sería la Zona 3, que autoriza a navegar hasta 25 millas náuticas de la costa y estaría considerado buque de alta mar, lo cual excede las características del "Aguete". [25]

Todos los equipos necesarios listados en esta normativa pueden encontrarse en el documento de seguridad en las actividades náuticas redactado por Salvamento Marítimo que se encuentra en el [Anexo III](#) de este trabajo.

De entre los equipos recogidos por la normativa serán mencionados a continuación aquellos de los que el "Aguete" carece, y también serán evaluados los equipos electrónicos dependientes de los servicios de electricidad del buque recogidos en la normativa y con los que cuenta el buque.

Actualmente el buque carece de los siguientes equipos que son de obligatoria instalación en las embarcaciones para poder ser incluidas en la consideración de Zona 4:

- Campana. Necesaria para producir sonidos de aviso en buques de más de 15 m de eslora.
- Instalación fija de contraincendios.
- Extractores de gases.
- Equipo de desmenuzado y desinfección de aguas sucias.
- Equipos de tratamiento de aguas sucias.

Es necesario recordar que, al tratarse el "Aguete" de un buque de consideración militar no está obligado a portar estos elementos.

Los equipos electrónicos mencionados en esta normativa y el modelo de los que equipa el buque son:

- VHF portátil: Simrad AHK05E
- VHF fijo con llamada selectiva digital: Simrad RD 68 y RS 25
- OM/HF o INMARSAT: HF Icom IC-718
- Navtex: NCR-333
- Radiobaliza RLS
- Transpondedor radar SART
- GPS: Furuno GP-32 y Furuno Navigator

3 DESARROLLO DEL TFG

En el desarrollo de este apartado se evaluará y se describirá el estado de las instalaciones y equipos del buque, las comprobaciones realizadas sobre los equipos, así como el diagnóstico de las fallas detectadas.

3.1 Descripción de la plataforma

El velero-escuela “Aguete” (A-79) representado en la Figura 3-1, es un velero modelo Formosa 51, tipo queche de dos palos, estando el palo mayor a media eslora y el palo mesana a popa. Su superficie vélica estándar es de 89 metros cuadrados.

Tiene una eslora de 15,5 metros, una eslora máxima de 4,3 metros, cala 1,9 metros y su desplazamiento es de 25 toneladas.

A parte del aparejo, dispone para su propulsión de un motor diésel Yanmar 6LP-DTE de 250 CV de potencia, además de un motor diésel-generador de la marca Solé para generación de electricidad.

Se desconoce la fecha exacta de construcción del buque, pero se sabe que el modelo 51 fue construido por la desaparecida Formosa Boat Building Company en Taiwán desde 1972 a 1984, por lo que se cree que fue construido en la década de 1970. [26]

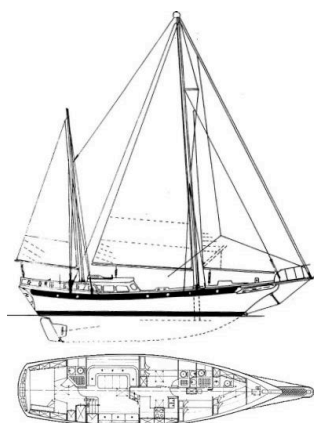


Figura 3-1 Representación esquemática del modelo Formosa 51 (www.sailboatdata.com)

3.2 Descripción original del buque

3.2.1 Instalaciones originales del buque

La goleta “Aguete” desde su llegada a manos de la Armada Española y de la Escuela Naval Militar mantiene su estructura y naturaleza intacta, es decir, no se le ha realizado ninguna gran remodelación y conserva en su mayoría los equipos originales con los que se le dotó en el astillero o que se instalaron posteriormente dado que como no se sabe demasiado sobre la historia de este buque antes de su entrada en servicio con la Armada, es imposible afirmarlo con seguridad.

Lo que, si se sabe a ciencia cierta, es que contaba con un sistema de generación de electricidad de 110 V de corriente alterna para proveer de energía al buque y así cargar sus grupos de baterías para alimentar a los equipos de a bordo. El motivo de contar con un sistema de generación de corriente alterna de 110 V puede deberse a que el buque en primera instancia estuviera destinado al mercado estadounidense.

La instrumentación del buque se ha mantenido inalterada a lo largo del tiempo, aunque se ha complementado con la adición de algunos equipos extra para adaptar este barco a su nueva vida como velero-escuela en la Escuela Naval Militar.

En cuanto al aparataje del buque en lo que a maquinaria para asistir a la maniobra y navegación de un buque a vela de estas características se refiere, también se ha mantenido inalterada, y el “Aguete” sigue contando con el molinete del ancla, el motor electro-hidráulico para la operación de los enrolladores de las velas, los gúinches eléctricos para la cabuyería y la empujadora de proa con los que llegaron a manos de la Armada en 2006.

Todos los equipos mencionados en este apartado se detallarán con todas sus características más adelante a lo largo de este trabajo.

3.2.2 Modificaciones realizadas sobre la instalación original del buque

Una vez introducida la idea de los equipos con los que contaba la goleta antes de iniciar su andadura en la Armada, se enunciará brevemente a continuación las modificaciones en la instalación original efectuadas para adaptar el buque a sus nuevas funciones como velero-escuela, ahondando en sus detalles más adelante en su apartado correspondiente.

En primer lugar y para adaptar el buque a los estándares de la Armada, se sustituyó tanto el motor generador como la instalación de corriente alterna de 110 V para pasar a una de corriente alterna a 220 V y 50 Hz.

Como generador se instaló un Solé Mini-17 acoplado a un alternador Meccalte T20FS-130/A. Este provee de corriente alterna al cuadro principal situado en el mamparo lateral de popa babor en el comedor-cocina del buque. De ahí la corriente eléctrica se lleva a los cargadores de los diferentes grupos de baterías que se le instalaron al buque durante su adaptación (cinco grupos en total, de los que uno es de 24 V de corriente continua).

Todos los equipos de navegación del buque, luces y aparataje de cubierta funcionan con corriente continua a 12 V procedente de las baterías, a excepción de la empujadora de proa, cuyo motor eléctrico funciona a 24 V de corriente continua que proviene de un grupo especial de baterías que dispone de su propio cargador.

Los únicos equipos del buque que funcionan con 220 V de corriente alterna son los electrodomésticos que se instalaron para adecuar la habitabilidad y la supervivencia a los cruceros que debería realizar el buque durante la siguiente etapa de su vida, así como un ordenador doméstico que se incluyó en el camarote de popa para asistir a los equipos de navegación. Estos equipos obtienen la corriente de los grupos de baterías de 12 V de corriente continua de popa que antes de llegarles se hace pasar por unos inversores 12 VCC-220 VCA de 500 W.

La otra modificación de importancia es la nueva instalación de frío a bordo del buque. Se aprovecharon los espacios de refrigeración disponibles que ya traía el buque consigo y que constaban de dos neveras y un congelador y se le instalaron tres grupos idénticos de refrigeración por compresión de vapor Isotherm 2001 que funcionan con corriente continua de 12 V de uno de los grupos de baterías de popa.

3.3 Planta propulsora del buque

La goleta “Aguete” lleva equipado un motor diésel marino Yanmar 6LP-DTE similar al que aparece en la Figura 3-2 para la propulsión de la misma. Este motor entrega su potencia a un único eje situado a crujía que atraviesa el espejo por popa y termina en la única hélice de la que dispone el buque.

Se trata de un motor diésel de cuatro tiempos con una disposición en línea de seis cilindros con veinticuatro válvulas y una cilindrada de 4163 CC. La aspiración del motor es sobrealimentada mediante un turbo RHE62W e “intercooler”. Utiliza un sistema mecánico de inyección directa empleando una bomba de combustible Bosch VE6.

El sistema de refrigeración del motor es dual, es decir, utiliza un circuito cerrado de agua dulce con una capacidad de 13,5 L para la refrigeración del bloque motor y esta es enfriada mediante un circuito abierto al mar de agua salada.

El motor es de cárter húmedo. La lubricación del motor es forzada, mediante una bomba accionada mecánicamente ubicada en el cárter. La capacidad del cárter es de 10 litros y se debe utilizar aceite SAE 3. El turbo se refrigera y lubrica de la misma manera, y el sistema de refrigeración también es usado por el “intercooler”.



Figura 3-2 Motor Yanmar 6LP-DTE (www.boatdesign.net)

Este propulsor demanda para su motor de arranque una batería de 12 V de corriente continua que pueda soportar un pico de 200 A (2500 W) por eso el fabricante recomienda el uso de una batería de 12 V y 80 Ah o mayor. Actualmente para el arranque se podrían utilizar todos los grupos de baterías de 12 V de corriente continua del buque, a excepción del que se utiliza para arrancar el diésel-generator.

El alternador de este motor entrega, en el caso de estar cargando las baterías 80 A de corriente continua a 12 V.

El bloque motor se encuentra situado a crujía, bajo el suelo del comedor-cocina, con la salida de potencia hacia popa. Está anclado al casco en la sentina mediante polines y rodeado por un aislante de goma anti vibraciones.

El motor entrega una potencia a un régimen normal de 3600 RPM de 210 CV y una potencia máxima de 250 CV a 3800 RPM. [27]

3.4 Estado actual de la planta hidráulica del buque

A día de hoy la goleta “Aguete” equipa un número reducido de aparatos hidráulicos. Actualmente solo monta un único equipo electro-hidráulico que es el motor Lewmar Commander 200 que se encuentra alojado bajo el camarote de proa en el costado de babor del buque. La misión de este motor es actuar sobre los enrolladores de las velas, tanto para desplegarlas como para recogerlas.

Este motor electro-hidráulico funciona con corriente continua de 12 V proporcionada por su propio grupo de baterías (tres baterías en paralelo de 12 V, 110 Ah y 680 A) que se encuentra situado al lado del motor. Este grupo de baterías se carga utilizando el cargador de baterías de popa.

Este motor, de aspecto cilíndrico. Tiene unas dimensiones aproximadas de 24 cm (diámetro de la base) por 65 cm de altura.

Atendiendo a las especificaciones técnicas, esta unidad requiere la utilización aceite hidráulico de tipo ISO 32 en su depósito de 9 litros. Recaltar que puede llegar a consumir un máximo de 3840 W (320 A) a su régimen más alto de funcionamiento, operando a una presión de hasta 140 bar y con un caudal máximo de 16 litros/minuto como es posible apreciar en la Figura 3-3. [28]



Figura 3-3 Gráfico de rendimiento del motor electro-hidráulico (www.lewmar.com)

Tanto el motor como su instalación se encuentran en un estado normal de conservación y operan normalmente, no obstante, debido a su alto consumo eléctrico, se observa un desempeño insuficiente tras un tiempo prolongado en la mar, cuando la carga de las baterías es baja, o cuando hay demasiados equipos eléctricos conectados a la vez en el buque debido a que a pesar de disponer de su grupo de baterías propio, este se encuentra conectado en paralelo con los dos grupos de baterías de servicios generales desde los cuales se carga, no obstante, si los grupos de baterías de servicios generales perdiesen demasiada carga se produciría transferencia de carga desde las baterías del motor electro-hidráulico a estas.

3.5 Estado actual de la planta eléctrica del buque

Para explicar el estado de la planta eléctrica del buque se separarán los diferentes servicios de electricidad con los que cuenta el barco: servicio de 220 V de corriente alterna y servicios de 12 y 24 V de corriente continua.

3.5.1 Servicio de 220 V de corriente alterna

La instalación de 220 V de la Goleta “Aguete” se alimenta de un diésel-generator Solé Mini-17 acoplado a un alternador Meccalte modelo T20FS-130/A que entrega una potencia de 8000 VA al cuadro de distribución principal del buque, visible en la Figura 3-4, que se encuentra en el comedor-cocina a popa del mamparo de babor. Desde ahí, se distribuye a los cargadores de baterías de proa para su conversión a 24 V de corriente continua y de popa para su conversión a 12 V de corriente continua.



Figura 3-4 Cuadro de distribución principal del buque

Para la alimentación de electrodomésticos o de los equipos de asistencia a la navegación que funcionan con 220 V de corriente alterna, existen dos inversores de 500 W de potencia cada uno. Uno situado en el camarote de popa y otro situado en el comedor-cocina como se aprecia en la Figura 3-5, ambos se alimentan del grupo de baterías de popa de 12 V de corriente continua.



Figura 3-5 Inversor situado en el comedor-cocina

En caso de encontrarse atracados en puerto y disponer de una toma de 220 V de corriente alterna, esta sustituiría al diésel-generator para proveer al buque de corriente eléctrica.

3.5.2 Servicio de 12 V de corriente continua

El servicio de 12 V de corriente continua de la goleta “Aguete” se compone de tres grupos de baterías situadas en proa, popa y centro del buque para alimentar a los diferentes equipos.

En popa, bajo los asientos del comedor-cocina en el costado de babor encontramos un grupo doble, compuesto por un grupo de tres baterías de 12 V, 100 Ah y 830 A en paralelo con otro compuesto por cuatro baterías de 12 V, 70 Ah y 640 A. Estas baterías disponen de un cargador Ferve F-2330 (Figura 3-6) de 680 W.



Figura 3-6 Cargador Ferve F-2330 (www.ferve.com)

La misión de estas baterías consiste en alimentar todos los equipos electrónicos de 12 V del buque, así como la iluminación del mismo y los inversores para los equipos de 220V de corriente alterna, además, sirven para arrancar el motor principal.

Pasando al centro del buque, encontramos un grupo de baterías formado por una única batería de 12 V, 100 Ah y 830 A. La única finalidad de esta batería es el arrancado del motor diésel-generator y se alimenta directamente de la corriente generada por el alternador de este último que entrega 40 A a 12 V de corriente continua.

Bajo el camarote de proa (Figura 3-7), en el costado de babor, encontramos el último grupo de baterías de este servicio formado por tres baterías conectadas en paralelo de 12 V, 110 Ah y 680 A. Este grupo se encarga de proveer corriente eléctrica al motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200 que acciona los enrolladores de las velas. Estas baterías se cargan utilizando el cargador de baterías del grupo de popa, y además pueden utilizarse también para el arrancado del motor principal.

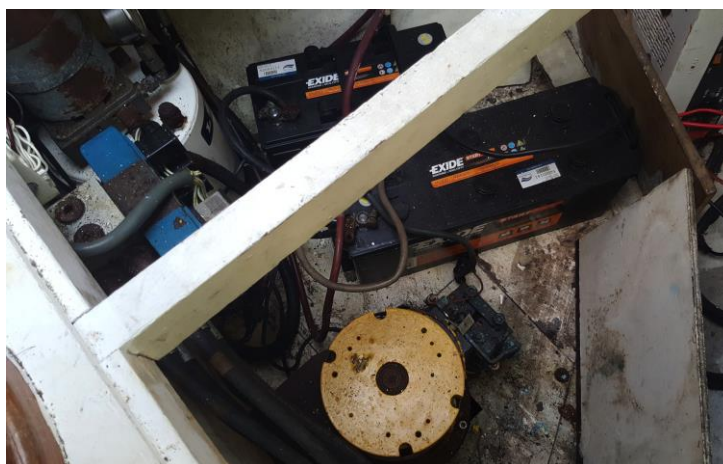


Figura 3-7 Compartimento bajo el camarote de proa

3.5.3 Servicio de 24 V de corriente continua

En este apartado se tratará el último servicio de electricidad de la goleta “Aguete”, el de 24 V de corriente continua.

Este servicio está formado por un único grupo de baterías compuesto por dos baterías conectadas en serie de 12 V 142 Ah y 850 A. Este grupo se encuentra situado bajo el camarote de proa en el costado de estribor y se utiliza única y exclusivamente para alimentar el motor de la hélice empujadora de proa Vetus BOWPROP 8024D, visible en amarillo en la Figura 3-7 y en la Figura 3-8.

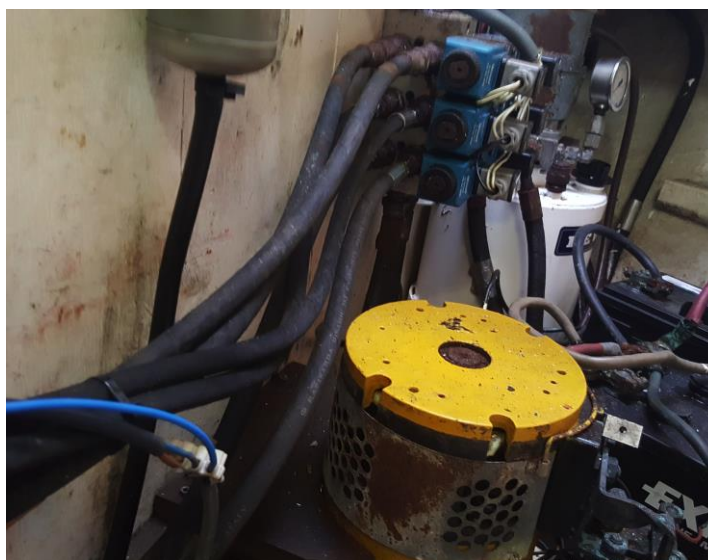


Figura 3-8 Empujadora de proa y motor electro-hidráulico

Este grupo dispone de su propio cargador Ferve F-2330 de 680 W alimentado por 220 V de corriente alterna desde el cuadro de distribución principal.

3.6 Balances de la planta eléctrica de la goleta “Aguete”

A continuación, se listarán los diferentes equipos de los que dispone el buque en función del servicio eléctrico al que están conectados, así como sus consumos eléctricos nominales especificados

por sus respectivos fabricantes. También se detallan los equipos que actualmente se encuentran inoperativos.

La finalidad de estos listados es proveer la información necesaria para poder elaborar más adelante un plan de consumo en el que se especifique el tiempo diario de funcionamiento de cada equipo para poder establecer un consumo diario total, a partir del cual, poder dimensionar distintas posibilidades de generación y almacenamiento de energía a bordo que se plantearán como posibles mejoras a la planta eléctrica del buque.

3.6.1 Balance de 220 V de corriente alterna

Equipo	Cantidad	Consumo unitario
Monitor Benq BL902	1	25,8 W
Ordenador de sobremesa	1	100 W
Congelador portátil	1	150 W
Microondas Schneider SMW3G	1	1080 W
Cafetera Nespresso	1	1200 W
Televisor Toshiba SE-R0329	1	35 W
Minicadena	1	12 W
Altavoces	2	25 W
Deshumidificador	1	320 W
Bomba de calor	3	2000 W
Cargador de baterías Ferve F-2330	2	680 W

Tabla 3-1 Relación de equipos del servicio de 220 V

Los tres primeros equipos, así como los enchufes del camarote de popa están alimentados por un inversor situado en el camarote de popa en el armario del costado de estribor que puede entregar hasta un máximo de 500 W. El consumo normal de los equipos de popa no supera en ningún caso los 200 W, por lo que esto no supone un problema.

El resto de enchufes y equipos de corriente alterna del barco están alimentados por otro inversor de las mismas características situado en un armario del mamparo de babor del comedor-cocina.

Ambos inversores convierten la corriente continua de 12 V del grupo de baterías de popa en 220 V de corriente alterna.

3.6.2 Balance de 12 V de corriente continua

3.6.2.1 Equipos de navegación

Equipo	Cantidad	Consumo unitario
Navtex NCR-333	1	10 W
Northstar Explorer 660	1	17 W
Raytheon R10X Raster Scan Radar	1	45 W
Sondador Raymarine Autohelm ST60	1	8 W
AIS Simrad AI50	1	12 W
GPS/WAAS Furuno GP-32	1	3 W
VHF Simrad RD68	1	8 W
VHF Simrad RS25	1	8 W
VHF Simrad AHK05E	1	5 W
HF Icom IC-718	1	20 W
GPS Furuno Navigator *	1	2,8 W
Raymarine Autohelm Autopilot 6000	1	84 W
Raytheon Masterview	1	8 W
Raytheon Graphics	1	8 W
Anemómetro Simrad IS20	1	1,3 W

Tabla 3-2 Relación de equipos de navegación

*Equipos actualmente inoperativos.

3.6.2.2 Servicios generales

Equipo	Cantidad	Consumo unitario
Inversor 12-220 V	2	500 W
Bombillas	28	21 W
Refrigerador Isotherm 2001	3	15 W
Ventiladores	6	0,84 W
Radiocassette LTC CDD-1050	1	200 W
Fluorescentes	2	21 W
Bomba de agua dulce	1	100 W
Bomba agua salada *	1	100 W
Osmotizador *	1	750 W
Altavoz Philips	1	25 W

Tabla 3-3 Relación de equipos de servicios generales

*Equipos actualmente inoperativos.

3.6.2.3 Alumbrado

Equipo	Cantidad	Consumo unitario
Luz roja derrota	1	12 W
Bombillas	28	21 W
Luz de tope	1	55 W
Luz de alcance	1	12 W
Luz de fondeo	1	12 W
Luz verde estribor	1	12 W
Luz roja babor	1	12 W
Luz de cubierta	1	55 W

Tabla 3-4 Relación de equipos de alumbrado

3.6.2.4 Equipos de maniobra

Equipo	Cantidad	Consumo unitario
Cabrestante eléctrico Lewmar 40	2	1650 W
Motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200	1	3850 W
Molinete ancla Muir HE-1100	1	1200 W

Tabla 3-5 Relación de equipos de maniobra

3.6.3 Balance de 24 V de corriente continua

Equipo	Cantidad	Consumo unitario
Empujadora de proa Vetus BOW 8024D	1	4700 W*

Tabla 3-6 Relación de equipos del servicio de 24 V

*La empujadora de proa soporta una corriente de 280 A durante cuatro minutos seguidos como máximo. No se recomienda superar los cuatro minutos de uso a la hora.

3.7 Generación de energía eléctrica a bordo del buque

La generación eléctrica de este buque corre a cargo de un motor auxiliar diésel-generador Solé Mini-17 fabricado por Mitsubishi.

Se trata de un motor diésel de cuatro tiempos y dos cilindros en línea con una cilindrada de 635 CC. y una potencia de 16 CV a 3000 RPM. A este régimen tiene un consumo de 3,4 litros a la hora. Cuenta con aspiración natural, una relación de compresión de 22 a 1 e inyección indirecta de combustible. La refrigeración se lleva a cabo en un intercambiador de calor por el que circula agua de mar.

El alternador de este generador provee a su propia batería de corriente continua de 12 V y 40 A.

El motor diésel va acoplado a un generador monofásico de cuatro polos Meccalte modelo T20FS-130/A que genera 230 V de corriente alterna a 50 Hz que es capaz de generar un máximo de 8000 VA aparentes con un factor de potencia de 0,8. El generador lleva incorporado a la salida un regulador de corriente. [29]

3.8 Modos posibles de operación de la planta eléctrica

La planta eléctrica de la goleta “Aguate” dispone de dos selectores y un interruptor que permiten escoger la fuente de alimentación que deseamos que utilice el buque, otro que permite elegir que grupo de baterías está cargándose o entregando energía eléctrica a la instalación y, por último, el interruptor que está situado bajo el sofá de popa que permite que la corriente continua de 12 V generada por el alternador del motor principal cargue las baterías.

El primer selector, como se puede ver en la Figura 3-9, es de tres posiciones y se encuentra situado en el mamparo de babor del comedor-cocina, justo a popa del cuadro de distribución principal. Este selector nos permite escoger la posición "1", que hace que el cuadro de distribución principal se alimente de corriente alterna de 220 V de tierra. Si elegimos la posición "2", el buque se alimentará de la corriente alterna provista por el motor diésel-generador. Existe también una tercera posición, la posición "0", que es la posición neutra del selector.



Figura 3-9 Selector de alimentación de corriente

En cuanto al selector de baterías que se encuentra situado bajo el sofá del comedor-cocina, dispone de cuatro modos distintos de operación. En todos los modos es posible el arranque del motor principal del buque. Llevando el selector a las posiciones "0" o "1" se estarán cargando el grupo doble de popa, y si se seleccionan las posiciones "1+2" o "2" se estarán cargando los grupos doble de popa y el de 12 V de proa. A su lado se encuentra el selector que permite cargar las baterías mediante el alternador del motor principal. Ambos son visibles en la Figura 3-10.



Figura 3-10 Selectores de carga de baterías

Todos los grupos de baterías disponen de un interruptor de corte de emergencia en su cable que va al borne positivo.

3.9 Análisis de funcionamiento de la planta eléctrica

En el siguiente apartado se ahondará en los componentes físicos que conforman la planta eléctrica de la goleta, especificando en la mayoría de los casos su estado de conservación actual, el modo en que están instalados, su comportamiento en servicio y sus prestaciones reales medidas *in situ*.

3.9.1 Evaluación del estado de la planta eléctrica del buque

El estado actual de la instalación eléctrica del buque tras una década de servicio en la Armada, donde ha sido modernizado y adaptado a las nuevas necesidades de los servicios que presta, puede calificarse como adecuado, en parte debido a la tradición en la Armada de cuidar y preservar lo máximo posible en el tiempo sus medios y equipos, así como a la dedicación de los profesionales que trabajan día a día sobre esta plataforma.

Todo esto puede observarse en el hecho de que el buque opera semanalmente y en los cruceros de fin de curso de forma normal desde su asignación a la Escuela Naval Militar, y en que sobre el buque siempre se realizan los mantenimientos necesarios para su adecuado desempeño en el momento en que son necesarios.

El estado general de los equipos y sistemas es adecuado debido en parte a que la mayoría no alcanza la década de servicio, ya que fueron instalados cuando el buque pasó a manos de la Armada en 2006, de hecho, todos los sistemas del buque operan con normalidad cuando el buque se halla amarrado en puerto, sirviéndose de alimentación eléctrica de tierra y con sus grupos de baterías plenamente cargados, a excepción de aquellos que se mantienen inoperativos por no ser fundamentales para el desempeño del buque y aquellos con funcionamiento deficiente que son objeto de estudio en este TFG.

Añadido a todo lo anterior, está la comprobación de todo el cableado y las conexiones a las que fue posible acceder. Todo el cableado en apariencia está en buen estado de conservación y las conexiones están bien aisladas y son sólidas, a excepción de aquellas pertenecientes al circuito de la empujadora de proa y el motor electro-hidráulico en las que se podían observar signos evidentes de óxido y sulfatación.

A simple vista, todos los equipos y su cableado están situados en huecos donde se acumula y se aprecia abundante suciedad, pero no es de extrañar debido a las particularidades del medio donde desarrollan su función y a que su ubicación no es de fácil ni de habitual acceso.

3.9.2 Comprobación del estado de los equipos generadores y sus prestaciones

El motor auxiliar diésel-generador Solé Mini-17 con el alternador acoplado Meccalte T20FS-130/A que ya fue descrito anteriormente, alimenta al cuadro de distribución principal del buque, según las especificaciones del fabricante, con corriente alterna de 230 V a 50 Hz. Su máxima entrega de potencia aparente teórica es de 8000 VA, que teniendo en cuenta el factor potencia de 0,8 contemplado en las especificaciones supone la entrega eficaz de 6400 W. [4]

Se comprobó mediante los instrumentos con los que cuenta el cuadro de distribución principal que se componen de un amperímetro y un voltímetro analógicos, que, alimentándose solamente con corriente del procedente del generador la aguja del voltímetro en el cuadro de distribución principal superaba ligeramente los 230 V.

Teniendo en cuenta varios factores como el aparente estado de buen funcionamiento del generador ya que no se observa ningún posible indicador de anomalías en su desempeño, la tensión medida en el cuadro de distribución principal y que la corriente alterna del generador se emplea única y exclusivamente para la alimentación del cargador de baterías de proa y de popa que consumen un máximo de 680 W respectivamente, y que operan normalmente, se puede concluir el buen estado del motor diésel-generador así como que no es ni por asomo necesaria toda la potencia que puede llegar a generar. Ciertamente es que el alternador al que va acoplado el diésel-generador es el de mínimas prestaciones que se podía llegar a acoplar en él.

Es posible apreciar claramente que se produce un cuello de botella en los cargadores de baterías, ya que su consumo unitario es de 680 W entregando una corriente máxima de 30 A a las baterías. Por lo tanto, el generador está sobredimensionado para la demanda energética del buque. Este problema podría compensarse con la incorporación de cargadores de baterías de mayor potencia, que conseguirían que no se desperdiciara tanta energía.

3.9.3 Comprobación del estado de los grupos de baterías

Para comprobar el estado general de las baterías se ha procedido a medir el valor de voltaje en todos los grupos de baterías del buque y posteriormente en los bornes de cada batería por separado, obteniendo siempre resultados entorno a los 13 V. Este hecho prueba que las baterías se encuentran en perfecto estado operativo lo cual no es de extrañar puesto que los diferentes grupos de baterías a excepción del que alimenta la empujadora de proa se han ido sustituyendo en el último año. [4]

En la inspección externa de las baterías no se observaron daños físicos ni fugas de ácido. Las conexiones eran sólidas, y los bornes y los cables estaban en buen estado sin que se observara óxido o sulfatación en ellos, a excepción del grupo más antiguo de baterías que como se mencionó anteriormente es el que alimenta la empujadora de proa, y el que alimenta al motor electro-hidráulico, en los que sí se observaron signos evidentes de óxido y sulfatación tanto en los bornes como en los cables, lo que podría explicar el mal funcionamiento general de estos equipos que será estudiado en profundidad más adelante.

En cuanto a las especificaciones técnicas de las baterías elegidas para equipar a este buque, todas cuentan con capacidad suficiente para cubrir sin problemas las necesidades de energía de los equipos a los que alimentan. Se ha tenido especialmente en cuenta las necesidades energéticas de los equipos con mayor demanda como el motor electro-hidráulico, la empujadora de proa, el molinete del ancla o los motores de arranque del motor principal y generador, y las baterías que actualmente los alimentan superan en capacidades a las recomendadas por el fabricante para utilizar con estos equipos.

A continuación, en la Tabla 3-7, se listarán los diferentes grupos de baterías que monta el buque actualmente, así como sus especificaciones nominales.

Grupo	Número baterías	Disposición	Voltaje unitario (V)	Capacidad de carga (Ah)	Potencia máxima (A)	Capacidad total (Ah)	Pot.máx. total(A)*
Popa (1)	3	Paralelo	12	100	830	300	2490
Popa (2)	4	Paralelo	12	70	640	280	2560
Proa Estribor (3)	2	Serie	12	142	850	142	850
Proa Babor (4)	3	Paralelo	12	110	680	330	2040
Centro (5)	1	-	12	100	830	-	-

Tabla 3-7 Disposición y composición de los grupos de baterías a bordo del buque

* Potencia máxima limitada por la sección de cable utilizada.

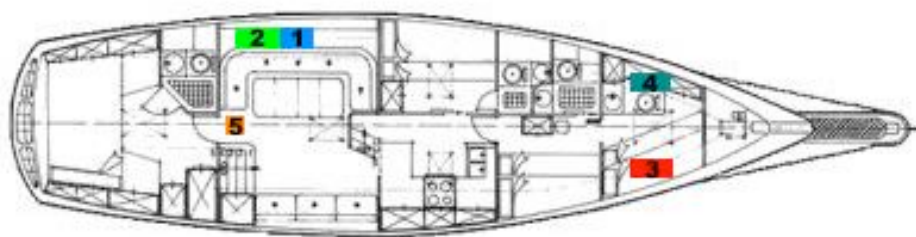


Figura 3-11 Ubicación de los diferentes grupos de baterías a bordo

El grupo de baterías de proa estribor opera a 24 V de corriente continua para alimentar el motor eléctrico que acciona la empujadora de proa.

Los dos grupos de popa están conectados entre sí en paralelo y abastecen a los servicios generales del buque y al molinete del ancla.

El grupo de proa babor alimenta el motor electro-hidráulico que acciona los enrolladores de las velas.

El grupo central consta de una sola batería y únicamente se utiliza para arrancar el motor diésel generador.

La ubicación de los grupos de baterías a bordo del buque se representa en la Figura 3-11.

Todos los grupos de baterías a excepción del grupo central y el de proa estribor pueden utilizarse para arrancar el motor principal y alimentar los servicios generales del buque.

3.9.4 Comprobación del estado del cableado

Como ya se explicó anteriormente el cableado del buque se encuentra en buen estado de conservación general (a excepción del cableado de la empujadora de proa y el motor electro-hidráulico) y el funcionamiento de los equipos a los que alimenta es normal y de acuerdo a lo indicado por el fabricante.

En este apartado evaluarán los casos especiales del cableado que alimenta a los equipos con alta demanda de energía objeto de estudio de este TFG, que funcionan de manera anómala no realizando correctamente la función para la que fueron instalados, para así descartarlos como causa del problema.

En primer lugar, se listarán los susodichos equipos en la Tabla 3-8 y se compararán las características del cableado que actualmente les hace llegar la corriente con las de los cables que el fabricante recomienda utilizar. Tras esto se explicará si, visualmente, se observa algún defecto en ellos que pueda afectar a la correcta alimentación del equipo.

Equipo	Sección disponible (mm²)	Sección recomendada (mm²)	Longitud máxima (m)
Molinete Lewmar Commander 200	78,54	35	12
Empujadora Vetus BOW 8024D	176,71	50	19
Molinete Muir HE-1100	176,71	36	7
Refrigerador Isotherm 2001	3,14	2,5	4

Tabla 3-8 Secciones de cables disponibles y requeridas

Puede observarse que el cableado utilizado para estos equipos es adecuado en relación a la recomendación del fabricante y que ninguno de ellos se encuentra a una distancia del banco de baterías que lo alimenta mayor que la recomendada por el fabricante.

En cuanto a las conexiones de estos cables, son sólidas y no parecen deteriorados por lo que puede resumirse que el cableado se encuentra en buen estado y dado que en su mayoría es de reciente instalación, no acumula una elevada cantidad de suciedad. La única excepción es la del cableado más antiguo de la empujadora de proa y el motor electro-hidráulico, que se halla oxidado, sulfatado y aparentemente en un estado peor del que debería conservarse para realizar su cometido de manera efectiva.

4 RESULTADOS / VALIDACIÓN / PRUEBA

4.1 Ensayos experimentales realizados sobre la planta eléctrica

A continuación, se expondrán las diferentes comprobaciones que se realizaron sobre los sistemas del buque que no operan correctamente para intentar diagnosticar las fallas o deficiencias de las aquejan para más tarde poder proponer medidas correctivas que resulten adecuadas.

4.1.1 Diagnóstico y comprobación de las fallas detectadas

Los ensayos experimentales se llevaron a cabo sobre los siguientes equipos: molinete del ancla, motor electro-hidráulico; empujadora de proa y compresor del congelador.

4.1.1.1 Molinete del ancla

El molinete del ancla es un Muir Cheetah HE-1100 (Figura 4-1) cuya instalación a bordo del presente buque data, según la documentación disponible del año 1981.

Contiene en su interior un motor eléctrico de un solo sentido de giro para levar el ancla, lo que hace necesario para arriarlo, desembragar el motor y filar la cadena lentamente con ayuda de un freno. Es capaz de levar una carga de hasta 500 Kg, muy superior al peso del ancla de 30 kg de acero galvanizado y de la cadena que con él se pueda arriar. Este motor funciona conectado al servicio de corriente continua de 12 V provisto por los grupos de baterías de servicios generales situados en popa. Tiene un consumo de 1200 W según el fabricante, necesitando una corriente de 65 A cuando opera a su carga máxima de 500 Kg y llegando a necesitar hasta 75 A cuando ya no es capaz de levar la carga.

Se ha realizado una inspección visual de los componentes de la instalación incluyendo el propio motor y sus accesorios externos, el cableado y la comprobación de que la cadena y el ancla pueden discurrir perfectamente sin ninguna obstrucción. No se apreció ninguna anomalía.

Para comprobar su funcionamiento, se procedió a arriar manualmente el ancla con el buque amarrado al pantalán, estando el buque desconectado de alimentación eléctrica de tierra y dejando el servicio de 12 V de corriente continua sobre baterías, que se encontraban plenamente cargadas. Una vez el ancla tocó fondo, se procedió a levar utilizando el molinete. La cadena fue recogida con una velocidad aceptable de giro del motor y se elevó hasta alcanzar su posición inicial en su estiba sin acusar ningún problema. Se repitió el procedimiento diez minutos más tarde obteniendo los mismos resultados.

La corriente que alimentaba al motor en el momento del izado, medida mediante el uso de una pinza amperimétrica en los cables de alimentación era de 3,9 A, lo que según las especificaciones del fabricante corresponde con una velocidad lineal de izado de 0,18 (m s^{-1}).



Figura 4-1 Molinete Muir Cheetah HE-1100

Se puede determinar por tanto que, dadas las circunstancias en las que se realizaron las comprobaciones descritas (teniendo las baterías a plena carga) y que, dado que no se observa ninguna anomalía en los componentes del molinete o en su operación, el molinete se encuentra en perfecto estado de funcionamiento y los problemas que se observan en su desempeño durante los periodos de varios días en la mar que pasa el buque durante los cruceros de fin de curso se deben a que una vez la carga de las baterías de los grupos de popa baja de cierto nivel, ya no son capaces de proveer al molinete del ancla con la potencia mínima necesaria para operar con normalidad. Esto es lógico debido a que las baterías de los grupos de popa son las que primero perderán su carga debido a que son las que abastecen los servicios generales del buque, y a la potencia que requiere el molinete para funcionar.

Resulta necesario destacar que este equipo es utilizado con poca frecuencia durante las navegaciones ya que solo se usa en caso de fondeo, y que el tiempo total de giro del motor no supondrá más que unos minutos para recuperar la cadena y el ancla. Además, solo se utiliza durante la fase de levado, ya que el arriado se efectúa mediante gravedad.

4.1.1.2 Motor electro-hidráulico

Las características técnicas de este motor se han descrito anteriormente en profundidad y llegado este punto solo se reseñará la potencia eléctrica que requiere para funcionar. A plena carga, el Lewmar Commander 200 requiere una corriente de 320 A para presurizar el aceite del circuito hasta los 140 bar. El grupo de baterías de proa babor que lo alimenta tiene una capacidad nominal de 330 Ah y cada una de las tres baterías que lo componen puede ofrecer un pico de 680 A (potencia que no es posible entregar durante un tiempo prolongado debido a que los cables no lo soportarían).

La inspección visual del sistema en este caso no puede ser demasiado exhaustiva debido a que la mayor parte de los tubos del circuito hidráulico se encuentran ocultos. Lo que sí se pudo apreciar es un estado de conservación general adecuado a excepción de las conexiones que se encuentran sulfatadas. Las baterías del grupo son prácticamente nuevas, los conductores están en buen estado y no se observa excesiva suciedad depositada sobre ninguno de los componentes. Tampoco se perciben fugas de fluido

hidráulico provenientes de ningún componente, además los tubos de goma del circuito que son visibles no muestran signos de deterioro.

Al igual que en el caso del molinete del ancla, el procedimiento seguido para comprobar el funcionamiento del sistema consistió en desplegar y plegar la vela mayor dos veces con un pequeño intervalo de tiempo entre ambas operaciones. Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, y al igual que en el caso anterior se realizaron con las baterías completamente cargadas dado que este motor opera con un grupo independiente. Por ello se puede concluir que el sistema hidráulico del buque se encuentra operativo, y que al igual que en el caso del molinete del ancla parece aquejar una falta de potencia en su grupo de baterías a medida que pasan los días en la mar. En este caso, al tratarse de un grupo independiente de baterías (a pesar de poder usarse para alimentar otros servicios), el problema puede deberse a la descarga progresiva natural que sufren las baterías debido al paso de los días sin cargarse. Es posible, a parte, que el nivel de carga que necesitan las baterías para poder abastecer al motor sea muy elevado, perdiendo la capacidad de operarlo al poco tiempo de hacerse a la mar. También es posible que este grupo de baterías se conecte temporalmente a alguna otra carga o que no se cargue diariamente durante el periodo en el que se arranca el diésel-generator, para dar prioridad a los grupos de baterías de popa de servicios generales.

Los periodos de funcionamiento del motor electro-hidráulico son también muy reducidos, aunque no tanto como en el caso del molinete del ancla. Diariamente en la mar, puede tenerse que desplegar y plegar las velas dos o tres veces como máximo. Con un periodo de funcionamiento por carrera no superior al minuto y de manera no continuada.

4.1.1.3 Empujadora de proa

El siguiente equipo a evaluar es la empujadora de proa Vetus BOWPROP 8024D accionada por un motor Bosch que entrega un empuje de 800 N, y que es el único equipo que hace uso del servicio de 24 V de corriente continua del buque. [30]

Durante las inspecciones preliminares llevadas a cabo al inicio de este TFG, se pudo observar que este equipo disponía del banco de baterías más antiguo del buque. Además, también se pudo apreciar la vejez de los cables y la acumulación de óxido y sulfatación en sus bornes y conexiones.

El equipo de mantenimiento del buque informó de que, al operar el equipo, este respondía con mucha lentitud y parecía quedarse sin fuerza de empuje al poco tiempo de empezar a operar, además, pudieron observar un evidente sobrecalentamiento en los componentes del motor.

Antes de que fuera posible realizar ningún ensayo sobre la empujadora de proa, esta fue desmontada con el fin de llevar a cabo su limpieza y reparación. En un principio se pensó en desmontar el equipo para limpiarlo pieza a pieza y sustituir las conexiones y el cableado con óxido y sulfatación. Al llevar a cabo el desmontaje en el taller, se encontró que una de las bobinas del motor eléctrico se hallaba en cortocircuito y quemada, lo cual llevó al encargo de una pieza de recambio y su sustitución. Tras esto, se espera devolver el equipo a su estado de normal de operatividad.

4.1.1.4 Compresor del congelador

El último elemento con funcionamiento defectuoso a evaluar, es el compresor del circuito de refrigeración del congelador del buque. Durante las estancias prolongadas en la mar, este buque navega con su congelador completamente cargado de víveres que se introducen previamente congelados, no siendo capaz de mantener una temperatura adecuada para mantener los alimentos congelados haciendo que la mayoría se echen a perder antes de tiempo.

La goleta "Aguete" cuenta con tres equipos de refrigeración Isotherm 2001 dotados con un compresor Danfoss BD35F equipado con ventilador y una centralita electrónica de control 101N0212. Se encuentran alojados como se aprecia en la Figura 4-2, en un compartimento bajo el suelo del

comedor-cocina a los pies de las puertas de las neveras, justo a estribor del alojamiento del motor principal.



Figura 4-2 Equipos refrigeradores Isotherm 2001

Se utilizan dos de estos equipos de refrigeración para enfriar dos neveras (visibles en la Figura 4-3) por separado y, por último, el tercero, refrigera el congelador.



Figura 4-3 Neveras de a bordo

El consumo energético individual de estos equipos según su fabricante es de 350 W al día y sus limitaciones son de 125 L para utilizarlo en una nevera y de 41 L para utilizarlo en un congelador. Tras tomar las medidas del congelador calculamos que tiene un volumen de 395 L, muy superior al que soporta el equipo según el fabricante. Además, el congelador tiene en una de sus esquinas inferiores un agujero circular de cuatro centímetros de diámetro aproximadamente que se utiliza como drenaje de la condensación (Figura 4-5) y por el que en apariencia se pierde una parte importante de las capacidades del equipo. Inmediatamente puede deducirse que ahí radica gran parte del problema.

4.1.1.4.1 Resultados experimentales en vacío

Para sustentar la hipótesis anterior se procedió a arrancar el compresor del congelador con este vacío y a temperatura ambiente. Para esta comprobación se utilizaron ocho sensores de botón iButton fabricados por Maxim Integrated, cuatro que controlaban parámetros de temperatura y humedad y otros cuatro que controlaban solo temperatura. De los de temperatura y humedad se colocó uno en el comedor-cocina para controlar la temperatura ambiente y los otros tres en el interior del congelador.

Los cuatro sensores de temperatura se colocaron a la entrada y a la salida del evaporador y el condensador. Con los resultados obtenidos se esperaba poder obtener el ciclo de trabajo del compresor.

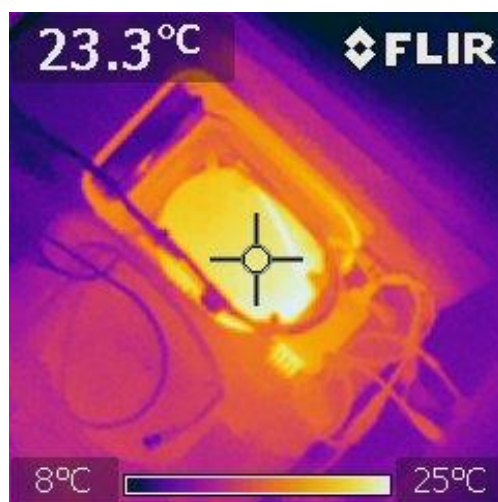


Figura 4-4 Imagen termográfica del compresor tras 24 h de funcionamiento

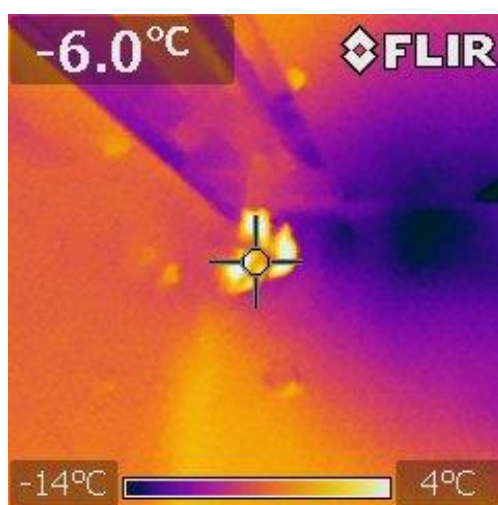


Figura 4-5 Imagen termográfica del orificio de drenaje tras 24 h de funcionamiento

Tras veinticuatro horas de funcionamiento ininterrumpido con alimentación de las baterías y tras retirar los sensores y procesar los datos obtenidos, se obtuvo que la temperatura en el interior del congelador descendió por debajo de cero grados centígrados a las 18:20 habiendo sido arrancado el compresor a las 10:00 y que alcanzó su régimen estacionario en -1,44 °C a las 06:20 de la mañana del día siguiente (Figura 4-6). Todo esto con el termostato en temperatura seleccionada de -30 °C. Los datos también reflejaron la influencia de la temperatura ambiente en el rendimiento del sistema. Al finalizar el experimento, la temperatura medida en la superficie del evaporador era de -16,11 °C y se apreciaba abundante condensación en las paredes del congelador.

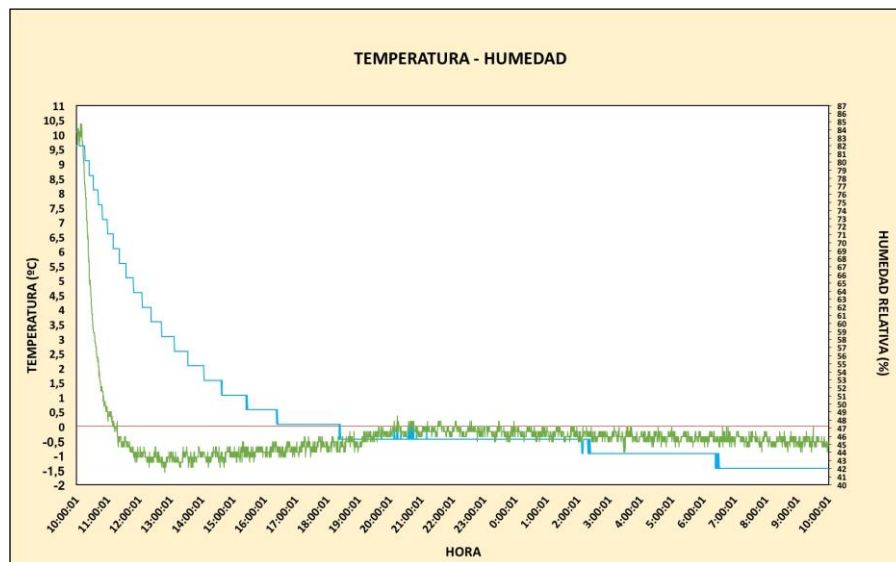


Figura 4-6 Gráfica temperatura-humedad del interior del congelador durante la prueba

Los datos de temperatura de entrada y salida del refrigerante de evaporador y condensador (Figura 4-7 y Figura 4-8) quedaron falseados por el calor desprendido por el propio compresor (Figura 4-4), dado que por motivos de accesibilidad tuvieron que ser colocados muy próximos a este. No obstante, los datos obtenidos sirvieron para mostrar cuando se alcanzaba el régimen estacionario.

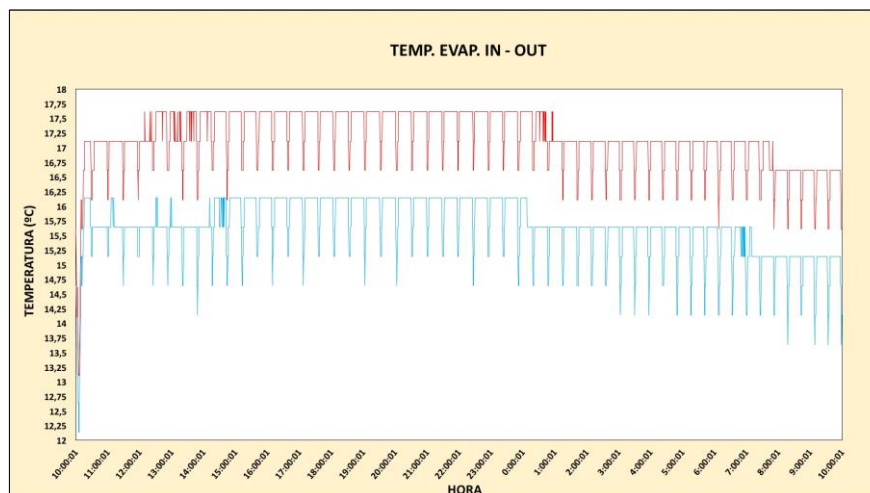


Figura 4-7 Gráfica temperatura entrada (azul) - salida (rojo) en el evaporador

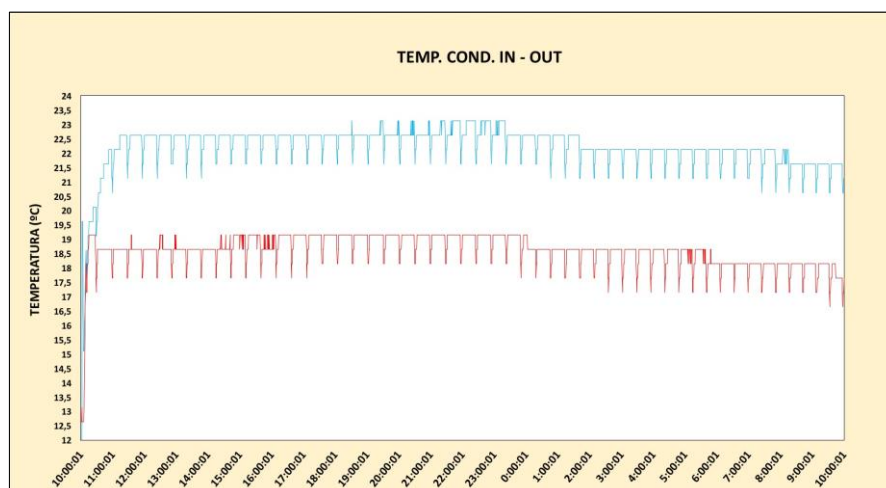


Figura 4-8 Gráfica temperatura entrada (azul) - salida (rojo) en el condensador

Durante el arranque del compresor, se pudo medir una corriente mediante amperímetro de 5,4 A lo cual es coherente con las especificaciones del fabricante cuando el compresor opera a máxima potencia con una temperatura ambiente de 8 °C.

4.1.1.4.2 *Diseño de experimento en carga*

En el caso de haber obtenido unos resultados más satisfactorios en esta prueba, se había diseñado un experimento que consistía en calcular el porcentaje en masa de agua contenida en la cantidad de alimentos que se transportan en el congelador (Figura 4-9) durante los cruceros de fin de curso. Esta masa se habría introducido en el congelador en estado líquido dentro de garrafas para comprobar si este podía congelarla, de no haberlo conseguido se habrían introducido las garrafas con el agua previamente congelada para comprobar si el sistema hubiera sido capaz por lo menos de mantenerla en este estado. Dado que para congelar el agua es necesario retirar un calor latente de solidificación, de haberlo conseguido, se hubiese supuesto que el congelador tenía capacidad suficiente para congelar los víveres durante los cruceros de fin de curso, ya que estos requerirían menos potencia que el agua para ser congelados



Figura 4-9 Congelador instalado a bordo del buque

En vista de los resultados obtenidos se puede concluir que el sistema de refrigeración funciona normalmente dado el comportamiento observado y su consumo de energía, encontrándose el problema en las dimensiones del congelador que multiplican por diez el máximo volumen refrigerable en régimen de congelación especificado por el fabricante del compresor.

4.2 Posibles soluciones a las fallas detectadas

Tras haber diagnosticado y comprobado experimentalmente las diferentes fallas que padece el buque se continuará proponiendo y evaluando una a una las posibles soluciones a los defectos anteriormente descritos. Este apartado se centrará fundamentalmente en los sistemas de la empujadora de proa y el congelador que son los que sufren una limitación física propiamente dicha, y no una falta de potencia eléctrica a causa de los bancos de baterías como el molinete del ancla y el motor electro-hidráulico, aunque sobre estos también se realizará una importante propuesta de mejora basada en reducir la dependencia de la electricidad y los bancos de baterías.

4.2.1 Molinete del ancla y motor electro-hidráulico

Estos componentes no tienen ninguna falla propia que se haya detectado y que afecte a su funcionamiento. Su comportamiento errático después de largos periodos en la mar es debido a la poca potencia disponible en los grupos de baterías para hacerlos funcionar, ya que, en puerto, con las baterías totalmente cargadas mostraron un desempeño normal.

En el momento de su instalación, el fabricante del molinete de proa, Muir, ofertaba una pieza para el molinete Cheetah HE-1100 que permitía accionarlo hidráulicamente. Hoy día tanto esa pieza como este modelo se encuentran fuera de catálogo desde hace varios años lo que hace difícil o imposible encontrarla, pero es en esta dirección en la que se orientarán las modificaciones evaluadas para estos equipos. Aprovechar el motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200 para accionar tanto enrolladores de las velas, molinete del ancla y empujadora de proa, reduciendo así la dependencia del servicio de electricidad del buque y del mayor número posible de baterías.

4.2.2 Empujadora de proa

En el caso de la empujadora de proa, la causa de su mal funcionamiento y las altas temperaturas de operación se debían a una bobina del motor eléctrico que se hallaba en cortocircuito, a todo esto había que sumarle una alta demanda de potencia eléctrica que tenía que ser suministrada por un grupo de baterías de bastante antigüedad además de que el cableado estaba completamente sulfatado y oxidado dificultando el paso de la corriente eléctrica a través de ellos y generando temperaturas de operación superiores a las normales.

Con el fin de devolver la operatividad a la empujadora de proa, esta fue desmontada por el equipo de mantenimiento del buque para poder reemplazar la bobina en el taller, así como limpiar y sustituir los cables de la misma que lo necesitaran. También se optó por reemplazar el grupo de baterías por otras nuevas de las mismas características.

Para el caso de la empujadora de proa, la solución a sus fallas pasó por la sustitución de piezas defectuosas mediante repuestos, y la limpieza y mantenimiento de los componentes que conformaban el sistema.

4.2.3 Compresor del congelador

Para esta falla se había planteado la más que factible hipótesis de que el congelador estaba sobredimensionado con respecto al compresor que montaba, teniendo en cuenta que el volumen a refrigerar superaba casi en diez veces el volumen a refrigerar contemplado en las especificaciones del fabricante. Además, el congelador se drenaba de condensación a través de un agujero de cuatro centímetros de diámetro en una de sus esquinas inferiores, por el cual se había supuesto, se perdía

poder frigorífico. Con el uso de una cámara termográfica al finalizar el experimento se demostró que el congelador era estanco y no tenía pérdidas en sus juntas, a excepción del orificio antes mencionado.

Para resolver este problema, y dado que, debido a los requerimientos del buque, no es posible prescindir de espacio en el congelador, la solución pasa por dimensionar otro equipo de refrigeración que trabaje en paralelo con el que se encuentra actualmente instalado para conseguir las prestaciones que se demandan. Continuando con la tónica del presente trabajo se procurará que el nuevo equipo de refrigeración también sea independiente de la planta eléctrica con el fin de reducir los consumos en la medida de lo posible.

En primer lugar, para alcanzar la solución de este problema, es necesario estimar la potencia frigorífica que se pierde a través de las paredes y el orificio de drenaje en el congelador. Se comenzará calculando el coeficiente global de transferencia de calor de cada una de las paredes, suelo y techo mediante la ecuación (1).

$$U = \frac{1}{\frac{1}{r_{ext}} + \frac{1}{r_{int}} + \frac{e}{\lambda}} \quad (1)$$

Siendo "U" el coeficiente global de transferencia de calor, "h_{ext}" y "h_{int}" las resistencias térmicas de las paredes, techo y suelo, "e" el espesor y "λ" la conductividad térmica del material aislante. El valor de "h_{ext}" y "h_{int}" puede extraerse de la Tabla 4-1 teniendo en cuenta que el flujo de calor en el techo es hacia abajo y en el suelo hacia arriba:

Tipo de cerramiento	$\frac{1}{r_{ext}}$	$\frac{1}{r_{int}}$	$\frac{1}{r_{ext}} + \frac{1}{r_{int}}$
Techo	0,17	0,17	0,34
Suelo	0,10	0,10	0,20
Paredes	0,13	0,13	0,26

Tabla 4-1 Valores de resistencia térmica de los cerramientos

Todos los componentes están aislados mediante planchas de espuma rígida de poliuretano con un valor de conductividad térmica de 0,0213 (W m⁻¹ K⁻¹) y de 8 cm de grosor.

El coeficiente global de transferencia de calor es de 0,255 (W m⁻² K⁻¹) para el techo, 0,253 (W m⁻² K⁻¹) para el suelo y de 0,249 (W m⁻² K⁻¹).

A continuación, se calcula la potencia total que se pierde por transmisión a través de los cerramientos por conducción y convección utilizando la ecuación (2):

$$P = U \times S \times (T_{ext} - T_{int}) \quad (2)$$

En la que "S" es la superficie interior total de los cerramientos, y "T_{ext}" y "T_{int}" las temperaturas ambiente e interior del congelador respectivamente. Teniendo en cuenta que el buque navega por las costas del sur de España en verano, se supondrá una temperatura máxima ambiental de 40 °C (313 K) con una humedad relativa del 50%, e interior de -20 °C (253 K) con una humedad relativa del 80%,

siendo $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ la temperatura segura para conservar alimentos congelados. El resultado es la pérdida de $0,137\text{ W}$ por el techo, $0,136\text{ W}$ por el suelo y de $0,536\text{ W}$ por las paredes.

Es necesario aplicar los dos pasos anteriores al orificio de drenaje que se sitúa en una de las esquinas inferiores del congelador. Para su cálculo se tomará como si fuera un cerramiento de aire de superficie $1,26 \times 10^{-3}\text{ m}^2$ y conductividad térmica $0,024\text{ (W m}^{-1}\text{ K}^{-1})$. El resultado es un coeficiente global de transferencia de calor de $0,283\text{ (W m}^2\text{ K}^{-1})$ y una pérdida de $0,022\text{ W}$. [31]

La normativa UNE-EN ISO 12241:2010 establece que no es admisible una pérdida superior a los $6,98\text{ (W m}^{-2})$. En nuestro caso se tienen unas pérdidas de $0,831\text{ W}$ en $3,23\text{ m}^2$, lo que hacen una pérdida por unidad de superficie de $0,257\text{ (W m}^{-2})$, cumpliendo la normativa. [32] [33]

A continuación, se estimarán las pérdidas por renovación del aire de congelador. Dado que el congelador se encuentra prácticamente a siempre a plena capacidad durante los cruceros, rara vez se renovará todo el aire, no obstante, se calculará la necesidad de potencia para una renovación de aire a modo de margen de seguridad. Se empleará la ecuación (3):

$$P = V \times \rho \times N \times (h_{ext} - h_{int}) \quad (3)$$

Donde "V" es el volumen de la cámara, "ρ" la densidad del aire de $1,225\text{ (kg m}^{-3})$, "N" el número de renovaciones diarias de aire y " h_{ext} " con valor de $120\text{ (kJ kg}^{-1})$ y " h_{int} " con valor de $-18,5\text{ (kJ kg}^{-1})$ las entalpías del aire ambiental e interior de la cámara obtenidas mediante el diagrama psicrométrico del aire (Figura 4-10). De todo esto resultan unas pérdidas de $67,02\text{ W}$.

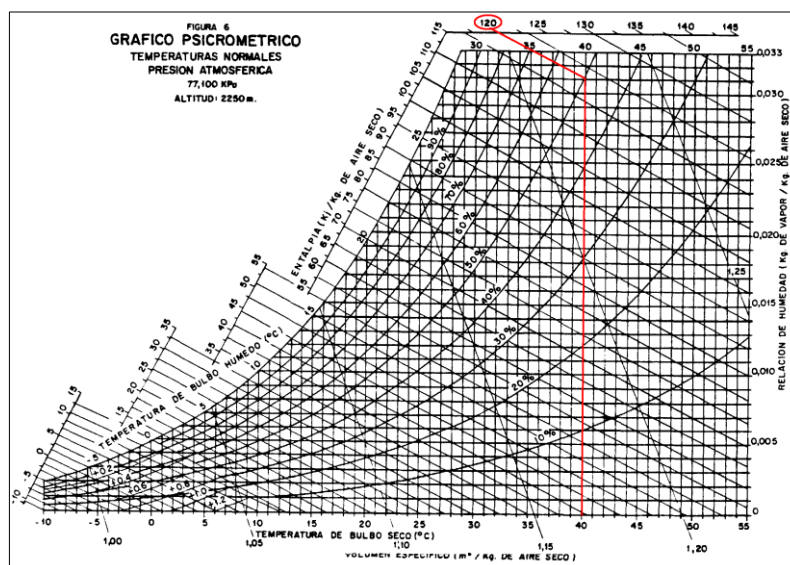


Figura 4-10 Diagrama psicrométrico del aire (www.fao.org)

El último paso a calcular es el calor a retirar necesario para congelar los alimentos que deseamos introducir en la cámara. Para ello primero es necesario determinar la cantidad de alimentos que podemos introducir en la cámara mediante la ecuación (4).

$$m_c = d_c \times V \quad (4)$$

Siendo " m_c " la masa de congelado a almacenar, " d_c " la densidad media de los alimentos congelados, que según la bibliografía consultada es de $400 \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$ y " V " el volumen del congelador de $0,395 \text{ m}^3$. El resultado es una masa de 150 kg de congelados efectuando un redondeo a la baja, ya que siempre queda espacio sin uso al llenar el congelador a pesar de que se encuentre a plena carga.

A pesar de que normalmente los víveres se introduzcan ya congelados, se calculará la potencia necesaria para enfriarlos desde $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ mediante la ecuación (5), la potencia necesaria para congelar y por último la potencia demandada para reducir la temperatura hasta los $-20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$P = \frac{C_p \times m_c \times (T_i - T_f)}{86400} \quad (5)$$

" C_p " es el calor específico de los víveres previamente congelados, " m_c " es la masa de alimento a refrigerar de 150 kg y " T_i " y " T_f " las temperaturas iniciales y finales de la masa de alimento. Se utilizará un valor de " C_p " de $1270 \text{ (J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}\text{)}$ para la masa de alimento por debajo de $0 \text{ }^\circ\text{C}$, y de $1990 \text{ (J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}\text{)}$ para temperaturas por encima del cero. Se obtienen unas potencias de $69,1 \text{ W}$ para bajar de $20 \text{ }^\circ\text{C}$ a $0 \text{ }^\circ\text{C}$ y de $44,1 \text{ W}$ para bajar de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ a $-20 \text{ }^\circ\text{C}$. Para la congelación se empleará la ecuación (6):

$$P = \frac{L \times m_c}{86400} \quad (6)$$

Siendo " L " el calor latente de congelación de la masa de alimento de unos $11500 \text{ (J kg}^{-1}\text{)}$, obteniendo una potencia de congelación de $19,97 \text{ W}$.

Tras todos estos cálculos se puede concluir que el evaporador del nuevo sistema de refrigeración deberá ser capaz de retirar $201,02 \text{ W}$ de la carga de congelados. Como última medida de seguridad, se mayorará el valor obtenido mediante un coeficiente $0,25$. El resultado por tanto es de $251,28 \text{ W}$.

Para continuar concretando las especificaciones del equipo refrigerante con las necesidades que se demandan es necesario aproximar las temperaturas de entrada del refrigerante al evaporador y a la salida del condensador. Con el fin de conseguir un salto térmico que permita el intercambio de calor en el evaporador y el condensador, estas temperaturas suelen estimarse en torno a cinco grados centígrados inferior a la temperatura del interior de la cámara frigorífica para la entrada del evaporador y en torno a diez grados centígrados superior a la temperatura ambiente para la salida del condensador. Se tendría entonces una temperatura del refrigerante a la entrada del evaporador de $-23 \text{ }^\circ\text{C}$ y de $50 \text{ }^\circ\text{C}$ a la salida del condensador.

Introduciendo estos datos en el diagrama de Mollier del refrigerante R-134a (Figura 4-11), que es el que se utilizará en el compresor debido a que es el de uso más común en los compresores de uso en embarcaciones de recreo, se pueden obtener las presiones de evaporación y condensación, para este caso $1,21 \text{ bar}$ para evaporación y $13,96 \text{ bar}$ para condensación. [14]

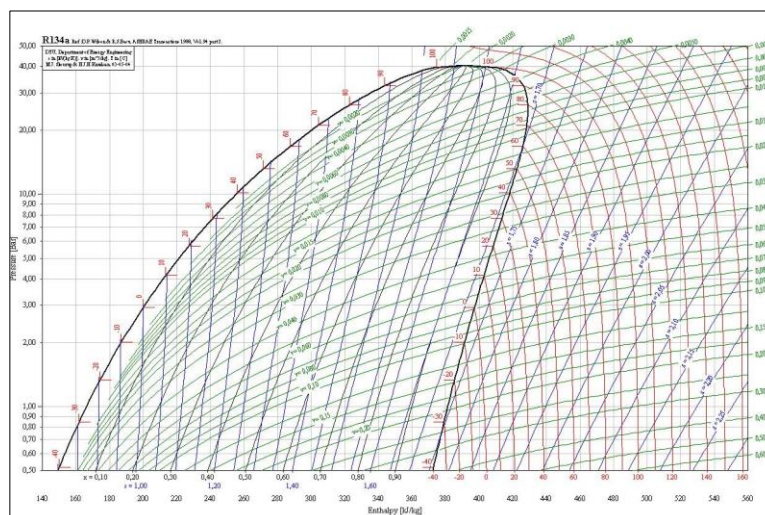


Figura 4-11 Diagrama de Mollier del refrigerante R-134a (www.fao.org)

Procederemos ahora a calcular las presiones de aspiración y descarga, que por convenio son el 90% de la presión de evaporación y el 105% de la presión de condensación respectivamente, debido a pérdidas de carga en el refrigerante. En este caso la presión de aspiración son 1,089 bar, y la de descarga 14,66 bar. Sabiendo que a la salida del evaporador la temperatura del refrigerante es de -20 °C, el ciclo del refrigerante queda ya perfectamente definido en el diagrama de Mollier. Es necesario reseñar que todos los cálculos realizados sobre el diagrama se basan en un ciclo ideal, y por tanto no real, pero se considera una aproximación válida, ya que se desconoce el rendimiento del compresor que será elegido para realizar esta función.

El siguiente cálculo consiste en calcular el flujo másico del refrigerante en el circuito, este será otro parámetro para determinar si el compresor que sea finalmente elegido es válido o no lo es. Este flujo másico puede calcularse con la ecuación (7):

$$m_r = \frac{Q_{evap}}{q_{evap}} \quad (7)$$

Donde " Q_{evap} " es el calor que debe retirar el evaporador y que se ha calculado anteriormente (221,28 W) y " q_{evap} " es la diferencia de entalpías del refrigerante entre la salida y la entrada del evaporador (en este caso $109,23 \text{ kJ kg}^{-1}$), siendo en este caso el resultado $1,84 \times 10^{-3} \text{ (kg s}^{-1}\text{)}$.

También es conveniente calcular el calor que deberá cederse al medio en el condensador, esto es posible gracias a esta ecuación (8):

$$Q_{cond} = m_r \times q_{cond} \quad (8)$$

Siendo " m_r " el flujo másico de refrigerante calculado anteriormente y " q_{cond} " la diferencia de entalpías entre el refrigerante a la entrada y salida del condensador, en este caso 170 (kJ kg⁻¹), por lo tanto " Q_{cond} " es igual a 312,8 W.

También sería conveniente dimensionar unos ventiladores para mejorar las prestaciones del condensador y del evaporador, aunque a la postre, en función de las características del compresor elegido, podría no ser necesario su utilización. Se emplearán las ecuaciones (9) y (10).

$$P_{vent\ evap} = \frac{m_r \times \Delta P_{evap}}{\rho \times \eta_{vent}} \quad (9)$$

$$P_{vent\ cond} = \frac{m_r \times \Delta P_{cond}}{\rho \times \eta_{vent}} \quad (10)$$

Donde " m_r " es el flujo másico de refrigerante del circuito, " ΔP " las pérdidas de carga en evaporador y condensador (diferencia de presiones), " ρ " es la densidad del aire de $1,22 \text{ (kg m}^{-3}\text{)}$ y " η " el rendimiento del ventilador, al que se le supondrá un valor bastante conservador de 0,6. Por lo tanto el ventilador del condensador deberá tener una potencia mínima de 75,96 W, y la del ventilador del evaporador 30,42 W. [34] [35] [36] [37]

4.3 Estimación de un plan de consumo del buque

Tras haber descrito los consumos de todos los equipos del buque que requieren alimentación eléctrica es necesario elaborar un plan de consumo. Esto significa listar los equipos que funcionarán, así como su tiempo de operación durante un día de navegación. Se tomará como referencia un día de navegación del crucero de fin de curso, dado que es el caso en que el buque se encuentra sometido a una mayor demanda de energía.

Resulta necesario realizar este balance debido a que si supusiéramos el funcionamiento simultáneo de todos los equipos durante las veinticuatro horas del día se estaría haciendo frente a un consumo eléctrico desmesurado, y es posible que no fuese posible dimensionar un sistema de generación y alimentación de energía adecuado para el buque debido a su tamaño.

4.3.1 Balance total de energía

A continuación, se enunciarán los diferentes equipos que se estudiarán en esta aproximación de consumo agrupados por su función. Se especificará su tiempo de utilización y su consumo eléctrico.

En primer lugar, se estudiarán los equipos de navegación. En un día de mar normal de un crucero de fin de curso es de su poner que todos los equipos de navegación estarán conectados las veinticuatro horas del día. Se tendrá en cuenta solamente el uso de una única radio de VHF, no se contemplará el uso del equipo de HF, se estimará un uso del piloto automático de tres horas ya que su uso no es frecuente para que los alumnos practiquen el manejo del buque y del radar de navegación que, solo se usa en condiciones de baja visibilidad, de cinco horas. El ordenador y su monitor solamente se arrancan para consultas puntuales, por lo que se cifra su funcionamiento en dos horas diarias.

La suma total de la potencia de estos equipos sin tener en cuenta el tiempo de uso es de 340 W, aplicando su tiempo diario de utilización, se obtiene un consumo de 2,73 kWh y 210 Ah por día.

Atendiendo a las fechas en las que este buque realiza los cruceros de fin de curso, se estimará la duración del día en quince horas y de la noche en nueve horas. Se supondrá que durante la noche se mantendrán encendidas un cuarto de las luces del buque durante una hora, a excepción de la luz de cubierta que solo se utiliza en caso de que una maniobra en la noche sea necesaria y, por lo tanto, solo se le supondrá un uso de dos horas. Las luces de navegación estarán encendidas toda la noche.

La potencia total de todas las bombillas del buque es de 190 W. Teniendo en cuenta lo dicho anteriormente se obtiene un consumo diario de 1,3 kWh y 110 Ah.

Se pasará a continuación a estimar los consumos de los equipos de habitabilidad del buque. Equipos como los congeladores o las neveras estarán conectados las veinticuatro horas del día, la televisión y los equipos de música se conectarán tres horas diarias para entretenimiento de la dotación, equipos como la bomba de agua dulce, el microondas o la cafetera solo se utilizarán media hora al día. Para mejorar las condiciones de habitabilidad del buque, los ventiladores y el deshumidificador solo se conectarán de noche. Debido a la época del año, las bombas de calor no se conectarán en ningún momento.

La potencia total de los equipos mencionados anteriormente es de 3,34 kW. Su consumo será, según este plan de uso, de 9,66 kWh y 194 Ah.

Por último, se evaluará todo lo relacionado con los equipos que asisten a la maniobra y su uso durante un día normal de navegación. Tanto el motor electrohidráulico que acciona los enrolladores, como los cabrestantes eléctricos se usarán diez minutos diarios, tiempo más que suficiente para todos los pliegues y despliegues de las velas que sean necesarios durante el día. El molinete del ancla también funcionará diez minutos diarios, pues se supone un fondeo que tardará ese tiempo en levarse. Para finalizar, la empujadora de proa funcionará de manera no continuada durante cuatro minutos, pues se estima que ese es su uso normal en atracadas y desatracadas del buque en un puerto.

La potencia total de todos estos equipos es de 11,4 kW y su estimación de consumo según el plan descrito es de 1,4 kWh y 103 Ah en un día.

Por todo lo anteriormente descrito el balance final del consumo normal del "Aguete" en un día de navegación se estima en 15,1 kWh y 614 Ah (Figura 4-12).

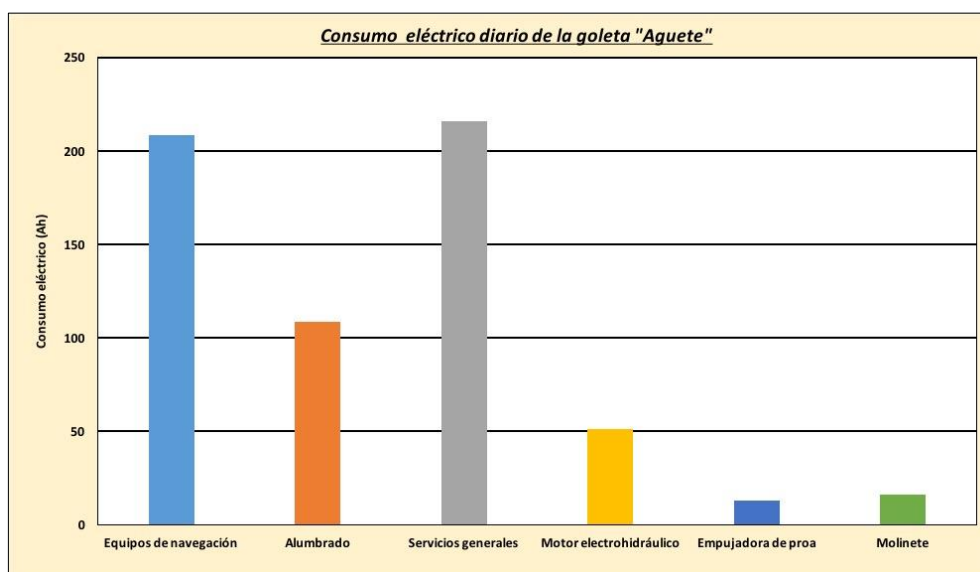


Figura 4-12 Gráfica del consumo eléctrico diario

Se pasará a continuación a comparar los resultados de este balance con la capacidad de las baterías actualmente instaladas en el buque. Se tendrá en cuenta la capacidad nominal de las baterías con plena carga. El consumo estimado para servicios generales es de 550 Ah. La capacidad total de los grupos de baterías de servicios generales del buque es de 580 Ah. Para el consumo del motor electro-hidráulico que se cifra en 52 Ah, el buque cuenta con un grupo de baterías de 330 Ah. Por último, para la empujadora de proa, su consumo se estima en 25 Ah y su grupo de baterías posee una capacidad de 142 Ah.

Por tanto se puede concluir que el problema del buque no es que no disponga de capacidad de almacenamiento o entrega de potencia suficiente, si no que el problema reside en la carga de baterías en la mar, ya que los cargadores de baterías del buque solo son capaces de entregar hasta 30 Ah en los

periodos en los que el diésel-generator está arrancado que acostumbran a ser entre cuatro o cinco horas al día en navegación, lo que proporciona una entrega de como máximo 150 Ah para servicios generales y motor electro-hidráulico y 150 Ah para la empujadora de proa, que sería suficiente en el caso de la empujadora de proa si sus baterías tuviesen un nivel aceptable de carga, pero a todas luces insuficiente para el consumo de los servicios generales del buque y el motor electro-hidráulico. [4] [21] [23] [38]

4.4 Propuestas de nuevos equipos y procedimientos para mejorar la eficiencia energética

Llegado este punto se llevará a cabo una propuesta de sustitución o mejora de algunos equipos del buque, así como adición de otros nuevos que permitan utilizar de una manera más óptima la energía generada y almacenada.

El objetivo de este apartado, es restaurar las capacidades originales del buque y mejorarlas si es posible, siempre teniendo en mente el intentar minimizar el consumo de energía. También se propondrá la instalación de equipos generadores basados en energías renovables, que siguiendo los objetivos perseguidos en este trabajo y de acuerdo a la tendencia actual de reducción de consumos y cuidado del medioambiente permitirán una generación más limpia y más eficiente de energía eléctrica, generando así una mayor independencia del uso del motor diésel-generator y de los combustibles fósiles. Esto reducirá así mismo el consumo de combustible del buque al no tener que ser utilizado para la generación de energía eléctrica y permitiendo que este sea utilizado principalmente para el motor propulsor. Consecuencia directa de este hecho será que, a cambio de una inversión inicial, se pueda conseguir un ahorro de dinero en el tiempo que repercuta directa y positivamente sobre la Armada Española.

La evaluación de nuevos equipos a instalar será llevada a cabo en el siguiente orden: en primer lugar se revisará el plan de consumo diseñado y reflejado anteriormente, para comprobar si es posible sustituir algún equipo de consumo eléctrico elevado de los pertenecientes a los servicios generales del buque por otro que preste un servicio similar pero de manera más eficiente, ya que en este estudio, cada vatio ahorrado, tiene elevada importancia e incide positivamente sobre los resultados, las capacidades del buque y la disponibilidad del resto de equipos.

Seguidamente, se evaluarán equipos sustitutivos u opciones de mejora para los sistemas de funcionamiento defectuoso que han sido objeto de diagnóstico y estudio durante el desarrollo del presente TFG.

El siguiente paso consistirá en el estudio de posibles equipos generadores compatibles con el buque, así como la entrega de potencia de la que proveen con el fin de reducir los tiempos de funcionamiento del motor diésel-generator y el uso de energía eléctrica procedente de la quema de combustibles fósiles.

Por último, y con el fin de maximizar el beneficio obtenido con las propuestas anteriormente descritas, se estudiará y dimensionará un nuevo grupo de almacenamiento de energía, más eficiente y con mayor capacidad que el actual. El objetivo es reducir al máximo el número de grupos de baterías de a bordo, con el consiguiente ahorro de peso, así como su variedad, creando un sistema de almacenamiento más centralizado. También se estudiará el reemplazo de las baterías de plomo-ácido convencionales por otras de diseño más reciente que, aun teniendo un precio más elevado, proporcionan un almacenamiento mayor y más duradero de la energía generada.

Las hojas de características técnicas de los equipos finalmente seleccionados se encuentran en el [Anexo II](#) de este trabajo.

4.4.1 Revisión de los consumidores encuadrados en los servicios generales del buque

Desgraciadamente, todos los equipos alimentados por las baterías de servicios generales son necesarios para la navegación y resultaría muy complicado reducir su consumo, tanto en lo que a reducción de tiempo de uso se refiere, como en la instalación de nuevos equipos de características similares y menor consumo.

No obstante, existe a bordo un elemento de los servicios generales del buque, que tiene un elevado consumo de potencia eléctrica y para el que resultaría muy sencillo encontrar una alternativa de bajo coste y que fuera capaz de reducir de manera significativa este consumo. Además, no requiere ninguna instalación extra, y la sustitución de los elementos actuales por los nuevos podría llevarse a cabo en un corto periodo de tiempo.

Se trata del servicio de iluminación del buque, que actualmente corre a cargo de bombillas de filamento incandescente tipo BA15D de 12, 21 y 55 W potencia, operando a 12 V de corriente continua. Se tiene un número de treinta y cinco bombillas para la iluminación interior del buque y otras siete para iluminación exterior y luces de navegación.

Las características de las bombillas que porta el buque actualmente se describen en la Tabla 4-2:

Uso	Potencia (W)	Número uds.	Flujo luminoso (lm)
Luces navegación	12	5	100
Iluminación interior	21	35	250
Luces de cubierta y tope	55	2	600

Tabla 4-2 Características técnicas de las bombillas actualmente instaladas

A pesar de realizar una utilización muy conservadora de la iluminación en el balance de energía diseñado para el buque, esta consume diariamente 1300 Wh (108 Ah). Lo que representa un 18 % de todo el consumo eléctrico del buque en veinticuatro horas.

El posible remplazo de estas bombillas consistiría en su sustitución por unas de tipo BA15D LED, cuya distribución y características una vez instaladas se describen en la Tabla 4-3.

Uso	Potencia (W)	Número uds.	Flujo luminoso (lm)
Luces navegación	1,50	5	200
Iluminación interior	1,50	35	200
Luces de cubierta y tope	30,00	2	600

Tabla 4-3 Características técnicas de las nuevas bombillas LED

Es necesario respetar el valor de flujo luminoso de las bombillas sustituidas en las luces de navegación, ya que utilizar unas de un valor inferior podría repercutir negativamente sobre la seguridad del buque en navegación nocturna.

Con la nueva selección de bombillas el consumo eléctrico diario en navegación para iluminación es de 410 Wh (34,4 Ah), lo que supone un ahorro de energía del 68 % con respecto a la instalación de bombillas de filamento incandescente. Además, esta nueva instalación resulta más segura, puesto que las nuevas bombillas no desprenden calor y, además, el precio unitario por bombilla es similar al de las bombillas de filamento incandescente y su duración es mucho mayor.

4.4.2 Aprovechamiento del sistema hidráulico del buque para el accionamiento de la empujadora de proa y el molinete del ancla

En un primer momento se valoró la idea de aprovechar el motor electro-hidráulico Lewmar Commander 200 disponible en el "Aguete" que alimenta los enrolladores de las velas para alimentar también el molinete del ancla y la empujadora de proa. Esta posibilidad, hubiera permitido eliminar por completo todo el aparataje eléctrico actualmente situado en la proa del buque (grupos de baterías, cableado, etc.), dejando presente únicamente el motor electrohidráulico.

Para llevar a cabo esta posibilidad, resultaba necesario en primer lugar la búsqueda de un motor hidráulico para la empujadora de proa que sustituyese al actual Vetus BOW 8024D, el cual es capaz de ejercer una fuerza de 800 N y posee una hélice de 185 mm de diámetro. El modelo hidráulico sustituto debería tener también una hélice del mismo diámetro que la actual con el fin de aprovechar tanto la hélice como el túnel de casco donde va alojada. El único modelo que fue posible encontrar y que cumpliera las características buscadas fue otro modelo del fabricante Vetus, en este caso el modelo BOW95HMD con un precio de 1.649,00 €. Este modelo aportaba a parte de las ventajas buscadas, un incremento del empuje de 800 a 950 N. El motivo por el que su uso fue desechado es el hecho de que opera bajo una presión hidráulica de 230 bar y requiere un caudal de fluido hidráulico de 24 L/min, mientras que el motor electro-hidráulico disponible a bordo del buque tiene una presión de 140 bar y su caudal máximo es de 16 L/min.

Atendiendo al molinete del ancla, también se pensó, de haber podido encontrar una hélice de proa que cumpliera las necesidades del buque, en un modelo de accionamiento hidráulico. Cuando en 1981 se instaló a bordo del "Aguete" el modelo actual Muir Cheetah HE-1100, existía también una variante de accionamiento hidráulico conocida como modelo HH-1100. Actualmente ambos modelos se encuentran por supuesto descatalogados y resulta imposible encontrarlos en el mercado, además, debido al avance desde entonces en los sistemas eléctricos a bordo desde los buques de recreo, hoy día la vasta mayoría de molinetes a bordo de estos buques son de accionamiento eléctrico, quedando relegados los sistemas hidráulicos a buques de porte mucho mayor. Uno de los pocos modelos que fue posible encontrar en el mercado con características similares a las del que se encuentra en el buque no se considerado debido a que su eje giraba en el eje vertical cuando el molinete que requiere el "Aguete", dada su disposición en el castillo, debe realizar giro en el eje horizontal.

Llegado este punto de no poder llevar a cabo la propuesta, existía una opción que consistía en eliminar los enrolladores actuales de las velas, que son el único equipo a bordo que se acciona de forma hidráulica, así como por lo tanto el motor electro-hidráulico, e instalar en su lugar enrolladores eléctricos y valorar posteriormente, a la hora de reconfigurar los grupos de baterías, el cómo alimentarlos. Teniendo en cuenta las dimensiones de los palos y velas del "Aguete", el modelo elegido resultó ser el NDEC 430 del fabricante Profurl, pero su coste unitario era de 11.500,00 € por unidad, y dado que serían necesarias tres unidades a bordo del "Aguete" (vela mayor y las dos velas de proa), esta opción fue desechada.

Por lo tanto, la conclusión resulta ser mantener los equipos actuales y con el presupuesto ahorrado, invertir en los equipos de generación independientes del diésel-generator y en los nuevos grupos de baterías.

4.4.3 Propuesta de mejora para incrementar las capacidades del circuito de refrigeración del congelador

Como se especificó en apartados anteriores, el compresor Danfoss BD35F que actualmente monta el circuito de refrigeración del congelador del buque tiene una capacidad frigorífica muy inferior a la necesaria para refrigerar el volumen de 395 L del congelador del que se dispone ya que, según el fabricante, este puede servir a congeladores de como máximo 41 L de capacidad.

El calor que según los cálculos efectuados debería poder retirar el evaporador del congelador es de 201,02 W, que aplicando un coeficiente de mayoración de 0,25 para hacer frente a posibles imprevistos resulta en 251,28 W.

Finalmente, se ha utilizado como criterio para escoger un nuevo sistema de refrigeración, que este sea capaz de impulsar el flujo másico de refrigerante que se necesita en el evaporador. Pero, de entre todos los datos que los fabricantes de compresores aportan sobre sus modelos en las hojas de especificaciones técnicas, ninguno es el que se ha escogido como criterio de selección, sin embargo, a partir de los datos que aportan, se ha diseñado la ecuación (11) para calcular el dato necesario de una manera rápida y sencilla.

$$\dot{m} = D \times \frac{RPM_{max}}{60} \times (4,25 \times 10^{-6}) \quad (11)$$

Donde " $\dot{m}$ " es el flujo másico de refrigerante requerido, " D " el desplazamiento de refrigerante del compresor en cm^3 , " RPM_{max} " son las máximas revoluciones por minuto que puede mantener el compresor, 60 son los segundos en un minuto y $4,25 \times 10^{-6}$ es la densidad en (kg cm^{-3}) del refrigerante R-134a en estado gaseoso a 25 °C de temperatura y un bar de presión.

Se ha decidido que el compresor finalmente escogido pueda funcionar con 12 V de corriente continua de los servicios generales del buque y que utilice refrigerante R-134a dado que existe una mayor variedad de modelos en el mercado que lo utilicen, facilitando su elección. También se desea que tenga un tamaño similar al modelo montado actualmente para que pueda ser instalado con facilidad.

El flujo másico de R-134a necesario para retirar un calor de 251,28 W del evaporador es de $1,84 \times 10^{-3} (\text{kg s}^{-1})$. Se ha tener en cuenta que no se piensa retirar el compresor actualmente instalado para que así trabaje en paralelo con el nuevo reforzando así las capacidades del congelador.

El compresor Danfoss BD35F actualmente instalado genera un desplazamiento de refrigerante R-134a de 2 cm^3 y sus revoluciones por minuto máximas son 3500, lo cual aplicando la fórmula anteriormente deducida resulta en un flujo másico de refrigerante de $4,96 \times 10^{-4} (\text{kg s}^{-1})$. Por lo tanto, el nuevo compresor elegido deberá tener un flujo másico mínimo de refrigerante de $1,35 \times 10^{-3} (\text{kg s}^{-1})$.

Atendiendo a todo lo anterior, los compresores que finalmente se evaluaron fueron los detallados en la Tabla 4-4:

Compresor	Voltaje de operación (V)	Potencia eléctrica máx. (W)	RPM _{max}	Desplazamiento (cm ³)	$\dot{m}$ (kg s ⁻¹)
* Danfoss BD35F	12	76	3500	2,00	4,96x10 ⁻⁴
* Danfoss BD50F	12	110	3500	2,50	6,20x10 ⁻⁴
* Danfoss BD80F	12	170	4400	3,00	9,35x10 ⁻⁴
Danfoss BD250GH	12	460	4400	5,00	1,56x10 ⁻³
* Meilile BD72Y	12	90	3500	5,20	1,29x10 ⁻³
Meilile BD92Y	12	120	3500	7,70	1,91 x10 ⁻³
* Sikelan QDZH35G	12	100	3500	3,50	8,68 x10 ⁻⁴
* Sikelan QDZH50G	12	160	3500	5,00	1,24x10 ⁻³
Sikelan QDZH65G	12	210	3500	6,50	1,61x10 ⁻³

Tabla 4-4 Relación de compresores evaluados para su instalación

* Compresores que no cumplen el requisito de flujo másico de refrigerante requerido.

De los tres compresores que cumplen el requisito del flujo másico del refrigerante se ha descartado el Danfoss BD250GH debido a su gran tamaño y su elevado consumo de energía, pues el sistema se compone de dos compresores BD50F colocados en paralelo lo que también aumenta considerablemente su tamaño haciéndolo no apto para su instalación a bordo del "Aguete". El Sikelan QDZH65G se ha descartado debido a las mayores prestaciones del Meilile BD92Y, aunque ambos cuenten con un tamaño similar.

El compresor finalmente elegido ha sido el Meilile BD92Y de fabricación china que, aun teniendo un consumo eléctrico moderado dentro de los compresores comparados, tiene unas prestaciones mucho mayores, ya que a tan solo 3500 RPM es capaz de impulsar 7,70 cm³ de refrigerante. Además, tan solo tiene un tamaño un 33% mayor que el Danfoss BD35F que actualmente monta el barco. Se adjunta su hoja de características en el [Anexo II](#) de este trabajo.

Con la nueva instalación frigorífica se dispondría de un flujo másico de refrigerante de 2,41x10⁻³ (kg s⁻¹), lo que permitiría retirar en condiciones adversas un calor de hasta 262,81 W del evaporador, valor que es un 5,4 % que el máximo calor necesario a retirar teniendo en cuenta el coeficiente de mayoración de 0,25. Sin tener en cuenta este coeficiente, la instalación trabajaría al 76,4 % de su capacidad en condiciones normales.

El compresor elegido una vez adquirido incluye su propia centralita electrónica de control, su válvula de expansión y su condensador asistido por ventilador. Se desconoce la potencia del ventilador, pero dadas las especificaciones del compresor, este tiene que ser de una potencia igual a la calculada anteriormente.

La última parte para finalizar el diseño de esta instalación frigorífica, consiste en la elección de un nuevo evaporador que deberá ser fijado en el interior de la cámara frigorífica, preferentemente a la mayor distancia posible del que ya se encuentra instalado, lo más recomendable sería la pared opuesta de la cámara.

Dada la escasa oferta de evaporadores con las altas prestaciones en lo referente al flujo másico de refrigerante que admiten, que se demandan ofertados para su compra por separado, se ha elegido el modelo VD-14N fabricado por Dometic (antigua Waeco). Se trata de un evaporador con unas dimensiones de 275 mm de alto por 220 de largo por 65 de ancho, y su peso es de tan solo 2,5 kg, lo que lo hace ideal para ser instalado en el interior del congelador del que disponemos. Según el fabricante, sería capaz de servir a un congelador de 400 L que estuviera bien aislado. Se trata de un evaporador con circulación de aire forzada por un ventilador de 80 W que supera con creces el que se había calculado como óptimo para esta instalación y que debía de tener una potencia de 30,42 W. Este evaporador se entrega con su propio termostato, por lo cual ya se dispondría de todos los componentes para la instalación.

4.4.4 Propuesta de sistemas de generación basados en energías renovables

Para la generación de energía eléctrica al margen del motor propulsor principal y el diésel-generador, se ha valorado el aprovechamiento de la energía solar, dado que la mayor demanda de energía de este buque se produce en los cruceros de fin de curso que se llevan a cabo durante junio y julio, cuando la radiación solar directa es más potente. Además, en esta época el buque navega en su mayoría por el sur de la Península Ibérica donde lo más común es que la meteorología para el aprovechamiento de esta sea la más favorable. También se valorarán el aprovechamiento de la energía eólica y de la energía hidrocínética en alguna de sus formas.

4.4.4.1 Energía solar

Para la opción de la energía solar, se ha decidido montar los paneles fotovoltaicos sobre el techo de la cabina que es el único punto del buque con superficie suficiente para albergarlas. La superficie disponible es de 9,6 m², de los que únicamente son utilizables 7,2 m² debido a que en la esquina de popa estribor del techo de la cabina, se encuentra la tapa corredera que da acceso al interior de la cabina. El único factor limitante para la instalación de los paneles es la superficie disponible. También existe la posibilidad de montar unos paneles de tipo flexible sobre algún punto de la cubierta, pero dada la geometría de los paneles no queda ningún recoveco libre que sea utilizable para este fin, por lo que esta opción queda desechada. Dada la superficie disponible para la instalación de placas solares, es posible instalar tres paneles solares solamente.

Como proveedor de estos equipos se ha escogido a la firma con base en Lérida, Damia Solar dado que se trata de una empresa española con amplia experiencia en el sector y que ofrece unos precios y asistencia técnica muy competitivos. Los equipos que oferta esta empresa en materia de paneles solares rígidos para su aplicación en embarcaciones de recreo, así como sus características y precios se detallan a continuación en la Tabla 4-5:

Potencia panel (W)	Dimensiones (mm)	Precio (€)
100	1022 x 670 x 35	260,00
140	1480 x 670 x 35	295,00
250	1640 x 990 x 46	430,00

Tabla 4-5 Características de los paneles fotovoltaicos evaluados

Todos los equipos reseñados anteriormente son de fácil instalación y no requieren personal cualificado para ello, además incluyen todas las piezas necesarias para su instalación y posterior operación. También incluyen un regulador de corriente para carga de las baterías del buque, que en el caso de los paneles de 100 W y de 140 W es de 10 A y en el de 250 W de 40 A.

El factor determinante para la estimación de la potencia que pueden entregar las placas solares es el valor de irradiancia directa media medida en ($\text{kWh m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$). Partiendo de la base de que este buque realiza sus largos periodos de navegación en verano, este valor es de 6,07 en España. Lo cual ofrece una tasa de generación de energía de 4,15 kWh en el caso de las placas de 100 W, 6,01 kWh en el caso de las placas de 140 W, y 9,85 kWh en el caso de las de 250 W. Debido a la superficie vélica del buque, que en función del rumbo y orientación del Sol puede producir grandes zonas de sombra sobre el buque, se estimará que solo se generará el 50 % de esta energía. Todos estos valores son superiores a la capacidad nominal de generación de las placas estudiadas. [39]

Posteriormente, y en función de las necesidades reflejadas en el balance energético final del buque, se decidirá qué equipo solar instalar. [8] [38]

4.4.4.2 Energía hidrocínética

Para la instalación de un equipo destinado al aprovechamiento de la energía hidrocínética que se genera como consecuencia del movimiento del buque en el agua, se ha trabajado sobre dos líneas de acción diferentes.

La primera consistiría en acoplar un nuevo alternador al eje de propulsión principal del buque mediante el uso de una polea y una correa. Este alternador sería similar al que va montado en el motor diésel-generador para la generación eléctrica del buque. Este sistema generaría corriente eléctrica siempre que el eje del motor propulsor girase, esto es, siempre que se estuviera haciendo uso de la propulsión principal, y navegando a vela con el motor en punto muerto, lo que haría que la hélice girase libremente debido a la presión del agua contra las palas de la hélice, consecuencia del movimiento del buque.

La segunda consistiría en fijar en una parte del casco una cola diseñada específicamente para el aprovechamiento de energía hidrocínética. Se trata de un sistema en apariencia similar a un motor fueraborda que posee una hélice en su extremo inferior que gira cuando el buque se desplaza por el agua, generando una corriente eléctrica que carga las baterías de hasta 48 A. Estos sistemas están contruidos en materiales muy ligeros y resistentes y diseñados con una forma muy hidrodinámica que apenas opone resistencia al avance una vez montado en el buque.

Prestando atención a los alternadores montados sobre el eje de propulsión principal se encontraron varios tipos: de corriente alterna trifásica, monofásica y de corriente continua. Se descartó el uso de trifásicos debido a que actualmente el buque no cuenta con ninguna instalación de trifásica. Tanto los alternadores de corriente alterna monofásica como de corriente continua presentaban una relación potencia entregada con respecto al precio muy interesante. El problema detectado consistía en que comenzaban a generar energía a una velocidad de giro muy elevada, entorno a las 1000 RPM. Esto no

supone un problema cuando el eje gira accionado por el motor principal, pero sí cuando el buque navega a vela con el motor en punto muerto, momento en el cual se consiguen velocidades de giro en el eje de entre 100 y 200 RPM. Con el fin de poder aprovechar las capacidades que ofrecen estos alternadores, y dado que el mecanismo sería accionado mediante una polea y una correa, se procedió a calcular el diámetro de polea necesario para que en navegación a vela el alternador fuera capaz de generar un mínimo de energía eléctrica. El resultado fue que para conseguir el mínimo de 20 A con una velocidad de rotación del eje propulsor de 100 RPM, sería necesaria la instalación de una polea de entorno a los 70 cm de diámetro alrededor del eje propulsor. Aunque es posible construirla, el buque no dispone de suficiente espacio en el recorrido longitudinal del eje propulsor para alojarla, por lo tanto, la opción del alternador quedó descartada. Todos estos cálculos fueron realizados en base a las prestaciones de dos alternadores generadores de corriente continua a 12 V que parecían los más idóneos para ser montados a bordo del buque. Estos alternadores eran los modelos 12/90 MB y 12/130 MB del fabricante Mastervolt. Su rendimiento se puede apreciar en la Figura 4-13.

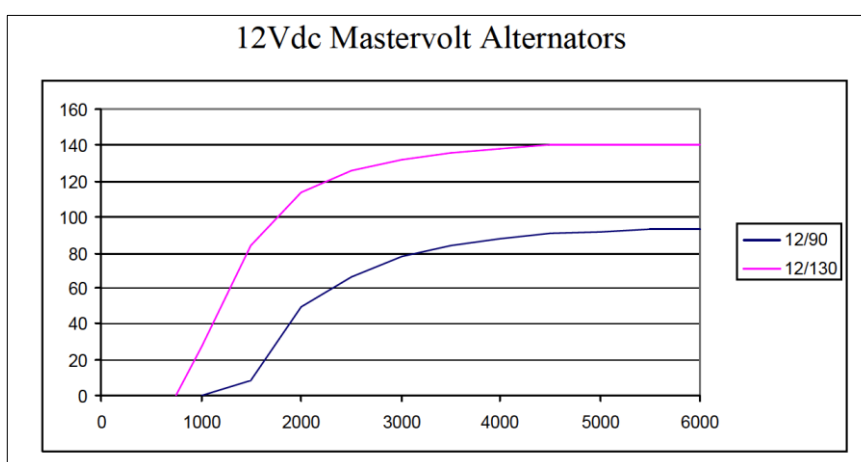


Figura 4-13 Entrega de potencia de los alternadores Mastervolt (www.mastervolt.es)

La única solución factible para el aprovechamiento de la energía hidrocínética son las colas construidas específicamente para el aprovechamiento de esta energía. Actualmente la oferta más interesante en el mercado, son las fabricadas por la empresa francesa Watt & Sea, y los modelos más adecuados para el "Aguete" son los Cruising 300 y 600. Estos mediante el uso de una hélice incorporada de 280 mm de diámetro consiguen entregar a las baterías unas corrientes de entre 12 y 20 A el primero, y de entre 12 y 37 A el segundo, con una velocidad de desplazamiento del buque de entre 5 y 8 nudos (velocidades de navegación a vela normales para el "Aguete"). Estos sistemas son completamente independientes de cualquier otro sistema del buque. El principal inconveniente es su precio, de 3630,00 € el Cruising 300, y de 5175,00 € el Cruising 600.

Se ha evaluado también debido a su facilidad de instalación, la incorporación de un pequeño generador remolcado para el aprovechamiento de energía hidrocínética. Ha sido elegido el hidrogenerador remolcado Aqua4Gen 12V, capaz de entregar de 4 a 11 A a las baterías con velocidades de desplazamiento del buque de entre 5 y 8 nudos. Además, incorpora un kit llamado Aero4Gen que permite sacarlo del agua y convertirlo fácilmente en un aerogenerador capaz de entregar corriente a las baterías de entre 10 y 20 A con velocidades relativas del viento de entre 5 y 60 nudos. Su precio es de 1390,00 €.

4.4.4.3 Energía eólica

En cuanto al apartado de generación eólica, se han encontrado en el mercado diversos aerogeneradores que entregan potencias desde 50 hasta los 1400 W, que podrían ser instalados en los topos de los palos donde hay espacio suficiente. Sus precios varían entre los 400 y 5000 €.

4.4.5 Actualización del plan de consumo del buque

Se ha realizado la actualización del plan de consumo del buque con los nuevos equipos introducidos, que incluyen la sustitución de la iluminación del buque mediante bombillas de filamento incandescente por LED y la introducción de un nuevo compresor y evaporador para trabajar en paralelo con los que ya están instalados en el congelador, y así conseguir su funcionamiento óptimo bajo las condiciones que el buque requiere. Manteniendo invariables los tiempos de utilización de los equipos en el periodo de veinticuatro horas, ha sido posible reducir el consumo del inicialmente estimado de 15,07 kWh (613,15 Ah) a 11,54 kWh (602,46 Ah) como se aprecia en la Figura 4-14, lo que supone un ahorro en el consumo en kWh del 23 %.

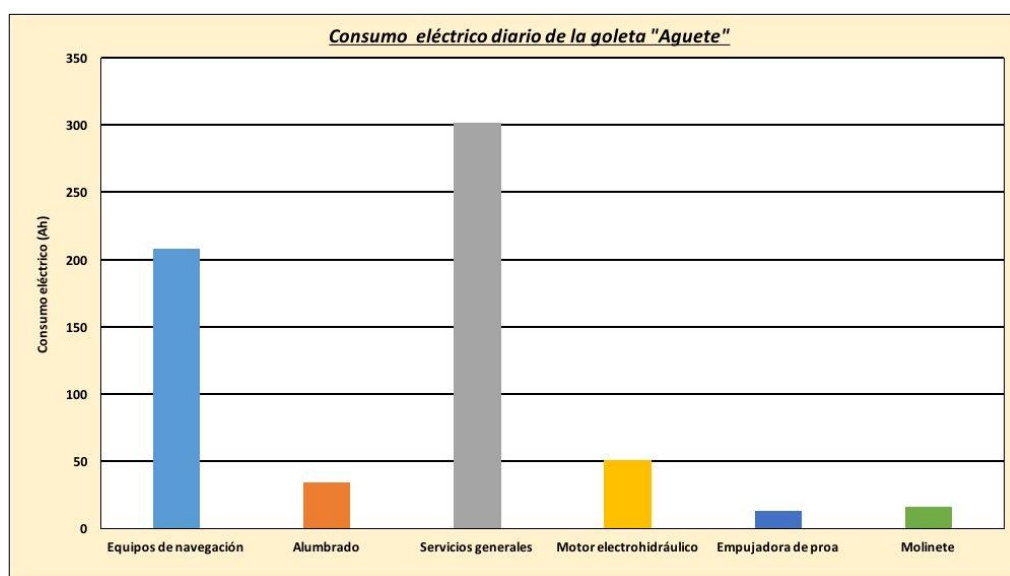


Figura 4-14 Gráfica del consumo eléctrico diario modificado

4.4.6 Selección de los equipos generadores basados en energías renovables

Tras todos los datos y conclusiones expuestos anteriormente, se pasará ahora a realizar la elección más óptima para equipar al "Aguete" con los equipos de generación eléctrica basados en energías renovables disponibles en el mercado.

Los equipos que finalmente se ha decidido evaluar, de entre los cuales serán elegidos los más óptimos para su instalación en el "Aguete" se detallan a continuación junto a sus especificaciones técnicas y precios.

4.4.6.1 Paneles fotovoltaicos

Tipo	Marca y modelo	Potencia (W)	Precio unitario (€)
Panel fotovoltaico	Damia Solar 100	100	260,00
Panel fotovoltaico	Damia Solar 140	140	295,00

Panel fotovoltaico	Damia Solar 250	250	430,00
-----------------------	--------------------	-----	--------

Tabla 4-6 Relación de paneles fotovoltaicos

4.4.6.2 Generadores hidrocinéticos

Tipo	Marca y modelo	Potencia (W)	Precio unitario (€)
Cola hidrocinética	Watt & Sea 300	300	3.630,00
Cola hidrocinética	Watt & Sea 600	600	5.175,00
Hidrogenerador remolcado	Aqua4Gen	130	1.390,00

Tabla 4-7 Relación de hidrogeneradores

4.4.6.3 Aerogeneradores

Tipo	Marca y modelo	Potencia (W)	Precio unitario (€)
Generador eólico	Rutland 504	80	433,00
Generador eólico	Ampair 100	100	1.292,17
Generador eólico	Ampair 300	300	3.873,10
Generador eólico	Silent Wind 400	400	1,541,81
Generador eólico	Rutland 1200	500	1.405,00
Generador eólico	Ampair 600	600	5.080,00
Generador eólico	Leading Edge 600	750	1.175,00
Generador eólico	Super Hornet 1000	1000	821,45

Tabla 4-8 Relación de generadores eólicos

4.4.6.4 Selección final de los equipos generadores

Dado que el consumo final del buque es de 11,54 kWh en un día, y sabiendo que se busca que este pueda abastecerse solamente con energías renovables perdiendo la dependencia del motor diésel-generador para cargar las baterías, se han seleccionado las siguientes alternativas mencionadas en la Tabla 4-9 para diseñar el grupo de generador por energías renovables:

Tipo	Marca y modelo	Potencia (W)	Precio unitario (€)
Panel fotovoltaico	Damia Solar 100	100	260,00
Cola hidrocínética	Watt & Sea 300	300	3.630,00
Aerogenerador	Super Hornet 1000	1000	821,45

Tabla 4-9 Relación de los generadores a base de energías renovables escogidos

La capacidad de generación eléctrica nominal del grupo por hora es de 1400 W y precio total de los componentes sin instalación es de 4.711,45 €. Se ha tenido en cuenta la incorporación de un generador para cada tipo de energía estudiada y un valor del 50 % de la potencia solar aprovechada en cada panel fotovoltaico por los motivos anteriormente reseñados.

También se ha aplicado un coeficiente de seguridad del 25 % sobre la demanda de energía del buque por hora que es de 480,88 W para dimensionar el grupo generador de energías renovables, por lo tanto, se estimó un valor total de generación eléctrica a la hora de 601,21 W. [4] [38]

Este grupo ha sido diseñado utilizando el complemento Solver incluido en Microsoft Excel, con el que se han incluido en una tabla las diferentes alternativas de equipos con su precio y capacidad de generación unitarias. Se ha minimizado la función coste y se ha limitado inferiormente el valor resultado de la función energía generada a 601,21 W. También se ha añadido como restricción la inclusión de un generador como mínimo para cada tipo de energía renovable estudiada.

A pesar de ser esta la opción más equilibrada en relación a precio y potencia eléctrica entregada, existen otras muchas combinaciones de los equipos evaluados según las necesidades, prestaciones y precios que se deseen.

Las especificaciones técnicas de la cola hidrocínética y el aerogenerador se detallan en la Figura 4-15 y en la Figura 4-16 respectivamente.

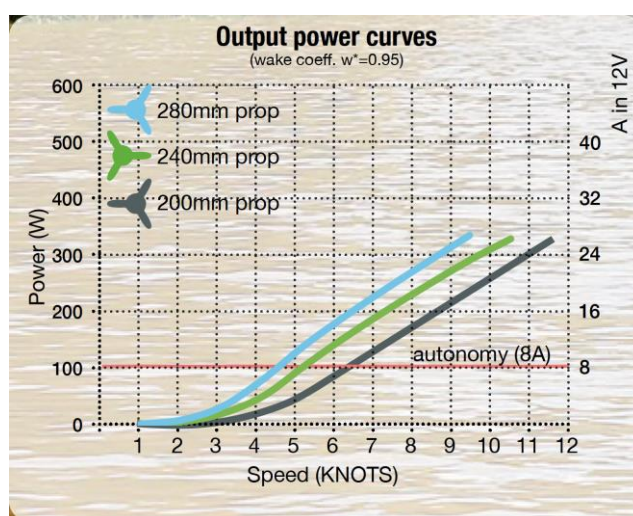


Figura 4-15 Gráfica entrega de potencia del Watt & Sea 300 (www.wattandsea.com)

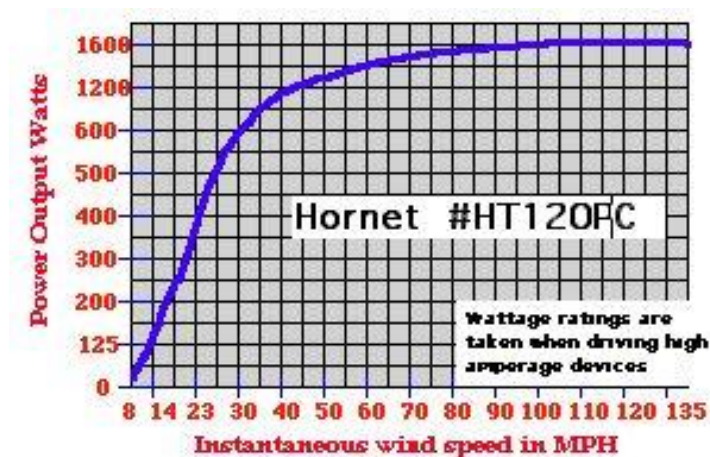


Figura 4-16 Gráfica entrega de potencia del Super Hornet 1000 (www.orionair.co.uk)

4.5 Dimensionamiento de un nuevo banco de baterías para la goleta "Aguete"

Como ha sido descrito en apartados anteriores, la goleta "Aguete" cuenta actualmente con cinco grupos distintos de baterías de plomo-ácido tradicionales de 12 y 24 V de corriente continua para distintos fines. Esto hace un total de trece baterías. En este apartado se tratará de minimizar este número manteniendo o superando las prestaciones de los grupos de baterías actuales con el fin de reducir pesos y volumen ocupado a bordo del buque, así como para reducir el número de baterías a sustituir cuando sea necesario hacerlo.

La tecnología de las baterías ha avanzado mucho en los últimos años como ya se explicó en el Estado del arte de este TFG. Por este motivo se ha decidido sustituir las actuales baterías tradicionales de plomo-ácido por otras de tipo gel y AGM teniendo en cuenta las ventajas e inconvenientes de cada tipo.

Para el almacenamiento principal de energía y para el abastecimiento de los servicios generales, se dimensionará un banco de baterías de gel de ciclo profundo, que resultan óptimas para realizar numerosos ciclos de carga-descarga sin deteriorarse y para demandas prolongadas de energía.

Para los consumidores que necesitan elevados picos de potencia durante un corto periodo de tiempo como son el molinete de proa, el motor electrohidráulico, la empujadora de proa y los arrancadores del motor diésel-generador y el principal se utilizarán baterías de tipo AGM, que son más propicias para este cometido.

Se tratará siempre de utilizar el menor número de baterías y del mayor tamaño posible. Esto es debido a que la relación de coste por cada Ah de la batería es más económico. [4] [21] [38]

4.5.1.1 Grupo de servicios generales

El consumo energético de los servicios generales e iluminación del buque en veinticuatro horas en base al nuevo plan de consumo diseñado es de 500 Ah. Aplicando un coeficiente de seguridad de 0,25 se obtiene un consumo de 625 Ah. Por lo tanto, esta es la capacidad de carga total del grupo de baterías de gel que se diseñe para este fin.

Se ha escogido para conformar este grupo de baterías tres unidades de batería de gel de 12 V MK 8G4D con una capacidad de carga de 210 Ah. Estas baterías se dispondrán conectadas en paralelo para conformar el grupo. El peso de cada batería es de 71,2 kg.

4.5.1.2 Grupo de arranque, molinete y motor electro-hidráulico

Para el arranque del motor principal y del diésel-generator, así como para la alimentación del molinete del ancla y del motor electro-hidráulico se ha elegido una batería tipo AGM modelo RITAR RA-12 100S de 12 V y capacidad de carga de 100 Ah. El equipo conectado a esta batería que demanda una batería de mayor tamaño es el motor principal que requiere una batería de 12 V y 80 Ah. Se ha aplicado un coeficiente de seguridad de 0,25. El resto de equipos a los que alimenta esta batería no consumen más de 90 Ah en un día de acuerdo al plan de consumo estimado anteriormente. El peso de esta batería es de 29 kg. La razón para escoger una única batería para este fin es la escasa probabilidad de que los equipos a los que alimenta operen simultáneamente y el hecho de que esta batería se carga continuamente.

4.5.1.3 Grupo de la empujadora de proa

Por último, se necesita una fuente de 24 V para alimentar a la empujadora de proa. Para este fin también se seleccionará una batería tipo AGM, debido a que la empujadora solo operará en periodos cortos con una alta intensidad de corriente. El fabricante Vetus recomienda usar dos baterías de 12 V en serie con una capacidad de 100 Ah cada una. Aplicando el coeficiente de seguridad de 0,25 se buscarán dos baterías con capacidad de 125 Ah. Las baterías seleccionadas finalmente son dos Victron Energy AGM de 12 V y 130 Ah que se conectarán en serie para conformar el grupo de 24 V. El peso de estas baterías es de 38 kg.

4.5.1.4 Características finales del nuevo banco de baterías

En total el nuevo banco de baterías diseñado cuenta con tres grupos y seis baterías frente a los cinco grupos y trece baterías anteriormente instalados. El peso total de las nuevas baterías es de 318,6 kg frente a los 311,4 kg de las anteriores. El peso es algo superior, pero el ahorro en espacio ocupado por las baterías es del 54 %. El precio de las nuevas baterías es de 3.267,36 € frente a los 1.625,47 € de las anteriores. Este precio es elevado, pero es debido a la mejor tecnología y construcción de estas baterías, soportan muchos más ciclos de carga-descarga que las baterías convencionales manteniendo sus prestaciones originales, además, un aspecto muy interesante de estas baterías y de aplicación directa sobre este buque es que poseen una tasa mensual de descarga residual del 1 % de su capacidad en el caso de las baterías de gel, y del 3 % en el caso de las baterías AGM.

El nuevo banco de baterías tardaría en cargarse por completo mediante el uso de energías renovables, suponiendo un bajo rendimiento de los generadores (corriente de 60 A) y unas baterías totalmente descargadas, unas doce horas. Haciendo uso de los cargadores de baterías en las mismas condiciones se tardaría aproximadamente veinticuatro horas, lo que significaría permanecer durante un día entero con el diésel-generator arrancado.

Esto demuestra que los nuevos sistemas de generación a base de energías renovables realizan la misma tarea que los cargadores de baterías en aproximadamente la mitad del tiempo. No resulta posible la instalación de unos cargadores de baterías de mayores prestaciones debido a que no se encuentran disponibles en el mercado, y los que se encuentran, tienen unas dimensiones excesivas para el buque. Tampoco resulta factible en términos de espacio incrementar el número de cargadores Ferve F-2330 que actualmente se llevan a bordo.

4.6 Procedimientos de instalación y operación de los nuevos equipos y sistemas

A lo largo de este apartado se describirá la forma en la que deben instalarse y operarse los nuevos generadores y bancos de baterías. Es importante implantar una serie de medidas de seguridad en la operación para prevenir posibles averías en los nuevos equipos debido a algunos imprevistos que pueden surgir durante la instalación.

Todas estas instalaciones se encuentran gráficamente representadas en el [Anexo I](#) de este trabajo.

4.6.1.1 Grupos de baterías y generadores a base de energías renovables

En primer lugar, se describirá la forma en que se dispondrán los nuevos grupos de baterías. El nuevo grupo de baterías para servicios generales ocupará el hueco bajo el sofá del comedor-cocina en el costado de babor del buque. Este hueco está actualmente ocupado por los dos grupos de tres y cuatro baterías para servicios generales conectadas en paralelo. Las tres baterías de gel se dispondrán en paralelo lo que hará que el grupo tenga una capacidad de 630 Ah a 12 V.

A este grupo se conectará uno de los cargadores Ferve F-2330 de los que se dispone actualmente para que pueda ser cargado mediante la corriente generada por el diésel-generator.

A este grupo de baterías también se conectarán las salidas a batería de los reguladores de corriente de los distintos equipos de generación de electricidad a base de energías renovables que han sido instalados. Teóricamente, estos reguladores ya protegen a los generadores de una posible descarga de la batería sobre ellos, pero dado que han sido conectados tan diversos equipos a este grupo de baterías, se recomienda como seguridad extra la instalación de un diodo 50HF120 entre cada regulador de corriente y el grupo de baterías. Esto prevendrá de posibles descargas accidentales de las baterías sobre los generadores. Estos diodos soportan sobradamente las condiciones a las que estarán sometidos, ya que están diseñados para trabajar de forma continuada con diferencias de potencial entre ánodo y cátodo de hasta 1200 V y corrientes de 50 A.

También es recomendable instalar interruptores diferenciales en el cuadro de distribución principal del buque para controlar la entrega de energía de los nuevos generadores instalados y poder interrumpir esta cuando se crea conveniente.

La batería de arranque y alimentación de motor electro-hidráulico y molinete irá conectada en paralelo con el grupo anterior, esto permitirá que la batería esté siempre plenamente cargada. Es recomendable que en esta conexión se instale un interruptor en el cuadro de distribución principal para poder aislar los dos grupos de baterías en caso necesario. A esta batería se conectarán también los alternadores del motor principal y diésel-generator. Este grupo alimentará al motor electro-hidráulico, molinete y al motor de arranque del motor principal y diésel-generator. Todas las entradas de carga a este grupo deberán ser protegidas mediante diodos 50HF120.

El grupo de dos baterías en serie para alimentar a la empujadora de proa será cargado mediante corriente procedente del generador con el cargador Ferve F-2330 restante. Para su abastecimiento mediante energías renovables se conectará en paralelo con el grupo de servicios generales. En esta conexión también se instalará un interruptor en el cuadro de distribución principal para el aislamiento de los grupos de baterías.

Entre estos dos grupos es necesario intercalar un transformador de corriente continua de 12 a 24 V. Se ha escogido un transformador Fraron 12 a 24 V de 1200 W y una corriente máxima de 50 A.

Dado que la empujadora de proa puede operar con corrientes superiores a los 250 A, resulta imperativa la protección del transformador durante el funcionamiento de la empujadora. Una opción consistiría en apagar manualmente el transformador momentos antes de empezar a operar la empujadora de proa. La otra consiste en la instalación de un relé de 24 V y 300 A (corriente máxima de la empujadora 280 A). El circuito de la bobina del relé estaría alimentado por la corriente del panel de control de la empujadora y el circuito del interruptor del relé interrumpiría el cable positivo que va desde el transformador al grupo de baterías de la empujadora de proa, de este modo, el transformador quedaría aislado del grupo automáticamente al accionar la empujadora dado que es necesario que durante toda la operación de la empujadora se pulse un botón en el panel de control, haciendo que circule corriente por la bobina del relé. También se instalará un diodo 50HF120 entre el transformador y el grupo de las baterías para que la transmisión de carga sea unidireccional.

4.6.1.2 Sistema de refrigeración del congelador

También resulta necesario el diseño de un sistema para que los dos compresores del congelador operen de manera conjunta. Con esto se pretende evitar que uno de los compresores opere al máximo de su capacidad mientras el otro se encuentra apagado, aumentando así el consumo de energía y disminuyendo la eficacia conjunta de los dos sistemas que operan en paralelo.

Este sistema de seguridad consiste en convertir el compresor Danfoss BD35F (el de menor capacidad ya instalado en el buque) en esclavo del nuevo compresor Meilile BD92Y (el de mayor capacidad) que actuará como maestro.

Para conseguir este efecto se instalará un relé de automoción de 12 V y 20 A (corriente máxima en el relé 10 A). El circuito de la bobina del relé se instalará en el cable que sale del terminal "+" que está al lado del terminal "F" de la centralita electrónica del compresor que actuará como maestro (BD92Y), y el circuito del interruptor del relé se instalará en el cable que llega al terminal "+" situado al lado del terminal "-" de la centralita electrónica del compresor BD35F que actuará como esclavo. De este modo el compresor BD35F solamente podrá operar cuando el compresor maestro BD92Y esté alimentado y funcionando. En ese momento el relé permitirá que llegue corriente de alimentación a la centralita del compresor esclavo BD35F.

4.7 Estimación de presupuesto para los nuevos equipos a instalar

Se detallarán a continuación los costes estimados ordenados de menor a mayor de los nuevos equipos que se han evaluado como adecuados para ser instalados a bordo de la goleta "Aguete" a modo de aproximación al presupuesto que costaría adquirirlos en el mercado actualmente. También se indicarán los beneficios que reporta su instalación.

4.7.1 Iluminación

Tipo	Marca y modelo	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Bombilla LED 1,5 W	Sencart 1157	40	2,30	92,00
Bombilla LED 30 W	Sencart GC1157	2	14,50	29,00

Tabla 4-10 Presupuesto de la nueva instalación de iluminación

El precio total para el reemplazo de la iluminación convencional por iluminación LED es de *ciento veintiún euros* (121,00 €). Esta es la solución más económica y supone un ahorro del 68 % del consumo actual en iluminación, lo que significa que este consumo pasa a suponer un 18 % del consumo eléctrico total del buque a suponer sólo un 6 %.

4.7.2 Sistema de refrigeración del congelador

Tipo	Marca y modelo	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Compresor congelador	Meilile BD92Y	1	317,37	317,37
Evaporador congelador	Dometic VD-14N	1	240,00	240,00
Relé 12 V 20 A	Delphi SRB700	1	4,35	4,35

Tabla 4-11 Presupuesto de la nueva instalación de refrigeración del congelador

Se trata de la segunda mejora más barata con un coste de *quinientos sesenta y un euros con setenta y dos céntimos* (561,72 €). No supone un ahorro de energía, de hecho, incrementa el consumo eléctrico diario de los sistemas de refrigeración en un 5 %, pero logra que el congelador cumpla con garantías los requisitos que se le demandan.

Para su adquisición se ha elegido adquirir directamente evaporador a la empresa fabricante Dometic. El compresor debe ser encargado a China directamente a través del mayorista Alibaba.

4.7.3 Nuevo banco de baterías

Tipo	Marca y modelo	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Batería de gel	MK8G4D	3	802,41	2.407,23
Batería AGM	RITAR RA-12 100 S	1	207,60	207,60
Batería AGM	Victron Energy 12-130	2	326,28	652,56
Transformador 12-24 VCC	Fraron 1200	1	179,00	179,00
Diodo	50HF120	2	8,00	16,00
Relé 24 V 300 A	AD-242	1	12,30	12,30

Tabla 4-12 Presupuesto del nuevo banco de baterías

El precio de los componentes del nuevo banco de baterías es de *tres mil cuatrocientos setenta y cuatro euros con sesenta y nueve céntimos* (3.474,69 €). Estas baterías permiten reducir el espacio destinado en el buque para almacenamiento de energía, además de contar con una vida más larga, una carga más rápida y una descarga residual muy inferior a la de las baterías tradicionales.

4.7.4 Generadores a base de energías renovables

Tipo	Marca y modelo	Unidades	Precio unitario (€)	Precio total (€)
Panel fotovoltaico 100 W	Damia Solar 100	1	260,00	260,00
Cola hidrocínética 300 W	Watt & Sea 300	1	3.630,00	3.630,00
Aerogenerador 1000 W	Super Hornet 1000	1	821,45	821,45
Diodo	50HF120	3	8,00	24,00

Tabla 4-13 Presupuesto de la nueva instalación de generadores a base de energías renovables

Es la mejora propuesta con el importe más elevado, su coste alcanza los *cuatro mil setecientos treinta y cinco euros con cuarenta y cinco céntimos* (4.735,45 €). A cambio ofrece una entrega diaria de energía que permitiría cargar los bancos de baterías del buque en doce horas, lo que supone la mitad de tiempo de lo que se tarda actualmente. Todo ello prescindiendo del consumo de combustible. Si se combinasen los sistemas de generación actuales con los propuestos se conseguiría alcanzar el máximo nivel de carga en seis horas aproximadamente.

4.7.5 Presupuesto total

Por lo tanto, la suma de todos los costes alcanza un precio total de adquisición de *ocho mil ochocientos noventa y dos euros con ochenta y seis céntimos* (8.892,86 €).

5 CONCLUSIONES Y LÍNEAS FUTURAS

5.1 Conclusiones

Tras la realización del presente trabajo se puede llegar a varias conclusiones que se expondrán a continuación.

En primer lugar, es necesario resaltar el buen estado de conservación general de la goleta "Aguete" tanto a nivel plataforma como a lo que equipos e instalaciones se refiere en buque de tal antigüedad. Esto se debe sin duda al excelente mantenimiento que brinda la Armada Española a sus efectivos y a la acción de los profesionales altamente cualificados que trabajan sobre ellos. Sin lugar a dudas, esto pone de manifiesto la importancia de las labores de mantenimiento y conservación sobre las embarcaciones de recreo en general y sobre los buques del Núcleo de Goletas de la Escuela Naval Militar en particular, ya que resulta fundamental para conservar y mantener en adecuado estado operativo tanto los buques como sus equipos.

Las fallas detectadas en el equipamiento de a bordo durante la realización del presente estudio se debieron sobre todo a vejez en los equipos, algo contra lo que resulta imposible luchar dado que, a pesar de todos los esfuerzos, las limitaciones normales de tiempo y presupuesto en el mantenimiento que brinda la Armada no permiten llegar a tanta profundidad.

También se encontraron fallas flagrantes, como el problema en el sistema de refrigeración del congelador, el cual provenía de un volumen de refrigeración sobredimensionado para el compresor con el que se había dotado, lo cual responde a un pobre esfuerzo de diseño y planificación.

A pesar de todo, se ha conseguido proponer soluciones factibles a las fallas encontradas, basadas siempre en soluciones de ingeniería y en los recursos que ofrece actualmente el mercado.

Uno de los inconvenientes que no se ha conseguido resolver, es el poco aprovechamiento de toda la potencia generada por el motor diésel-generador. Esto se debe a que el buque lleva instalado a bordo un generador demasiado grande y potente para sus necesidades eléctricas reales. La razón que motivó la instalación del mencionado generador se desconoce. Este inconveniente podría haberse resuelto de haber hallado en el mercado cargadores de baterías más potentes que de los que se disponen actualmente, pero esto no fue posible por las distintas razones ya expuestas.

Tampoco ha sido posible profundizar más en los sistemas de un compresor para el congelador y un alternador accionados por el movimiento del eje de la hélice cuando el buque navega a vela con el motor en punto muerto debido a que no ha sido posible medir con precisión la velocidad de giro del eje

consecuencia de este efecto por carecer del material adecuado, tampoco ha sido posible medir el par en el eje debido a que para esto hubiera sido necesario medirlo en la zona cercana a la hélice acoplando una polea y esto solo puede hacerse con el buque fuera del agua.

Este trabajo también ha puesto de manifiesto el gran avance en tecnologías de almacenamiento de energía, generación de energías renovables y equipamiento electrónico y mecánico a bordo de las embarcaciones de recreo desde la construcción del buque hasta el día de hoy, y es la multitud de recursos tecnológicos disponibles actualmente lo que ha permitido encontrar soluciones fiables a los problemas que sufrían los equipos de a bordo y el conseguir satisfacer prácticamente la totalidad de la demanda de energía eléctrica del buque mediante fuentes renovables, lo que proporciona independencia del consumo de petróleo para generarla, reduciendo emisiones contaminantes y generando un ahorro de costes a largo plazo, aunque también es necesario destacar el elevado precio que estas tecnologías tienen actualmente y la importante inversión inicial que debería realizarse si su instalación decide llevarse a cabo aunque en el futuro se rentabilizase. También es necesario tener en cuenta que estas tecnologías se abaratan cada vez más con el transcurso de los años.

También es posible concluir que, a pesar de que la goleta "Aguete" no está obligada a cumplirlas por tratarse de un buque militar, cumple con toda la normativa nacional y del convenio internacional SOLAS en lo que a equipos y características de seguridad se refiere para un barco de su categoría y consideración.

5.2 Líneas futuras

La continuación natural de este TFG sería un proyecto de materialización de las soluciones encontradas.

Este pasaría por una revisión de los cálculos realizados y de las conclusiones a las que se ha llegado, así como de los nuevos equipos que se ha decidido instalar de cara a asegurar que cumplan con las especificaciones que se desea conseguir.

Una vez hecho esto, el siguiente paso sería el diseño de planos de instalación y cableado en detalle de los nuevos equipos, así como de la elaboración detallada de los nuevos procedimientos de operación de los mismos.

Siguiendo con este planteamiento se podría proponer también el diseño de un sistema electrónico que presente mediante una interfaz en una tablet o en otro dispositivo portátil el nivel de carga de las baterías y la entrega de potencia instantánea y media de cada uno de los equipos generadores de a bordo.

Del mismo modo podría resultar de interés el ahondar en el mejor aprovechamiento de la energía que proporciona el diésel-generator, su sustitución por otro más adecuado para ser montado a bordo del "Aguete" o una investigación más profunda en la posibilidad de incorporar en el buque cargadores de baterías con prestaciones superiores a los disponibles actualmente.

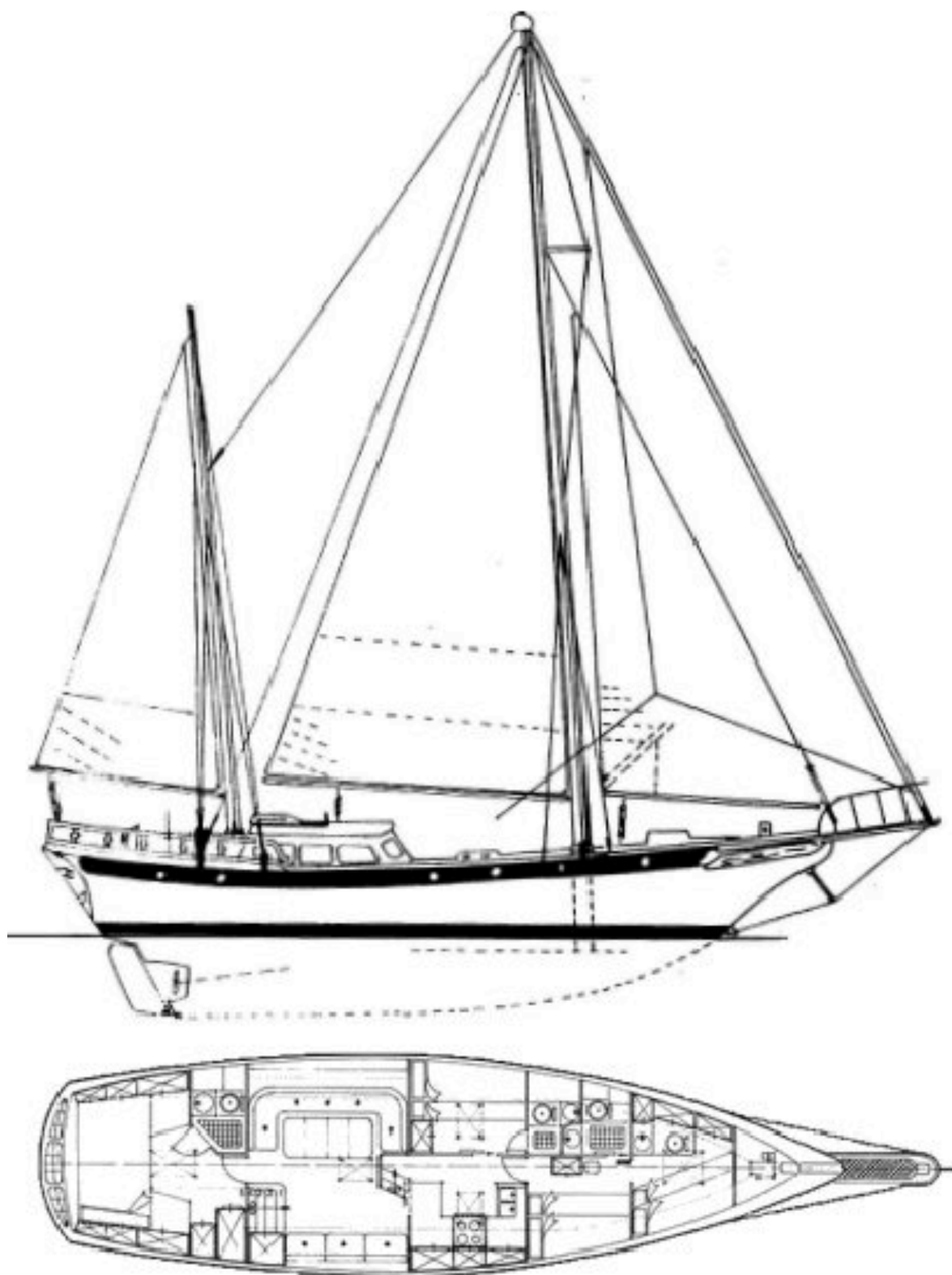
6 BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Web Desmarque. Historia de las embarcaciones “Cassandra” y “Aguete” participantes en la regata Jaime Janer para embarcaciones clásicas y de época,» [En línea]. Available: <http://www.desmarque.es/historia-de-las-embarcaciones-cassandra-y-aguete-participantes-en-la-regata-jaime-janer-para-embarcaciones-clasicas-y-de-epoca/>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [2] «Web Areatecnologia. Corriente continua y alterna,» [En línea]. Available: <http://www.areatecnologia.com/corriente-continua-alterna.htm>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [3] «Web Areatecnologia. Dinamo y alternador,» [En línea]. Available: http://www.areatecnologia.com/La_dinamo.htm. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [4] «Web Scribd. Manual de electricidad naval,» [En línea]. Available: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4391>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [5] «Web Navegar. Generadores para embarcaciones de recreo: Características básicas,» [En línea]. Available: www.navegar.com/generadores-para-embarcaciones-de-recreo-caracteristicas-basicas/. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [6] «Web Azimutmarine. Elección de un generador,» [En línea]. Available: <http://www.azimutmarine.es/nautica/generador-eleccion>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [7] «Web Yatchingworld. Wind, water and solar power: How alternative energy has been transformed,» [En línea]. Available: www.yatchingworld.com/gear-reviews/wind-water-and-solar-power-65797. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [8] «Web Damia Solar. Ventajas de la energía solar para embarcaciones de recreo, yates y veleros,» [En línea]. Available: https://www.damiasolar.com/actualidad/blog/articulos-sobre-la-energia-solar-y-sus-componentes/energia-solar-embarcaciones-de-recreo-y-veleros_1. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [9] «Web Navegar. Generadores eólicos a bordo,» [En línea]. Available: www.navegar.com/energia-generadores-eolicos-bordo/. [Último acceso: 5 marzo 2017].

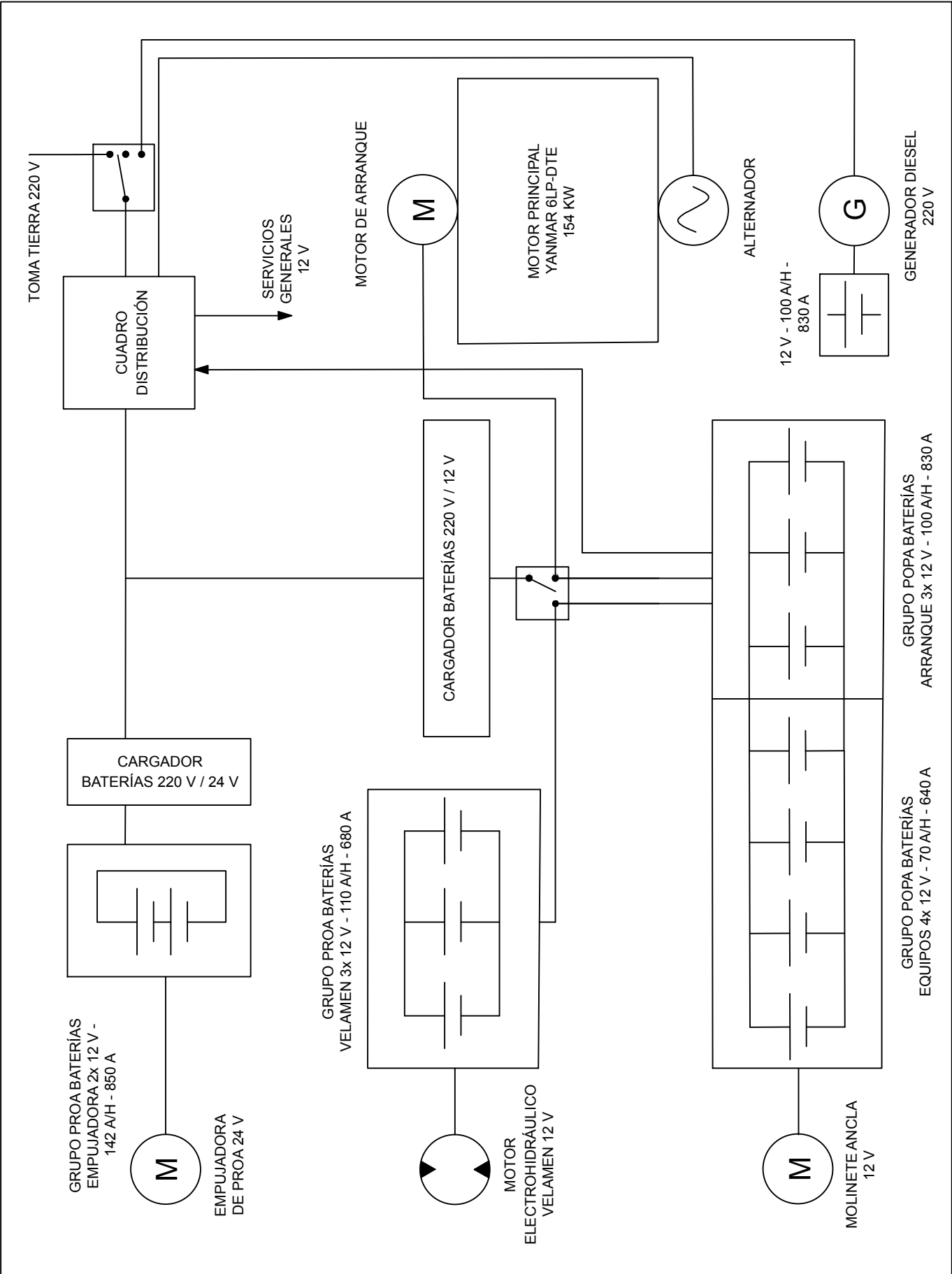
- [10] D. Street, «Web Cruisingworld. Boat generators using green power,» [En línea]. Available: www.cruisingworld.com/gear/green-power-passage. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [11] «Web Fondear. Alternador auxiliar al árbol de hélice,» [En línea]. Available: www.fondear.org/infonautic/Equipo_y_Usos/Electricidad_Energia/Alternador_Helice/Alternador_Helice.htm. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [12] Watt & Sea, «Web Wattandsea. Cruising Hydro-generator,» [En línea]. Available: www.wattandsea.com/en/cruising-hydrogenerator. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [13] UNET, «Web Unet. El ciclo de refrigeración por compresión de vapor,» [En línea]. Available: http://www.unet.edu.ve/~fenomeno/F_DE_T-152.htm. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [14] J. Extremera, «Web Frioextrem. Casi todo sobre refrigeración en un barco,» [En línea]. Available: www.frioextrem.com/neverasa12v.htm. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [15] «Web Frionline. Tipos de compresores para refrigeración,» [En línea]. Available: www.frionline.net/articulos-tecnicos/71-tipos-de-compresores-para-refrigeracion.html. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [16] A. Burton, «Web Sailmagazine. Choosing the perfect refrigeration for your boat,» [En línea]. Available: www.sailmagazine.com/cruising/cruising-tips/choosing-the-perfect-refrigeration-for-your-boat/. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [17] «Web Tecnología-Técnica. Los sistemas hidráulicos,» [En línea]. Available: http://www.tecnologia-tecnica.com.ar/index_archivos/Page4769.htm. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [18] «Web Unicrom. Funcionamiento de pilas y baterías,» [En línea]. Available: <http://unicrom.com/funcionamiento-pilas-baterias/>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [19] R. Karl, «Web Onthelake. Boat batteries: What you need to know,» [En línea]. Available: www.onthelake.net/boating/batteries.htm. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [20] P. Anjou, «Web Boatrader. Marine battery types and charging tips,» [En línea]. Available: www.blog.boatrader.com/2016/06/marine-battery-types-charging-tips.html. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [21] «Web Sailboat-Cruising. Boat batteries, onboard electrics and the energy equation,» [En línea]. Available: www.sailboat-cruising.com/boat-batteries.html. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [22] E. Sherman, «Web Cruisingworld. Lithium marine batteries as a replacement option,» [En línea]. Available: www.cruisingworld.com/how/replacing-batteries-do-your-homework-first. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [23] «Web Boatus. 12 volt electrical systems,» [En línea]. Available: www.boatus.com/boattech/articles/electrical-systems.asp. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [24] E. Roselló, «Web Marabierto. Autonomía eléctrica: Obtener más amperios del alternador,» [En línea]. Available: http://marabierto.eu/sites/default/files/recarga_de_baterias_alternadores_y_reguladores.pdf. [Último acceso: 5 marzo 2017].

- [25] Salvamento Marítimo, Guía para la náutica de recreo, Ministerio de Fomento.
- [26] «Web Sailboatdata. Formosa 51,» [En línea]. Available: http://sailboatdata.com/viewrecord.asp?class_id=2602. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [27] Yanmar, «Web Boatinfo. Yanmar 6LP-DTE Service Manual,» [En línea]. Available: www.boatinfo.no/lib/yanmar/manuals/6lp.html#/0. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [28] Lewmar, «Web Nauticexpo. Lewmar Marine Equipment Guide,» [En línea]. Available: www.pdf.nauticexpo.fr/pdf/lewmarmarine/lewmarmarine-german/21572-39889-_108.html. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [29] Solé Diesel, «Web Sole-Diesel. Solé Diesel Katalog 2011,» [En línea]. Available: www.solediesel.com. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [30] Vetus, «Web Vetus. Manual de manejo e instrucciones de instalación BOWTHRUSTER 8024D,» [En línea]. Available: http://www.vetus.com/media/magentominds/sasdocument/20121113024805_0.pdf. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [31] C. Renedo, «Web Universidad de Cantabria. Cargas térmicas de refrigeración,» [En línea]. Available: <http://personales.unican.es/renedoc/Trasporencias%20WEB/Trasp%20Tec%20Frig/002%20Cargas%20T%C3%A9rmicas.pdf>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [32] ATECYR, Guía técnica para el diseño y el cálculo del aislamiento térmico de conducciones, aparatos y equipos, Madrid: Ministerio de Industria, Turismo y Comercio, 2007.
- [33] «Web The Boat Galley. Refrigeration: Extra insulation,» [En línea]. Available: <https://www.theboatgalley.com/refrigeration-extra-insulation/>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [34] P. Melgarejo Moreno, Aislamiento, cálculo y construcción de cámaras frigoríficas, Madrid: AMV Ediciones, 1995.
- [35] M. T. Sánchez Pineda de las Infantas, Ingeniería del frío: Teoría y práctica, Madrid: Mundi-Prensa Libros S.A., 2001.
- [36] D. Torres y R. Lizarte, «Web Universidad Carlos III. TFG Diseño de cámara para la congelación y almacenamiento de pan,» [En línea]. Available: <http://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/22946>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [37] C. Pino, J. Badía y J. M. Nacenta, «Web Universidad Politécnica de Cataluña. TFG Diseño de una instalación frigorífica para ocho cámaras de 2560 m³,» [En línea]. Available: <http://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/4391>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [38] Ó. López y J. Torralbo, «Web Universidad Politécnica de Cataluña. TFG Guía de aplicación de energía solar como alternativa de energía renovable en embarcaciones de recreo,» [En línea]. Available: <http://upcommons.upc.edu/handle/2117/89553>. [Último acceso: 5 marzo 2017].
- [39] AEMET, Atlas de radiación solar en España utilizando datos del SAF de clima EUMESAT, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

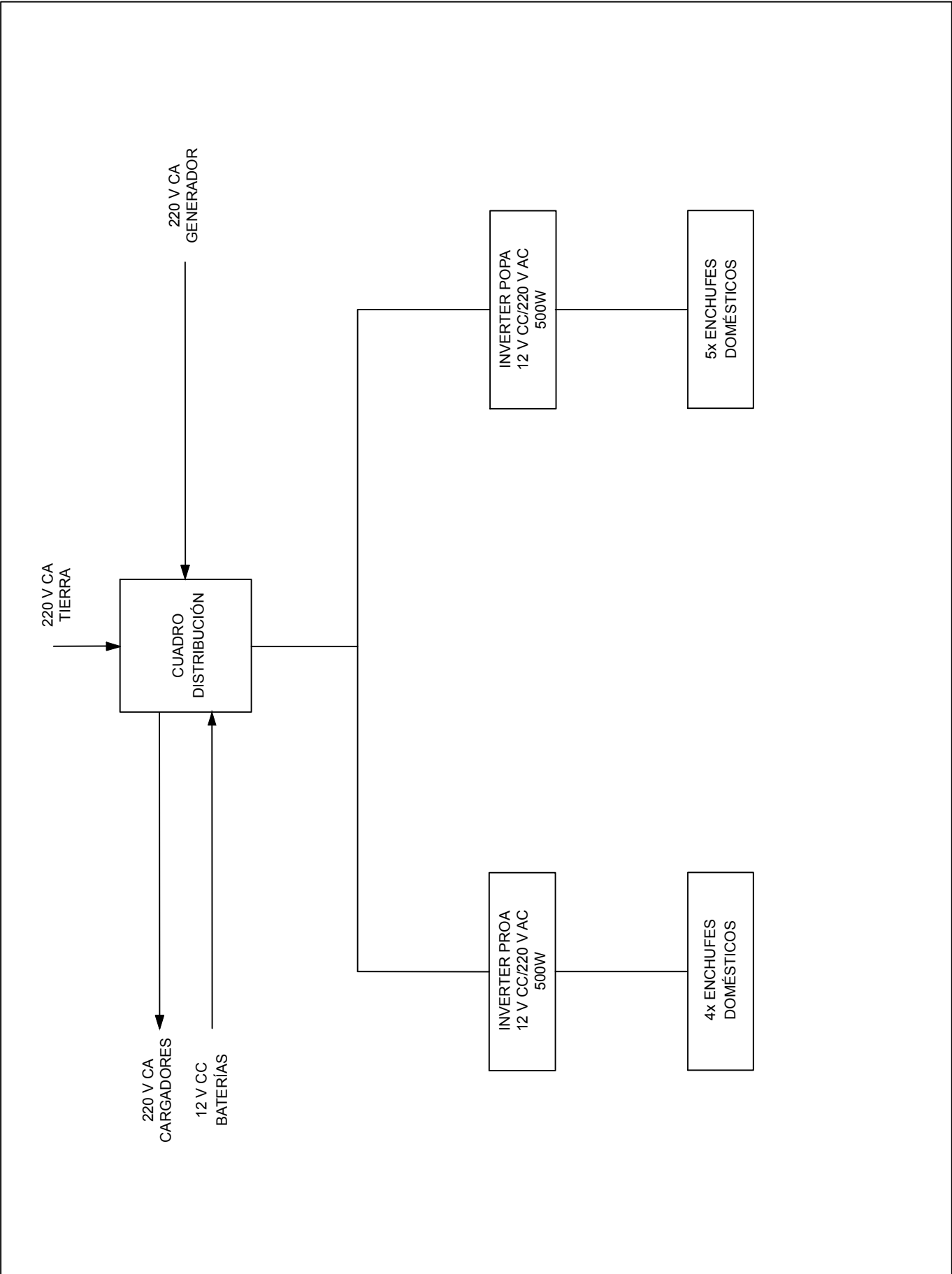
ANEXO I: PLANO GENERAL DEL BUQUE Y ESQUEMAS ELÉCTRICOS



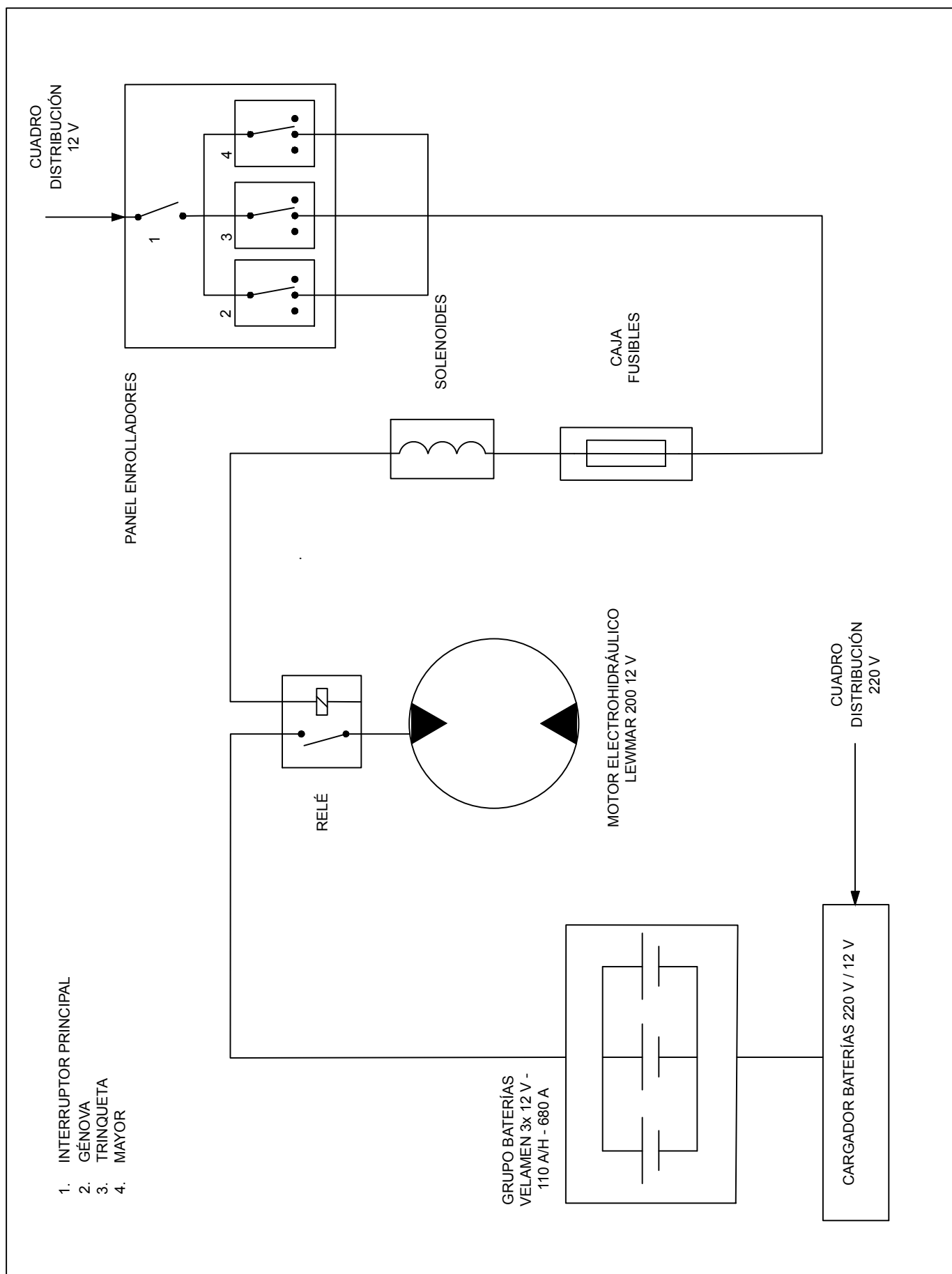
Dibujado	Formosa Boats		Nombre	Goleta A-79 "Aguete"				CUD - ENM	
Comprob.				Grupo	1	Nº	1		
Escala	Formato		Designación					Lámina	 
1:100	A4		VISTA DE PERFIL Y ALZADO DEL BUQUE					Nº 1	



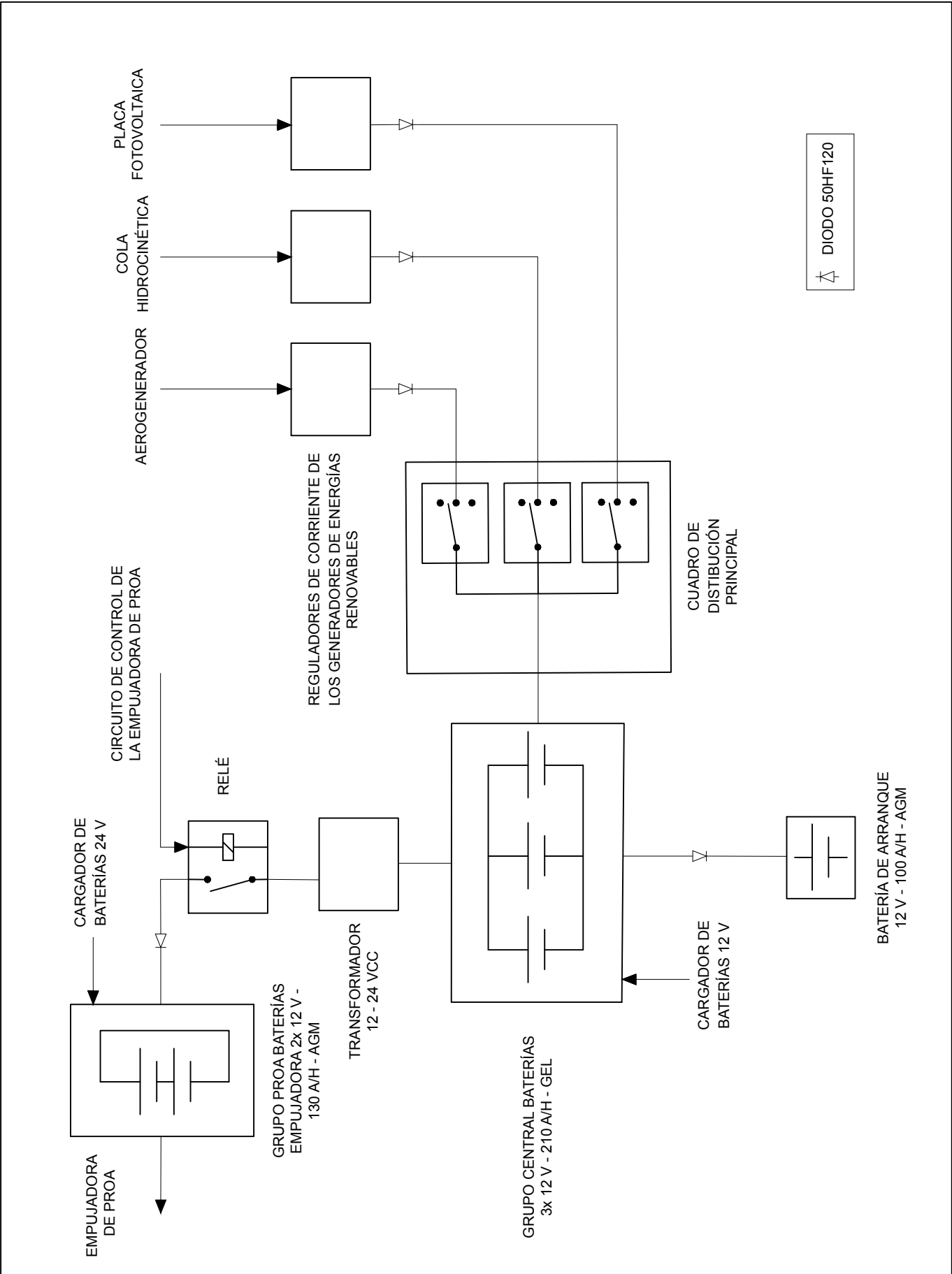
Dibujado	AF. Medio		Nombre	Goleta A-79 "Aguete"					CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos			Grupo	1	Nº	2		
Escala	Formato		Designación					Lámina	 
	A4		ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR. VISTA GENERAL					Nº 1	



Dibujado	AF. Medio		Nombre	Goleta A-79 "Aguete"				CUD - ENM	
Comprob.	Antón Cacabelos			Grupo	1	Nº	3		
Escala	Formato		Designación	ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR. SERVICIO DE 220 V				Lámina	
	A4							Nº 1	 

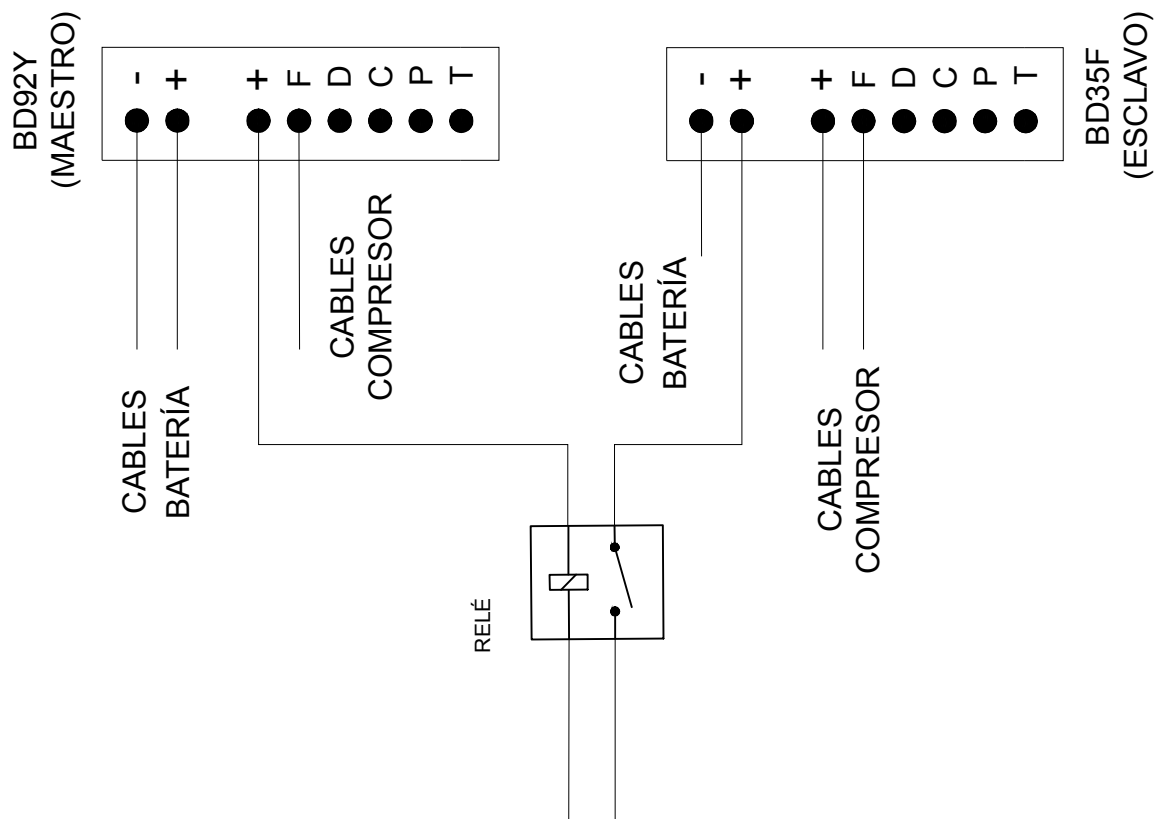


Dibujado	AF. Medio		Nombre	Goleta A-79 "Aguete"				CUD - ENM	
Comprob.	Antón Cacabelos			Grupo	1	Nº	6		
Escala	Formato		Designación					Lámina	 
	A4		ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR. CIRCUITO DEL MOTOR ELECTRO-HIDRÁULICO					Nº 1	



Dibujado	AF. Medio		Nombre	Goleta A-79 "Aguete"					CUD - ENM
Comprob.	Antón Cacabelos			Grupo	1	Nº	7		
Escala	Formato		Designación					Lámina	
	A4		ESQUEMA ELÉCTRICO UNIFILAR DE LA NUEVA INSTALACIÓN DE GENERACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE ENERGÍA					Nº 1	





Dibujado	AF. Medio		Nombre	Goleta A-79 "Aguete"				CUD - ENM	
Comprob.	Antón Cacabelos			Grupo	1	Nº	8		
Escala	Formato		Designación					Lámina	 
	A4		ESQUEMA ELÉCTRICO PARA LA INSTALACIÓN DE LOS COMPRESORES DEL CONGELADOR					Nº 1	

ANEXO II: HOJAS DE CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS NUEVOS EQUIPOS A INSTALAR

Datasheets

BD35F Direct Current Compressor R134a 12/24V DC, 10-45V DC Solar & 100-240V AC 50/60Hz

General

Code number (without electronic units)	101Z0200	Approvals
Electronic unit 12/24V DC - Standard	101N0212, 30 pcs: 101N0213	—
Electronic unit 12/24V DC - AEO	101N0340, 30 pcs: 101N0341	UL
Electronic unit 10-45V DC - Solar	101N0420, 30 pcs: 101N0421	—
Electronic unit 12/24V DC & 100-240V AC 50/60Hz	101N0510, 28 pcs: 101N0511	UL / VDE
Electronic unit 12/24V DC - Automotive	101N0650, 30 pcs: 101N0651	UL
Compressors on pallet	150	



Application

Application	LBP/MBP/HBP
Evaporating temperature °C	-30 to 0 (10)
Voltage range DC VDC	9.6 - 17 / 21.3 - 31.5
Voltage range AC V/Hz	100 - 240 / 50/60
Voltage range for solar applications VDC	10 - 45
Max. condensing temperature continuous (short) °C	60 (70)
Max. winding temperature continuous (short) °C	125 (135)

Cooling requirements

Application	LBP	MBP	HBP
32°C	S	S	S
38°C	S	S	S
43°C	S	S	S
Remarks on application: Fan cooling F ₁ depending on application and speed.			

Motor

Motor type	variable speed
Resistance, all 3 windings (25°C) Ω	2.2

Design

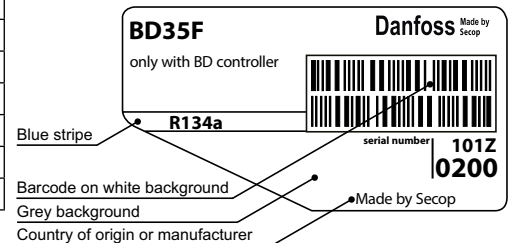
Displacement cm ³	2.00
Oil quantity (type) cm ³	150 (polyolester)
Maximum refrigerant charge g	300
Free gas volume in compressor cm ³	870
Weight - Compressor/Electronic unit kg	4.3 / 0.19 (Standard)

Standard battery protection settings (refer to electronic unit *Instructions* for optional settings)

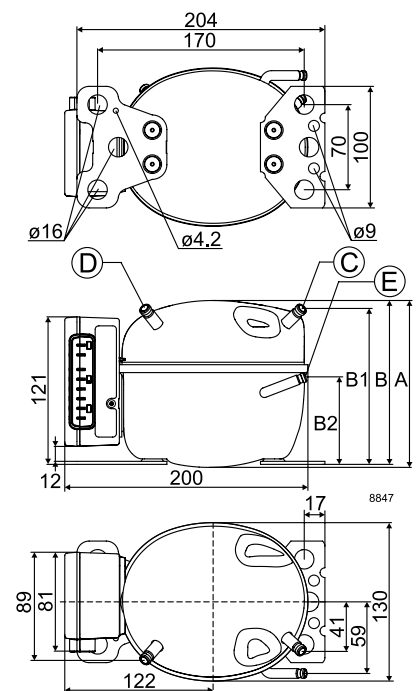
Voltage	12V	24V
Cut out VDC	10.4	22.8
Cut in VDC	11.7	24.2

Dimensions

Height		mm	A	137
		B	135	
		B1	128	
		B2	73	
Suction connector	location/I.D. mm angle	C	6.2 40°	
	material comment	Cu-plated steel Al cap		
Process connector	location/I.D. mm angle	D	6.2 45°	
	material comment	Cu-plated steel Al cap		
Discharge connector	location/I.D. mm angle	E	5.0 21°	
	material comment	Cu-plated steel Al cap		
Connector tolerance	I.D. mm	±0.09, on 5.0 +0.12/+0.20		
Remarks:				



- S = Static cooling normally sufficient
 O = Oil cooling
 F₁ = Fan cooling 1.5 m/s
 (compressor compartment temperature equal to ambient temperature)
 F₂ = Fan cooling 3.0 m/s necessary
 SG = Suction gas cooling normally sufficient
 — = not applicable in this area



Capacity (EN 12900 Household/CECOMAF)

12V DC, static cooling watt

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15
2,000	16.0	23.8	26.7	32.9	43.7	56.5	71.8	89.8	111	121	136	
2,500	18.8	29.9	33.9	41.9	55.4	71.1	89.8	112	139	152		
3,000	22.4	32.9	37.1	46.1	62.5	82.2	106	133				
3,500	27.0	35.9	40.2	50.3	69.8	93.9	122					

Capacity (ASHRAE LBP)

12V DC, static cooling watt

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15
2,000	20.0	29.8	33.4	41.2	54.6	70.6	89.7	112	139	152	169	
2,500	23.6	37.5	42.4	52.4	69.2	88.8	112	140	173	190		
3,000	28.1	41.3	46.5	57.9	78.2	103	132	166				
3,500	33.9	45.1	50.5	63.1	87.3	117	153					

Power consumption

12V DC, static cooling watt

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15
2,000	17.7	22.9	24.6	27.7	32.2	36.7	41.3	46.2	51.6	54.3	57.8	
2,500	22.1	29.7	32.0	36.3	42.4	48.1	53.8	59.7	66.1	69.1		
3,000	29.3	34.6	36.7	41.2	48.7	56.5	64.5	72.0				
3,500	34.5	41.3	43.8	48.9	57.3	66.2	75.4					

Current consumption (for 24V applications the following must be halved)

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15
2,000	1.4	1.9	2.0	2.3	2.7	3.1	3.4	3.8	4.3	4.5	4.8	
2,500	1.8	2.5	2.7	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	5.8		
3,000	2.4	2.9	3.1	3.4	4.0	4.7	5.3	6.0				
3,500	2.9	3.4	3.6	4.1	4.8	5.5	6.3					

COP (EN 12900 Household/CECOMAF)

12V DC, static cooling W/W

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15
2,000	0.90	1.04	1.09	1.19	1.36	1.54	1.74	1.94	2.15	2.24	2.35	
2,500	0.85	1.01	1.06	1.15	1.31	1.48	1.67	1.88	2.10	2.20		
3,000	0.76	0.95	1.01	1.12	1.28	1.45	1.64	1.85				
3,500	0.78	0.87	0.92	1.03	1.22	1.42	1.62					

COP (ASHRAE LBP)

12V DC, static cooling W/W

rpm \ °C	-30	-25	-23.3	-20	-15	-10	-5	0	5	7.2	10	15
2,000	1.13	1.30	1.36	1.49	1.70	1.93	2.18	2.44	2.70	2.81	2.95	
2,500	1.07	1.26	1.33	1.45	1.64	1.86	2.10	2.36	2.64	2.77		
3,000	0.96	1.19	1.27	1.41	1.61	1.83	2.06	2.32				
3,500	0.98	1.09	1.15	1.29	1.53	1.78	2.03					

Test conditions with electronic units		EN 12900/CECOMAF	ASHRAE LBP
Condensing temperature	101N0212 101N0340 101N0650	55°C	54.4°C
Ambient temperature		32°C	32°C
Suction gas temperature		32°C	32°C
Liquid temperature		no subcooling	32°C

Accessories for BD35F

		Code number
Bolt joint for one comp.	Ø:16 mm	118-1917
Bolt joint in quantities	Ø:16 mm	118-1918
Snap-on in quantities	Ø:16 mm	118-1919
Remote kit (without cable)		105N9210
One Wire/LIN gateway		105N9501
DC usage:	Automobile fuse, DIN 7258 Main switch	12V: 15A 24V: 7.5 A min. 20A
AC usage:	Fuse, 100-240V Main switch	min. 6A

Not deliverable from Secop

Compressor speed

Electronit unit	Resistor (R1) [Ω]	Motor speed [rpm]	Control circuit current [mA]
Code number	calculated values		
101N0212 101N0510 101N0650	0	2,000	5
	277	2,500	4
	692	3,000	3
	1523	3,500	2
101N0340 101N0420 with AEO	0	AEO	6
	173	2,000	5
	450	2,500	4
	865	3,000	3
	1696	3,500	2

In AEO (Adaptive Energy Optimizing) speed mode the BD compressor will always adapt its speed to the actual cooling demand.

Wire dimensions DC

Size		Max. length* 12V operation		Max. length* 24V operation	
Cross section	AWG				
[mm²]	[Gauge]	[m]	[ft.]	[m]	[ft.]
2.5	12	2.5	8	5	16
4	12	4	13	8	26
6	10	6	20	12	39
10	8	10	33	20	66

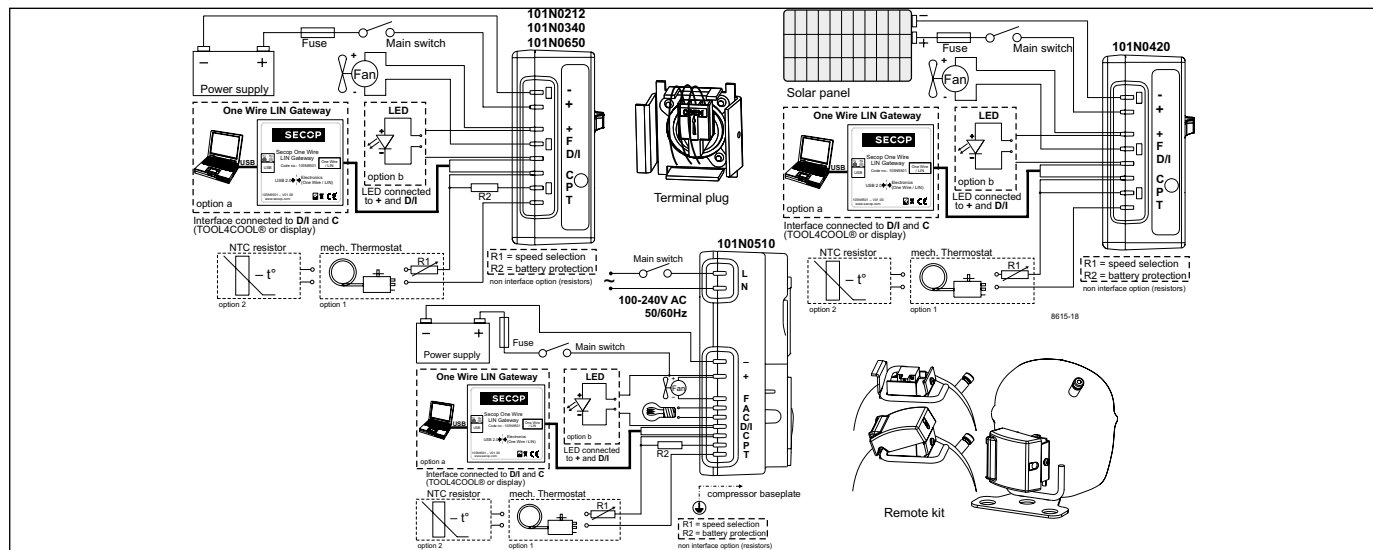
*Length between battery and electronic unit

Wire dimensions AC

Cross section min. 0.75 mm² or AWG 18

Operational errors

Error code or LED flashes	Error type
	Can be read out in the software TOOL4COOL®
6	Thermostat failure (If the NTC thermistor is short-circuit or has no connection).
5	Thermal cut-out of electronic unit (If the refrigeration system has been too heavily loaded, or if the ambient temperature is high, the electronic unit will run too hot).
4	Minimum motor speed error (If the refrigeration system is too heavily loaded, the motor cannot maintain minimum speed at approximately 1,850 rpm).
3	Motor start error (The rotor is blocked or the differential pressure in the refrigeration system is too high (>5 bar)).
2	Too many start attempts or fan over current (Too many compressor or fan starts in short time or fan current higher than 0.5A _{avg}).
1	Battery protection cut-out (The voltage is outside the cut-out setting).



荣获多项国家专利
We win several national
(international) patents



型号 Model	BD15Y	BD25Y	BD35Y	BD52Y	BD72Y	BD92Y
制冷剂 Refrigerant	R134a	R134a	R134a	R134a	R134a	R134a
排气量 Displacement	1.5 cm ³	2.0 cm ³	3.0 cm ³	3.6 cm ³	5.2 cm ³	7.7 cm ³
应用类型 Application	HBP/MBP/LBP	HBP/MBP/LBP	HBP/MBP/LBP	HBP/MBP/LBP	HBP/MBP/LBP	HBP/MBP/LBP
电压 Voltage	DC12V~42V	DC12V~42V	DC12V~42V	DC12V~42V	DC12V~42V	DC24V~42V
转速 Rotation RPM	2500~3500	2500~3500	2500~3500	2500~3500	2500~3500	2500~3500
制冷量 Capacity	15~50W	30~70W	40~90W	60~120W	80~180W	120W~250W
功率 Power	30W	40W	55W	65W	90W	120W
电流 Current	2.5A (12V)	3.3A (12V)	4.5A (12V)	5.5A (12V)	3.8A (24V)	5A (24V)
润滑油量 Oil Charge	120 ml	150 ml	180 ml	185 ml	195 ml	230 ml
冷却方式 Cooling Type	Static cooling	Static cooling	Static cooling	Static cooling	Fan Cooling	Fan Cooling
净重 N.W.	2.5 kg	5 kg	6 kg	6.5 kg	7.5 kg	8.5 kg

型号 Model	BD36K	BD43K	BD52K	BD72K	BD92K	BD120K
制冷剂 Refrigerant	R600a	R600a	R600a	R600a	R600a	R600a
排气量 Displacement	2.5 cm ³	3.6 cm ³	4.3 cm ³	5.2 cm ³	6.6 cm ³	9.1 cm ³
应用类型 Application	MBP/LBP	MBP/LBP	MBP/LBP	MBP/LBP	MBP/LBP	MBP/LBP
电压 Voltage	DC12V~42V	DC12V~42V	DC12V~42V	DC12V~42V	DC12V~42V	DC24V~42V
转速 Rotation RPM	2500~3500	2500~3500	2500~3500	2500~3500	2500~3500	2500~3500
制冷量 Capacity	30~70W	40~90W	60~120W	80~180W	100~200W	120W~250W
功率 Power	40W	55W	65W	80W	100W	120W
电流 Current	3.3A (12V)	4.5A (12V)	5.5A (12V)	3.8A (24V)	4.2A (24V)	5A (24V)
润滑油量 Oil Charge	150 ml	180 ml	185 ml	185 ml	195 ml	250 ml
冷却方式 Cooling Type	Static cooling	Static cooling	Static cooling	Static cooling	Fan Cooling	Fan Cooling
净重 N.W.	5 kg	5.5 kg	6 kg	6.5 kg	7.5 kg	8.5 kg

*Special voltage(DC12V~DC420V) can be customized .特殊直流电压(DC12V~420V)可定制。

*Above parameter will change along with different voltage,rotate speed and evaporating temperature.

Test condition (测试条件)

蒸发温度Evaporationg Temp.: -23.3℃(-10°F);

冷凝温度Condensing Temp.: 54.4℃(130°F);

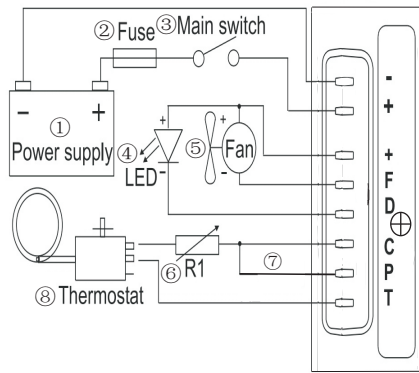
吸气温度Suction Temp.: 32.2℃(90°F);

环境温度Ambient Temp.: 32.2℃(90°F);

过冷温度Sub-cooling Temp.: 54.4℃(130°F)

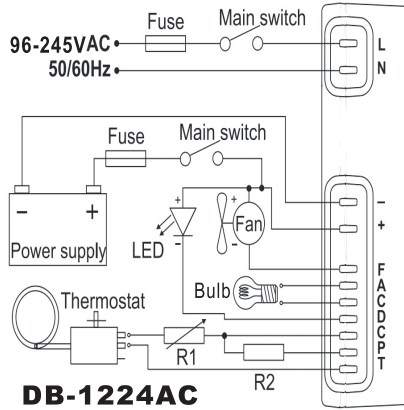
MEILILE DC Compressor Installation/Application Manual

1.Products Wire Drawing

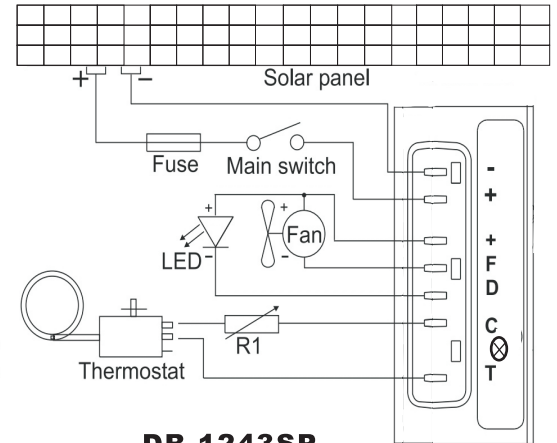


DB-1224DC

- ① Battery ② Fuse ③ Main Switch ④ Fault Indicator
⑤ 12V≤0.65A Fan ⑥ Speed Regulation Resistor
⑦ 24V(20.5V) Protection cable(Not Required for 12V)
⑧ Thermostat



DB-1224AC

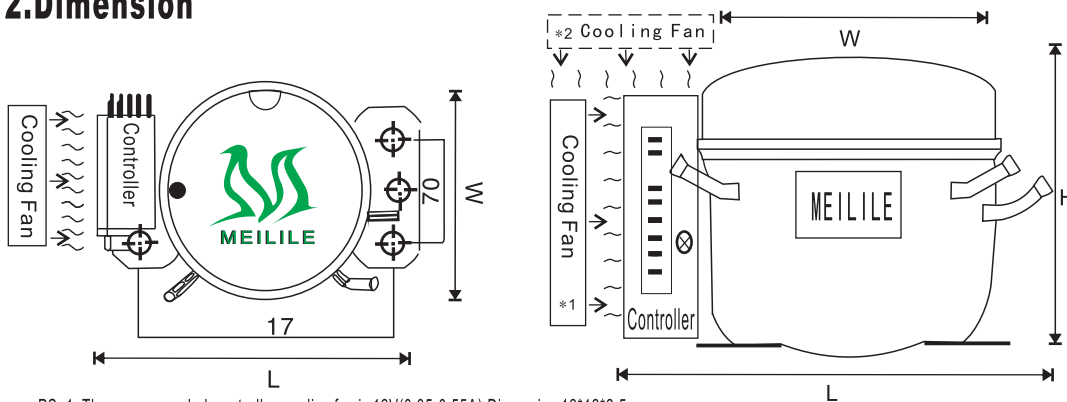


DB-1243SP

Rotation Speed Setup	Motor Speed Rpm	2500	2750	3000	3300	3500
	Resistor Ω	510	1000	1500	2000	2400

*BD92K is different: 5KΩ for 2750rpm, 10KΩ for 3000rpm, 15KΩ for 3300rpm.

2.Dimension



*Refrigerant:

BD35Y-Y indicates R134a
BD35K-K indicates R600a

Model	BD 35/52/62	BD 72/82/92
L	22	30
W	16	18
H	15.5	20

Unit: cm

- PS: 1. The recommended controller cooling fan is 12V(0.35-0.55A), Dimension 12*12*2.5cm;
2. Installation of cooling Fan: Parallelize(*1) or top to the controller(*2), around 4cm distance.

3.Trouble Shooting

LED Flashes Repeat in 3sec	Cause	Solution
Flash 1	Fault of controller	Check if the connection between controller and compressor is loose, otherwise change a new controller. Please return the old one to seller. Thanks.
Flash 2	1. Over Load 2. Over Current	1. Cooling the items before putting into the cabinet; 2. Input enough DC power (Please refer to Flash 3)
Flash 3	Input voltage is below or beyond range	Below: Charge the battery, thicken and shorten the wiring between refrigerator/freezer and DC power. Beyond: Adjust the external DC power to the normal range for refrigerator/freezer.
Flash 4	Thermostat cuts off and compressor stops	Inside temperature reaches as appointed. (please set lower temperature if need more cooling)
Flash 5	Temperature of the controller is too high	Check the wiring of DC fan with controller Leave enough space for heat radiation
Flash 6	Startup Error: 1. Too short time to restart 2. Insufficient input voltage 3. Controller issue 4. Compressor blocked	1. Wait for 2 minutes to turn on again after turnoff 2. Please refer to Flash 3 3. Please refer to Flash 1 4. Change a new compressor (professional repair)
Constant light but no cooling	Refrigerant leak or insufficient	Add refrigerant (professional repair)
No light or no Flash	1. No Input Voltage 2. Incorrect wiring 3. Fuse burned	1. Check wiring connection from power 2. Correct wiring of "+" and "-" with power source 3. Change Fuse

4.Battery & Power Supply Wire & Low voltage cut out

Cross Section	12V (IN)	24V (IN)	36V (IN)
2mm ²	1.5m	3m	5m
4mm ²	3m	6m	12m
6mm ²	6m	11m	21m
Cut out Voltage	10.5V	20.5	30.5

5.Accessories

Compressor	Controller	Manual	Screw	Rubber Blanket	Screened Pipe
1	1	1	4	4	4

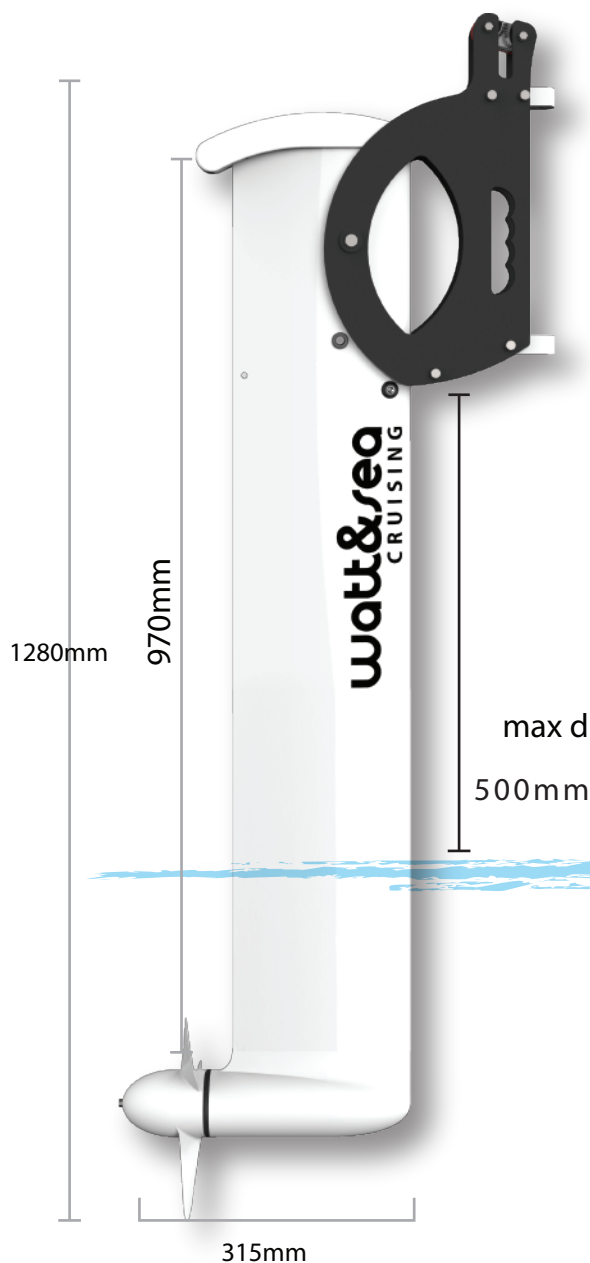
*Notice: Above diagram is only for reference.
Actual wiring may be different.

Vaporiser	VD-01	VD-02	VD-03	VD-04
Max. cooling area content at 35 mm PU insulation:	80 litres	30 litres	170 litres	130 litres
Max. cooling area content at 50 mm PU insulation:	100 litres	50 litres	200 litres	170 litres
Power consumption:	35 W	35 W	50 W	45 W
Voltage	12 V DC or 24 V DC			
Dimensions (WxHxD) in mm:	300x245x110	275x215x25	380x230x82	375x255x100
Weight:	1.5 kg	1.0 kg	2.0 kg	1.5 kg
Vaporiser	VD-05	VD-07	VD-08	VD-09
Max. cooling area content at 35 mm PU insulation:	130 litres	100 litres	160 litres	160 litres
Max. cooling area content at 50 mm PU insulation:	170 litres	130 litres	180 litres	180 litres
Power consumption:	45 W	35 W	60 W	60 W
Voltage	12 V DC or 24 V DC			
Dimensions (WxHxD) in mm:	375x350x25	255x210x90	450x270x340	365x140x270
Weight:	1.5 kg	1.5 kg	2.0 kg	2.0 kg
Vaporiser	VD-14N	VD-15	VD-17	VD-18
Max. cooling area content at 35 mm PU insulation:	300 litres	200 litres	80 litres	100 litres
Max. cooling area content at 50 mm PU insulation:	400 litres	250 litres	100 litres	150 litres
Power consumption:	80 W	60 W	40 W	45 W
Voltage	12 V DC or 24 V DC			
Dimensions (WxHxD) in mm:	220x275x65	220x275x65	315x215x125	350x250x25
Weight:	2.5 kg	1.5 kg	3.5 kg	1.5 kg

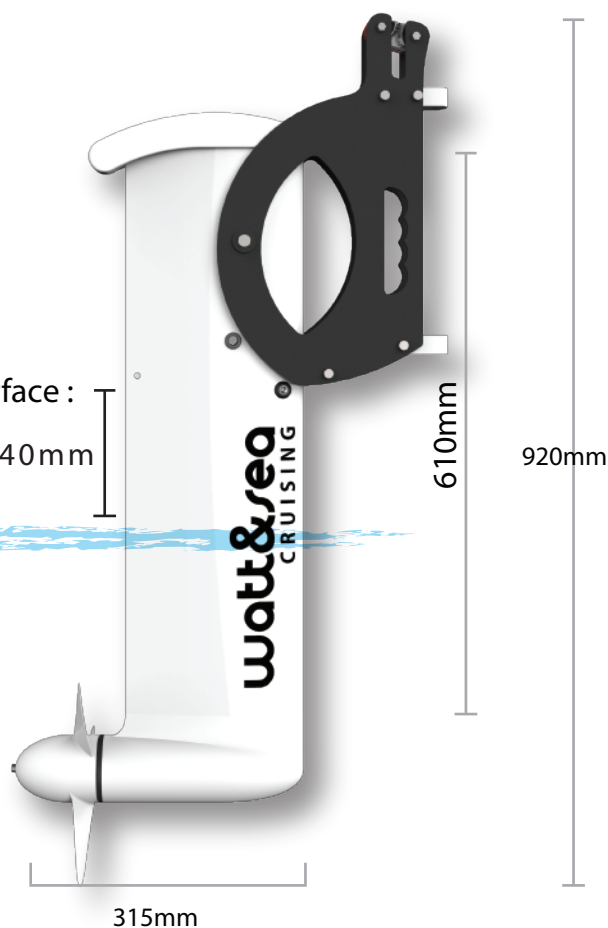
TECHNICAL CHARACTERISTICS :

Nominal power :	300W
Architecture :	Brushless alternator with direct connection
Output voltage :	3 phase 40V max
Watertightness :	500m
Weight :	7,1kg / 6,3kg
Warranty :	2 years

CRUISING **300W**
970mm



CRUISING **300W**
610mm



DATE: NOVEMBRE 2013

TITRE:
Hydrogénérateurs CRUISING
300W-970mm / 300W-610mm

DESSIN NON CONTRACTUEL

watt&sea®

L'AUTONOMIE GRÂCE AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES

15 rue de la Brigantine - 17000 La Rochelle - FRANCE
tél +33(0)5 46 41 31 99 - contact@wattandsea.com - www.wattandsea.com
SARL au capital de 231 400€ - Siret : 514 026 467 00019 - NAF : 7112B

SUPER HORNET 1000 WIND TURBINE



Description

An extremely robust wind turbine with high output 1000 watts (1400 watt max).

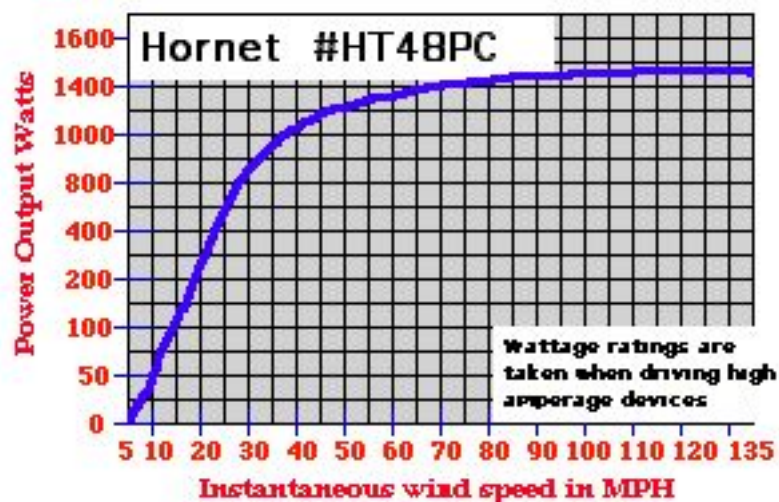
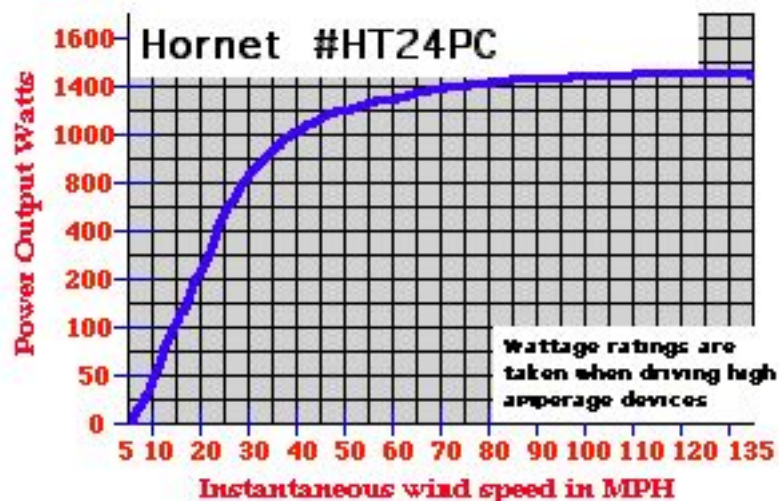
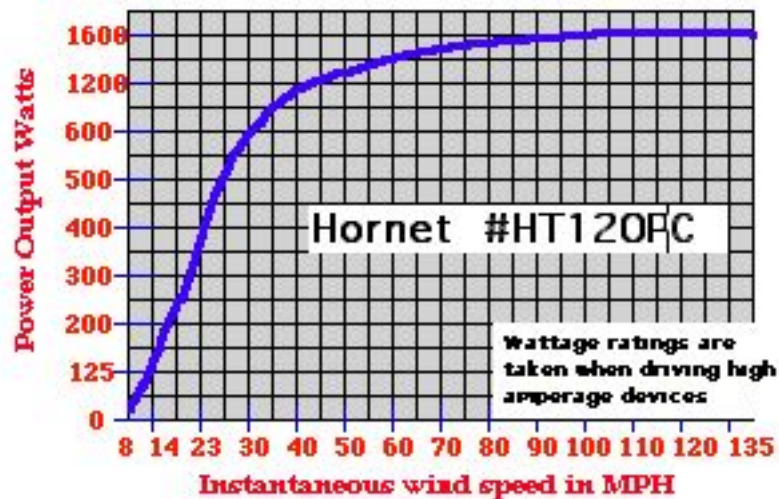
Available in voltages: 12v / 24v / 48v / 60v / 120v

With next generation Super-Core PMA Technology (Permanent Magnet) the Hornet 1000 series wind turbine is made to extract maximum power from windy areas. Up to 1000 Watts but is **capable of 1400 watts in high wind**. The unit comes with a 1.5" mounting which would fit inside a normal size mounting pole (49mm diameter with 5mm wall). The 60V + 120V are excellent for grid tie inverter applications as well as battery charging / direct water heating. The Hornet is extremely robust and very dependable (125,000 hours rated bearing life), ideal for land based or marine application. Recommended grid tie version 48V and above.

Key Product Data

- **(Lifetime Turbine Blade Guarantee)**
- Rain, ice and storm proof electronics.
- PMA has no brushes, very dependable.
- True PMA for efficient power generation.
- Comes with six carbon fiber composite blades.
- No slipping to fail or replace. Wire tension system.
- Aerodynamically tapered blades for maximum output.
- 1.5" schedule fits 40mm or 80mm pipe. Includes mounts + locks.

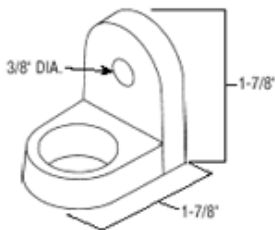
- 125,000 hours+ of rated bearing life.
- Six side hub. Makes 59" diameter turbine.
- Light weight 23 lbs. / Ships in 9" X 7" X 37" Box.
- 60v and 120v capable of Grid Tie applications.



8G4DLT

SPECIFICATIONS

Nominal Voltage (V)	12V
Capacity at C/100	210Ah
Weight	129.8 (58.9 kg)
Plate Alloy	Lead Calcium
Posts	Forged terminals & bushings
Container/Cover	Polypropylene
Operating Temperature Range	-76°F (-60°C) – 140°F (60°C)
Charge Voltage @ 68°F (20°C)	
Cycle	2.30 - 2.35 VPC
Float	2.25 - 2.30 VPC
Vent	Self-sealing (2 PSI operation)
Electrolyte	Sulfuric acid thixotropic gel
Resistance	4.0 Milliohms (full charge)
Terminal	T975



Rated non-spillable by ICAO, IATA and DOT
Approved by CEC
Made in the U.S.A by East Penn Manufacturing

Distributed by:

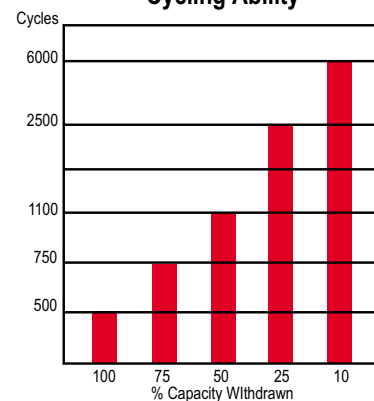
Valve-Regulated, Gelled-Electrolyte Battery



DIMENSIONS

Length (mm)	20.75 (527 mm)
Width (mm)	8.50 (216 mm)
Height (mm)	11 (279 mm)

Cycling Ability



Number of cycles vs. depth of discharge
at +20°C
discharge with 20 hour rate

MK Battery

1645 South Sinclair Street • Anaheim, California 92806
Toll Free: 800-372-9253 • Fax: 714-937-0818 • E-Mail: sales@mkbattery.com





RA12-100 (12V100Ah)

RA series is a general purpose battery with 10 years design life in float service. It meets with IEC, JIS and BS standards .With up-dated AGM valve regulated technology and high purity raw materials, the RA series battery maintains high consistency for better performance and reliable standby service life. It is suitable for UPS/EPS, medical equipment, emergency light and security system applications.



Specification

Cells Per Unit	6
Voltage Per Unit	12
Capacity	100Ah@10hr-rate to 1.80V per cell @25°C
Weight	Approx.30.0 Kg(Tolerance ±2%)
Max. Discharge Current	1000A (5 sec)
Internal Resistance	Approx. 5mΩ
Operating Temperature Range	Discharge: -20°C~60°C Charge: 0°C~50°C Storage: -20°C~60°C
Normal Operating Temperature Range	25°C±5°C
Float charging Voltage	13.6 to 13.8 VDC/unit Average at 25°C
Recommended Maximum Charging Current Limit	30 A
Equalization and Cycle Service	14.6 to 14.8 VDC/unit Average at 25°C
Self Discharge	RITAR Valve Regulated Lead Acid (VRLA) batteries can be stored for more than 6 months at 25°C. Self-discharge ratio less than 3% per month at 25°C. Please charge batteries before using.
Terminal	Terminal F5/F12
Container Material	A.B.S. UL94-HB, UL94-V0 Optional.



MH28539



G4M20206-0910-E-16



CERTIFICATE

Postcode: 421001
is in conformity with
ISO 14001:2004 Standard

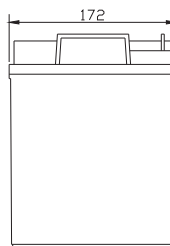
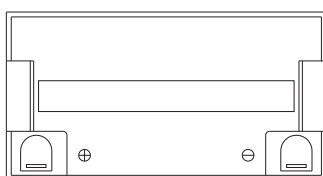
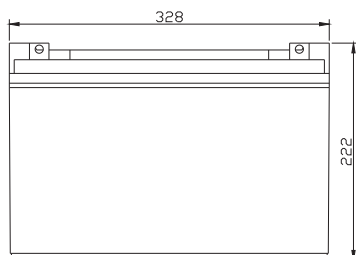


CERTIFICATE

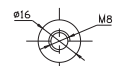
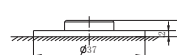
Postcode: 421001
is in conformity with
OHSAS 18001:1999 Standard

Dimensions

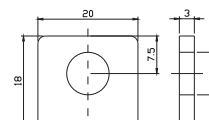
Unit: mm Dimension: 328(L) × 172(W) × 222 (H)



Terminal F12



Terminal F5



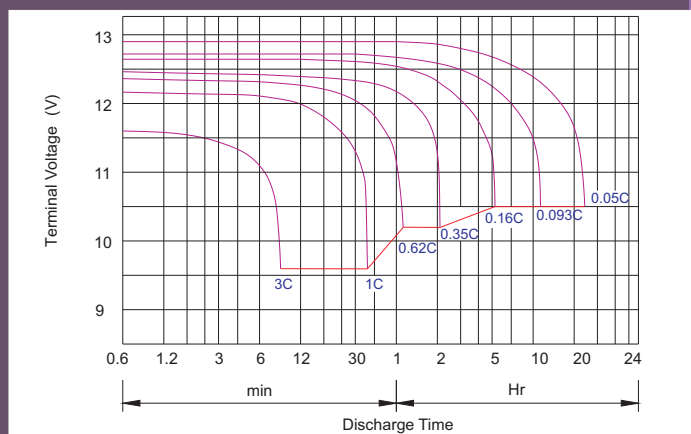
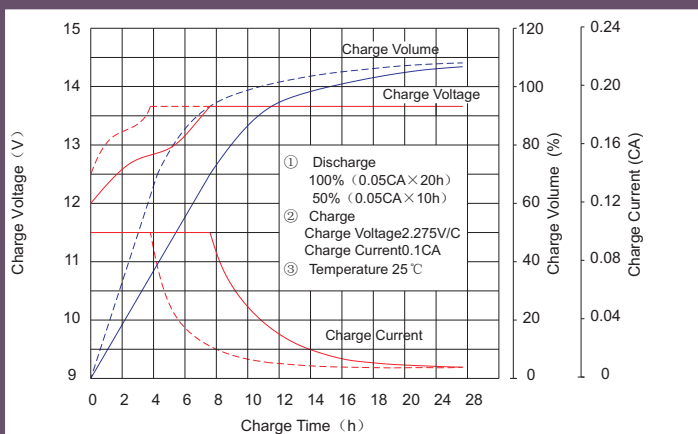
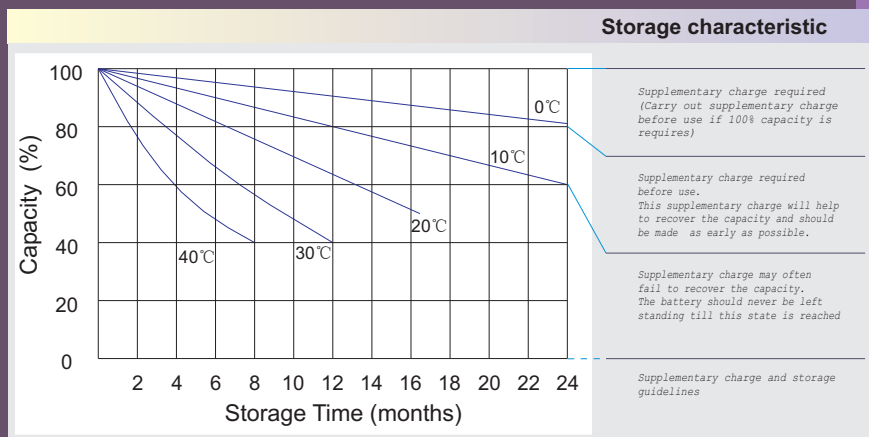
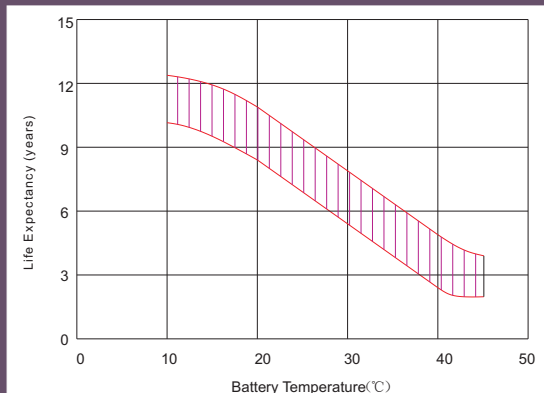
Constant Current Discharge Characteristics: A (25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	320.7	226.9	181.4	112.7	65.00	38.89	26.88	22.03	18.03	12.42	10.50	5.78
10.0V	311.4	215.8	177.7	110.8	64.70	38.60	26.78	21.93	17.93	12.32	10.40	5.67
10.2V	302.2	208.2	174.9	109.8	64.10	38.31	26.57	21.83	17.82	12.22	10.30	5.57
10.5V	271.3	192.1	166.5	107.1	63.50	38.02	26.47	21.62	17.61	12.12	10.20	5.46
10.8V	244.9	175.2	153.5	102.4	62.00	37.33	25.75	21.11	17.29	11.92	10.10	5.36
11.1V	209.1	156.6	137.7	95.91	58.90	35.68	24.62	20.09	16.55	11.41	9.80	5.04

Constant Power Discharge Characteristics: W(25°C)

F.V/Time	5MIN	10MIN	15MIN	30MIN	1HR	2HR	3HR	4HR	5HR	8HR	10HR	20HR
9.60V	3317	2416	1996	1284	751.1	458.4	319.9	262.6	215.1	148.3	125.5	69.26
10.0V	3251	2342	1964	1269	749.3	456.0	320.0	262.3	214.6	147.6	124.7	68.06
10.2V	3214	2280	1941	1260	743.5	453.3	318.6	261.7	213.9	146.6	123.6	66.80
10.5V	2926	2123	1852	1230	736.8	450.0	317.4	259.3	211.3	145.4	122.4	65.54
10.8V	2665	1957	1712	1179	723.2	444.2	308.7	253.4	207.5	143.0	121.2	64.28
11.1V	2341	1770	1541	1108	692.3	427.7	295.4	241.1	198.6	136.9	117.6	60.50

All mentioned values are average values (Tolerance ±2%).



Capacity Factors With Different Temperature

Battery Type		-20°C	-10°C	0°C	5°C	10°C	20°C	25°C	30°C	40°C	45°C
GEL Battery	6V&12V	50%	70%	83%	85%	90%	98%	100%	102%	104%	105%
	2V	60%	75%	85%	88%	92%	99%	100%	103%	105%	106%
AGM Battery	6V&12V	46%	66%	76%	83%	90%	98%	100%	103%	107%	109%
	2V	55%	70%	80%	85%	92%	99%	100%	104%	108%	110%

Discharge Current VS. Discharge Voltage

Final Discharge Voltage V/cell	1.75V	1.70V	1.60V
Discharge Current (A)	(A) ≤0.2C	0.2C< (A) <1.0C	(A) ≥1.0C

Charge the batteries at least once every six months, if they are stored at 25°C.

Charging Method:

Constant Voltage	-0.2Cx2h+14.4-14.7Vx24h, Max. Current 0.3C
Constant Current	-0.2Cx2h+0.1Cx12h
Fast	-0.2Cx2h+0.3Cx4h

Bolt	M5	M6	M8
Terminal	F3 F4 F13 F18 T25 T26	F8 F11 F12-1 F15	F5 F9 F10 F12 F14 F16
Torque	6~7N·m	8~10N·m	10~12N·m

Maintenance & Cautions

Float Service:

※ Every month, recommend inspection every battery voltage.

※ Every three months, recommend equalization charge for one time.

Equalization charge method:

Discharge: 100% rate capacity discharge.

Charge: Max. current 0.3CA, constant voltage 14.4-14.7V charge 24h.

※ Effect of temperature on float charge voltage: -3mV/°C/Cell.

※ Length of service life will be directly affected by the number of discharge cycles, depth of discharge, ambient temperature and charging voltage.

Baterías Gel y AGM

Energía Sin Límites

www.victronenergy.com

1. La tecnología VRLA

VRLA son las siglas de Valve Regulated Lead Acid, lo que significa que la batería es hermética. Habrá escape de gas en las válvulas de seguridad únicamente en caso de sobrecarga o de algún fallo de los componentes. Las baterías VRLA no requieren ningún tipo de mantenimiento.

2. Las baterías AGM estancas (VRLA)

AGM son las siglas de Absorbent Glass Mat. En estas baterías, el electrolito se absorbe por capilaridad en una estera en fibra de vidrio situada entre las placas. Tal como se explica en nuestro libro "Energía Sin Límites", las baterías AGM resultan más adecuadas para suministrar corrientes muy elevadas durante periodos cortos (arranque) que las baterías de Gel.

3. Las baterías de Gel estancas (VRLA)

En este tipo de baterías, el electrolito se inmoviliza en forma de gel. Las baterías de Gel tienen por lo general una mayor duración de vida y una mejor capacidad de ciclos que las baterías AGM.

4. Autodescarga escasa

Gracias a la utilización de rejillas de plomo-calcio y materiales de gran pureza, las baterías VRLA Victron se pueden almacenar durante largo tiempo sin necesidad de recarga. El índice de autodescarga es inferior a un 2% al mes, a 20°C. La autodescarga se duplica por cada 10°C de aumento de temperatura. Con un ambiente fresco, las baterías VRLA de Victron se pueden almacenar durante un año sin tener que recargar.

5. Extraordinaria recuperación tras descarga profunda

Las baterías Victron VRLA tienen una extraordinaria capacidad de recuperación incluso tras una descarga profunda o prolongada. Sin embargo, se debe recalcar que las descargas profundas o prolongadas frecuentes tienen una influencia muy negativa en la duración de vida de las baterías de plomo/ácido, y las baterías de Victron no son la excepción.

6. Características de descarga de las baterías

Las capacidades nominales de las baterías de Victron se indican para una descarga de 20 horas, es decir para una corriente de descarga de 0,05C (Gel 'long life': 10 horas).

La capacidad real disminuye en descargas más rápidas con intensidades elevadas (ver tabla 1).

La reducción de capacidad aún será más rápida con aparatos de potencia constante como por ejemplo los inversores.

Duración de descarga	Voltage Final V	AGM 'Deep Cycle' %	Gel 'Deep Cycle' %	Gel 'Long Life' %
20 horas	10,8	100	100	112
10 horas	10,8	92	87	100
5 horas	10,8	85	80	94
3 horas	10,8	78	73	79
1 hora	9,6	65	61	63
30 minutos	9,6	55	51	45
15 minutos	9,6	42	38	29
10 minutos	9,6	38	34	21
5 minutos	9,6	27	24	
5 segundos		8 C	7 C	

Tabla 1: Capacidad real en función de la capacidad de descarga.
(la última línea indica la corriente de descarga máxima autorizada durante 5 segundos).

Nuestras baterías AGM Deep Cycle (ciclo profundo) ofrecen excelentes resultados a alta intensidad y por ello se recomiendan para aplicaciones como el arranque de motores. Debido a su diseño, las baterías de gel tienen una capacidad real menor a alta intensidad. En cambio, las baterías de gel tienen mejor duración de vida en modo flotación y ciclos.

7. Efectos de la temperatura en la duración de vida

Las temperaturas elevadas tienen una influencia muy negativa en la duración de vida. La tabla 2 presenta la duración de vida previsible de las baterías de Victron en función de la temperatura.

Temperatura media de funcionamiento	AGM Deep Cycle años	Gel Deep Cycle años	Gel Long Life años
20°C / 68°F	7 - 10	12	20
30°C / 86°F	4	6	10
40°C / 104°F	2	3	5

Tabla 2: Duración de vida



8. Efectos de la temperatura en la capacidad

El siguiente gráfico muestra que la capacidad disminuye en gran medida a baja temperatura.

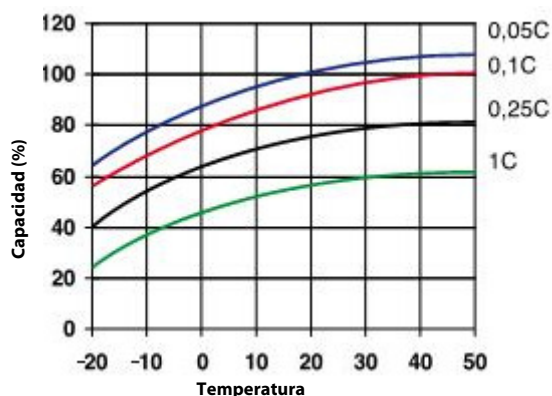


Fig. 1: Efectos de la temperatura en la capacidad

9. Duración de vida en ciclos de las baterías de Victron

Las baterías se gastan debido a las cargas y descargas. El número de ciclos depende de la profundidad de descarga, tal como muestra la figura 2.

■ AGM Deep Cycle ■ Gel Deep Cycle ■ Gel Long Life

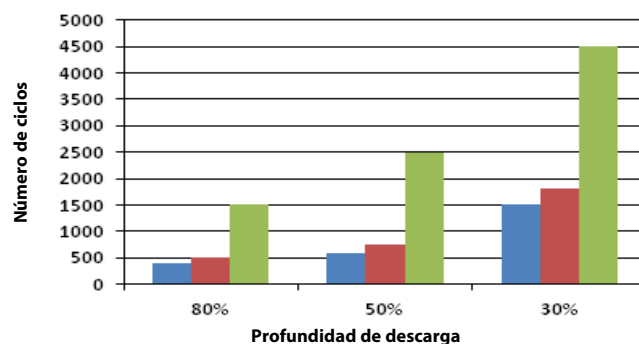


Fig. 2: Duración de vida en ciclos

10. Carga de la batería en modo de ciclos: La característica de carga en 3 etapas

El método de carga más corriente para las baterías VRLA utilizadas en ciclos es la característica en tres etapas, según la cual una fase de corriente constante (fase "Bulk") va seguida por dos fases con voltaje constante ("Absorción" y "Flotación"). Ver fig. 3.

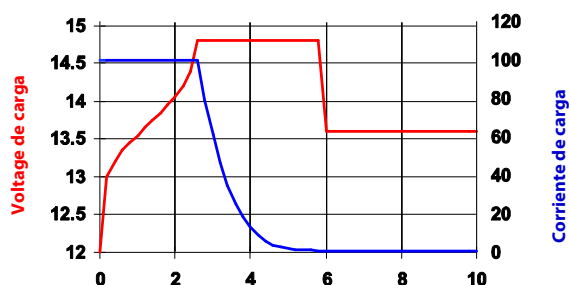


Fig. 3: Régimen de carga en tres etapas

Durante la fase de absorción, el voltaje de carga se mantiene a un nivel relativamente elevado para acabar de cargar la batería en un tiempo razonable. La tercera y última fase es la de mantenimiento (Flotación): el voltaje se reduce a un nivel justamente suficiente para compensar la autodescarga.

Inconvenientes de la carga tradicional en tres etapas:

- **Riesgo de gaseo**
Durante la fase de carga inicial, la corriente se mantiene a un nivel constante y a menudo elevado, incluso por encima del voltaje de gaseo (14,34V para una batería de 12V). Ello puede provocar una presión de gas excesiva en la batería. Puede escaparse gas por las válvulas de seguridad, lo que reduce la duración de vida y presenta un peligro.
- **Duración de carga fija**
El voltaje de absorción aplicado a continuación durante un tiempo fijo no tiene en cuenta el estado de carga inicial de la batería. Una fase de absorción demasiado larga tras una descarga poco profunda sobrecargará la batería, reduciendo una vez más su duración de vida, especialmente debido a la oxidación acelerada de las placas positivas.
- Nuestros estudios han revelado que la duración de vida de una batería se puede aumentar reduciendo más la tensión de flotación cuando no se utiliza la batería.

11. Carga de la batería: mejor duración de vida mediante la carga adaptable en 4 etapas de Victron

Victron Energy ha creado la carga adaptable en 4 etapas. Esta tecnología innovadora es resultado de muchos años de investigación y ensayos.

El método de carga adaptable de Victron elimina los 3 principales inconvenientes de la carga tradicional en 3 etapas:

- **Función BatterySafe**
Para evitar el gaseo excesivo, Victron ha inventado la función BatterySafe. La función BatterySafe reduce el aumento del voltaje de carga cuando se alcanza el voltaje de gaseo. Los estudios revelan que dicho procedimiento mantiene el gaseo interno a unos niveles sin peligro.
- **Duración de absorción variable**
El cargador Victron calcula la duración óptima de la fase de absorción en función de la duración de la fase de carga inicial (Bulk). Si la fase Bulk fue corta significa que la batería estaba poco descargada y la duración de absorción se reducirá automáticamente. Una fase de carga inicial más larga dará una duración de absorción también más larga.
- **Función de almacenamiento**
Una vez finalizada la fase de absorción, en principio, la batería está totalmente cargada y el voltaje se reduce hasta un nivel de mantenimiento (Flotación). A continuación, si no se utiliza la batería durante 24 horas, el voltaje se reduce aún más y el cargador de batería pasa al modo de "almacenamiento". Este voltaje de "almacenamiento" reduce al mínimo la oxidación de las placas positivas. Posteriormente, el voltaje aumentará en modo absorción una vez por semana para compensar la autodescarga (función Battery Refresh).

12. Carga en modo flotación: carga de mantenimiento con voltaje constante

Si una batería se descarga profundamente con poca frecuencia, es posible una curva de carga en dos etapas. Durante la primera fase, la batería se carga con una corriente constante pero limitada (fase "Bulk"). Una vez alcanzado un voltaje predeterminado, la batería se mantiene a este voltaje (fase de mantenimiento o "Flotación"). Este método de carga se utiliza en las baterías de arranque a bordo de vehículos y para los sistemas de alimentación sin cortes (onduladores).

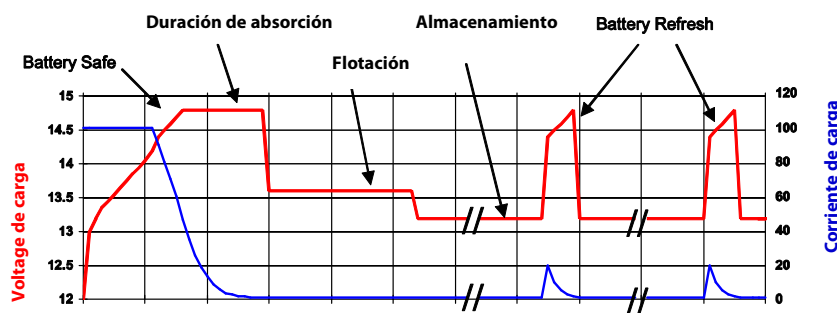


Fig. 4: Carga adaptable en 4 etapas de Victron

14. Efectos de la temperatura en el voltaje de carga

El voltaje de carga se debe reducir a medida que la temperatura aumenta. La compensación de temperatura es necesaria cuando la temperatura de la batería puede ser inferior a 10°C / 50°F o superior a 30°C / 85°F durante un período de tiempo prolongado. La compensación de temperatura recomendada para las baterías Victron VRLA es de -4 mV/elemento (-24 mV/°C para una batería de 12V). El punto medio de compensación de temperatura es de 20°C / 70°F.

15. Corriente de carga

Preferentemente, la corriente de carga no debe superar 0,2 C (20 A para una batería de 100 Ah). La temperatura de una batería aumentará más de 10°C si la corriente de carga es superior a 0,2 C. Así pues, la compensación de temperatura resulta indispensable para corrientes de carga superiores a 0,2 C.

	Utilización en Flotación (V)	Ciclos Normal (V)	Ciclos Recarga rápida (V)
Victron AGM "Deep Cycle"			
Absorción		14,2 - 14,6	14,6 - 14,9
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5
Victron Gel "Deep Cycle"			
Absorción		14,1 - 14,4	
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	
Victron Gel "Long Life"			
Absorción		14,0 - 14,2	
Flotación	13,5 - 13,8	13,5 - 13,8	
Almacenamiento	13,2 - 13,5	13,2 - 13,5	

Tabelle 3: Voltajes de carga recomendados

12 Volt Deep Cycle AGM							Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	l x a x h mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate AGM Bornes: cobre, M8
BAT406225080	240	6	320x176x247	31	1500	480	Capacidad nominal: descarga en 20h a 25°C Dur. de vida en flotación: 7-10 años a 20 °C Dur. de vida en ciclos: 400 ciclos en descarga 80% 600 ciclos en descarga 50% 1500 ciclos en descarga 30%
BAT212070080	8	12	151x65x101	2,5			
BAT212120080	14	12	151x98x101	4,1			
BAT212200080	22	12	181x77x167	5,8			
BAT412350080	38	12	197x165x170	12,5			
BAT412550080	60	12	229x138x227	20	450	90	
BAT412600080	66	12	258x166x235	24	520	100	
BAT412800080	90	12	350x167x183	27	600	145	
BAT412101080	110	12	330x171x220	32	800	190	
BAT412121080	130	12	410x176x227	38	1000	230	
BAT412151080	165	12	485x172x240	47	1200	320	
BAT412201080	220	12	522x238x240	65	1400	440	

12 Volt Deep Cycle GEL							Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	l x a x h mm	Peso kg	CCA @0°F	RES CAP @80°F	Tecnología: flat plate GEL Bornes: cobre, M8
BAT412550100	60	12	229x138x227	20	300	80	Capacidad nominal: 20 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 12 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 500 ciclos en descarga 80% 750 ciclos en descarga 50% 1800 ciclos en descarga 30%
BAT412600100	66	12	258x166x235	24	360	90	
BAT412800100	90	12	350x167x183	26	420	130	
BAT412101100	110	12	330x171x220	33	550	180	
BAT412121100	130	12	410x176x227	38	700	230	
BAT412151100	165	12	485x172x240	48	850	320	
BAT412201100	220	12	522x238x240	66	1100	440	

2 Volt Long Life GEL					Especificaciones generales
Referencia	Ah	V	l x a x h mm	Peso kg	Tecnología: tubular plate GEL Terminals: copper
BAT702601260	600	2	145x206x688	49	Capacidad nominal: 10 hr discharge at 25 °C Dur. de vida en flotación: 20 years at 20 °C Dur. de vida en ciclos: 1500 ciclos en descarga 80% 2500 ciclos en descarga 50% 4500 ciclos en descarga 30%
BAT702801260	800	2	210x191x688	65	
BAT702102260	1000	2	210x233x690	80	
BAT702122260	1200	2	210x275x690	93	
BAT702152260	1500	2	210x275x840	115	
BAT702202260	2000	2	215x400x815	155	
BAT702252260	2500	2	215x490x815	200	
BAT702302260	3000	2	215x580x815	235	

Otras capacidades y tipos de bornes: por engargo

DC1224P50A

DC-DC Wandler

12VDC auf 24VDC
Ausgangsleistung 1200Watt (50A)



BEDIENUNGSANLEITUNG

8. Technische Daten

DC-DC Wandler	DC1224P50A
Eingangsspannungsbereich	10 ~ 15VDC
Ausgangsspannung	24,0 - 27,6VDC
Max. Ausgangsstrom	50 A
Max. Ausgangsleistung	1200 W
Ausgangsstrom max. 1 Minute	55A
Aufnahmestrom (12V Eingang)	Max. 140A
Unterspannungsvorwarnung	<10,5V ± 0,5V
Unterspannungsabschaltung	10V ± 0,5V
Standby Verbrauch	85mA
Wirkungsgrad	>80%
Kühlung	Temperatur + Lastgeregelter Lüfter
Eingang Kurzschluss / Verpolung	Sicherung
Ausgang Kurzschluss / Verpolung	Sicherung
Überlastschutz	Mikrokontroller
Temperaturschutzabschaltung	60°C ±5° im Gehäuse
Eingangssicherungen	35A x 4
Ausgangssicherungen	20A x 3
DC-Anschlüsse	6mm Ø
USB Port	5V DC, 2,1A
Befestigungspunkte	4
Gehäusematerial	Aluminium
Gewicht	1,9kg
Schutzklasse	IP20
Abmessungen (L x B x H)	295 x 135 x 79mm
Zertifikate	CE / e-mark

FraRon electronic GmbH

Im Breitfeld 61-63

63776 Mömbris

www.Fraron.de

© FraRon electronic GmbH 2015

STANDARD RECOVERY DIODE (Stud Version) | 普通整流二极管(螺旋式)

Features

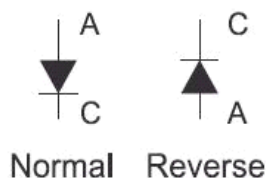
- High surge current capability
- Stud cathode and stud anode version
- Wide current range
- Metric device version available



Typical Applications

- Battery charges
- Converters
- Power supplies
- Machine tool controls
- Welder
- Motor controls

Polarity



Ordering Information Table

Device Code **FR** **70** **HF** **R** **120** **M**

① ② ③ ④ ⑤ ⑥

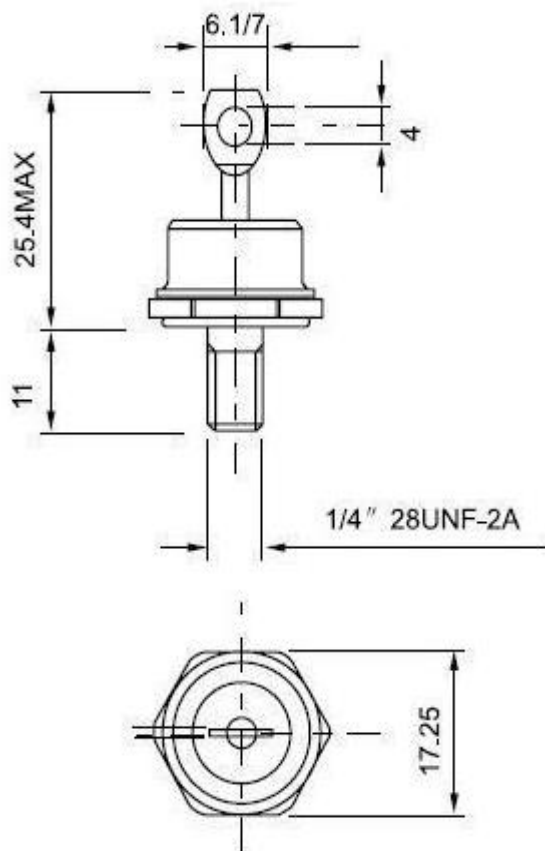
- 1** -None=Standard recovery diodes;
FR=Fast recovery diodes
- 2** -Current code= $I_{F(AV)}$
- 3** -Outline code: F=DO-4 case 6A~25A; HF=DO-5 case 30A~85A
U=DO-8, DO-9 case 100A~300A
- 4** -None=Stud Normal Polarity (cathode to stud)
R=Stud Reverse Polarity (anode to stud)
- 5** -Voltage code=code x 10= V_{RRM}
- 6** -None=Standard inch Device; M=Metric Device

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Symbol	Parameter	Conditions	40HF(R)	50HF(R)	70HF(R)	85HF(R)	Unit
$I_{F(AV)}$	Average on-state current	THS=55°C	40	50	70	85	A
$I_{F(RMS)}$	RMS on-state current	THS=55°C	64	80	112	160	A
V_{RRM}	Repetitive peak reverse voltage	THS=140°C	400-1200		400-1600		V
V_{DRM}	Repetitive peak reverse voltage	THS=140°C	400-1200		400-1600		V
I_{RRM}	Repetitive peak reverse voltage	THS=140°C	10	10	12	12	mA
V_{FM}	On-state voltage	THS=140°C	1.3	1.4	1.45	1.45	V
I_{FM}	On-state Current	THS=140°C	120	150	210	240	A
R_{j-c}	Peak gate forward voltage		≤0.8	≤0.8	≤0.6	≤0.5	°C/W
T_j	Junction temperature		-40~+150				°C
T_{stg}	Storage temperature		-40~+125				°C
MT	Mounting torque		≤2.0				N·m
Wt	Weight	Typical value	19	19	20	20	g

STANDARD RECOVERY DIODE (Stud Version) | 普通整流二极管(螺旋式)

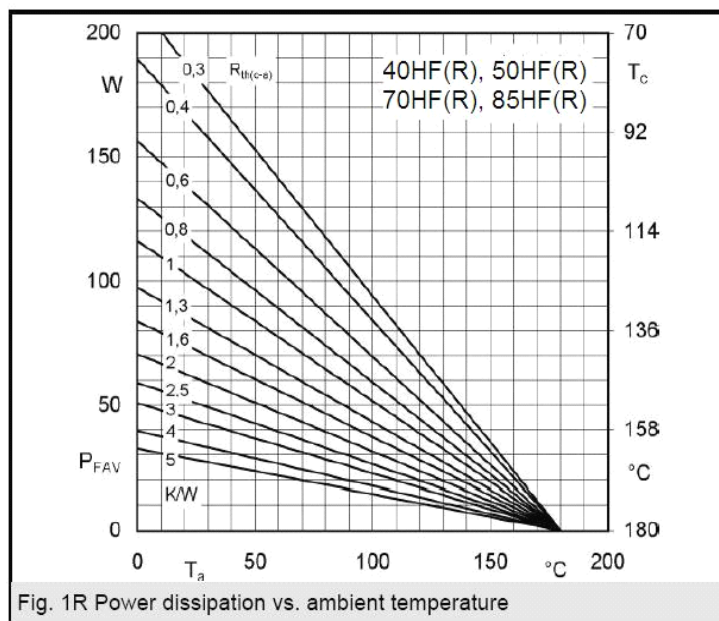
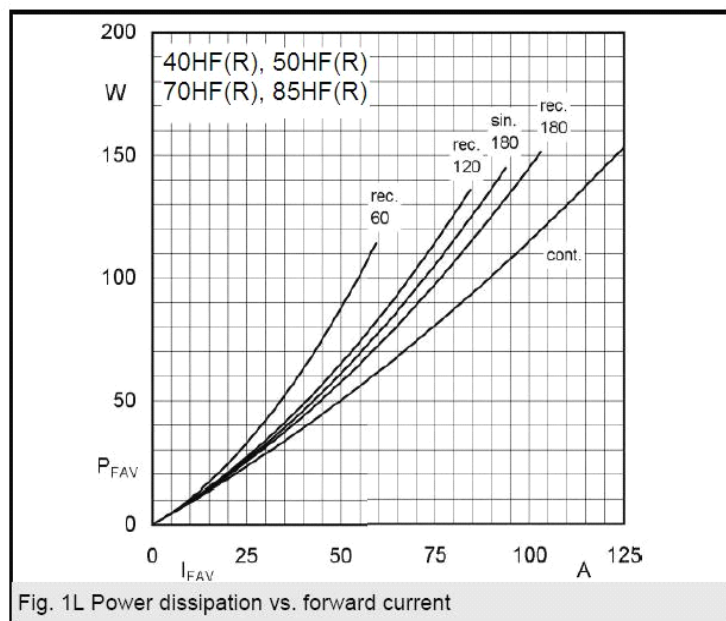
Outline table



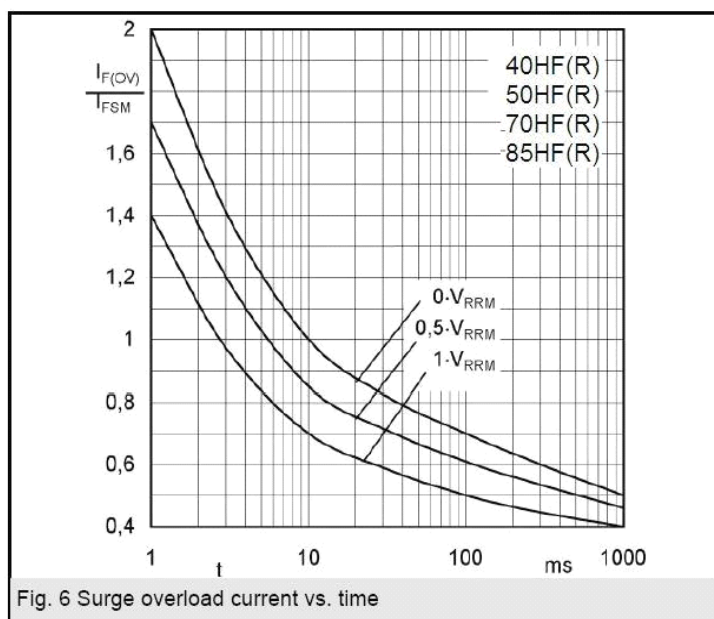
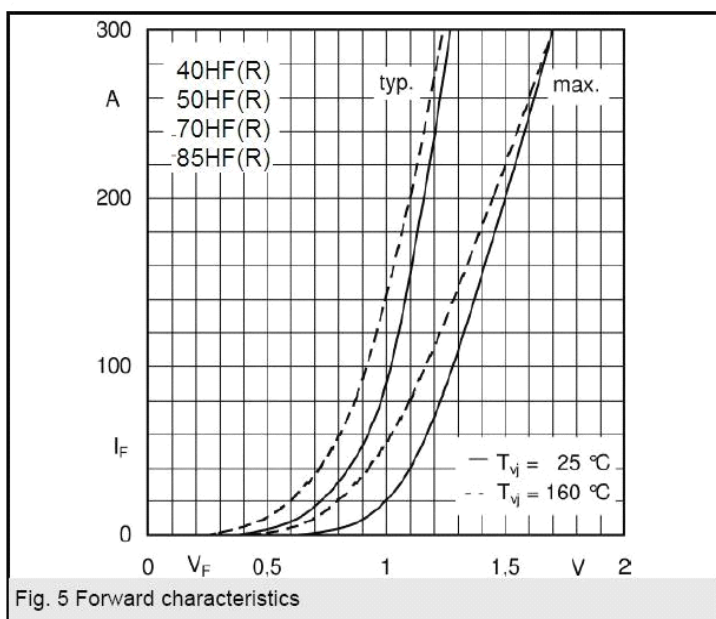
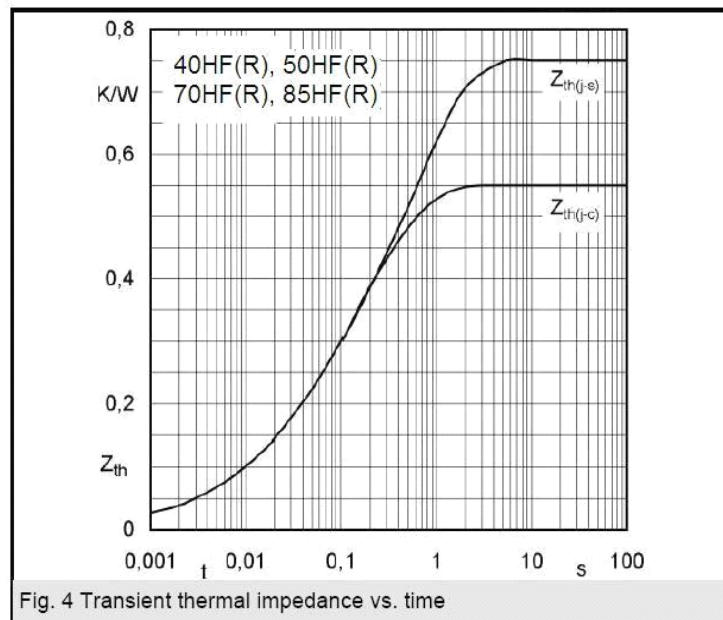
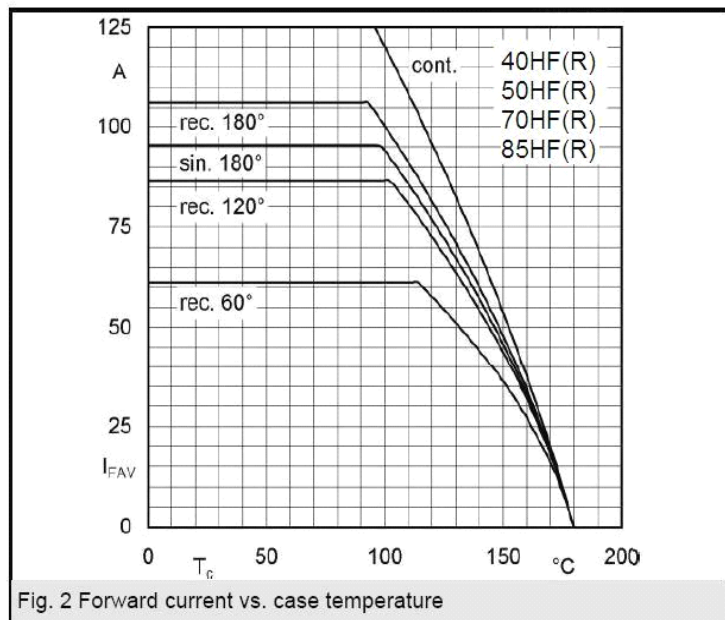
For metric devices: M6 × 1

DO-5

Dimension in mm



STANDARD RECOVERY DIODE (Stud Version) | 普通整流二极管(螺旋式)



ANEXO III: DOCUMENTO DE SALVAMENTO MARÍTIMO SOBRE LOS EQUIPOS OBLIGATORIOS A BORDO DE EMBARCACIONES DE RECREO

APÉNDICE NORMATIVO NORMATIVE APPENDIX

ZONAS DE NAVEGACIÓN y CATEGORÍAS DE DISEÑO

	Nueva Zona de Navegación	Distancia a la costa	Antigua Categoría de Navegación	CORRESPONDENCIA ENTRE LAS CATEGORÍAS DE DISEÑO Y LAS ZONAS DE NAVEGACIÓN	
Navegación Oceánica	Zona "1"	Ilimitada	A	CATEGORÍA DE DISEÑO (Anexo I, I del R.D. 297/98)	ZONAS DE NAVEGACIÓN correspondientes
Navegación en Alta Mar	Zona "2"	Hasta 60 millas	B		
	Zona "3"	Hasta 25 millas	C		
Navegación en aguas costeras	Zona "4"	Hasta 12 millas			
	Zona "5"	Hasta 5 millas	D-1		
	Zona "6"	Hasta 2 millas	D-2		
Navegación en aguas protegidas	Zona "7"	Aguas protegidas en general			
				A: Oceánica	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
				B: En Alta Mar	2, 3, 4, 5, 6, 7
				C: En aguas costeras	4, 5, 6, 7
				D: En aguas protegidas	7

EQUIPO Y MATERIAL DE SEGURIDAD OBLIGATORIO A BORDO

MATERIAL	Zona de Navegación							NOTAS
	I	2	3	4	5	6	7	
EQUIPO DE SALVAMENTO								
Balsas salvavidas	x	x	x					Para Zonas 1, 2 y 3, plazas para el 100% de personas autorizadas a transportar. En Zona 1, homologación SOLAS (R.D. 809/99) o equivalente. En zonas 2 y 3, la misma homologación o según ISO 9650.
Chalecos salvavidas	x	x	x	x	x	x	x	Para Zona 1, chalecos para el 100% de las personas más un 10%. En el resto de Zonas, chalecos para el 100% de las personas. Homologación SOLAS (R.D. 809/99) o "CE" (Directiva 89/686, R.D. 1407/92). Flotabilidad, para Zona 1 de 275 N; en Zonas 2, 3 y 4, 150 N; y en Zonas 5, 6 y 7, 100 N.
Aros salvavidas	2	1	1	1				Para Zona 1, dos aros, al menos uno con luz y rabiza. Para Zonas 2, 3 y 4, uno con luz y rabiza. Homologación SOLAS (R.D. 809/99) o "CE" (Directiva 89/686, R.D. 1407/92).
Cohetes con luz roja y paracaídas	6	6	6	6				Homologación: R.D. 809/99.
Bengalas de mano	6	6	6	6	3	3		Homologación: R.D. 809/99.
Señales fumígenas flotantes	2	2	1					Homologación: R.D. 809/99.
EQUIPO DE NAVEGACIÓN								
Luces y marcas de navegación	x	x	x	x	x	x	x	Homologación COLREG 72 (cualquier país U.E.); para Zonas 5, 6 y 7, pueden no ser homologadas en navegación diurna. En navegación diurna, hasta 12 millas y/o eslora menor de 7 m, podrá llevar linterna eléctrica de luz blanca con pilas de repuesto, en lugar de luces.
Compás	2	2	1	1				Para Zonas 1 y 2, uno de gobierno con iluminación y uno de marcaciones. Para Zonas 3 y 4, uno de gobierno. Para Zonas 1 y 2, tabla de desvíos. Homologación: R.D. 809/99 (Anexo A.1.: compás magnético o compás de botes salvavidas).
Corredera				1	1			De hélice, eléctrica o de presión con totalizador, o bien un GPS.
Sextante	1							Con las tablas necesarias para navegación astronómica.
Cronómetro	1							
Compás de puntas	1	1						
Transportador	1	1						
Regla de 40 cm	1	1						
Prismáticos	1	1	1	1				
Cartas y libros náuticos	1	1	1	1				De los mares por los que navegue y los portulanos de los puertos que utilice. Es obligatorio el Cuaderno de Faros y el Derrotero de la Zona por la que navegue, el Anuario de Mareas (excepto por el Mediterráneo), Manual de Primeros Auxilios, Reglamento de Radiocomunicaciones, Código de Señales para las navegaciones en Zona 1
Bocina de niebla	1	1	1	1	1	1	1	A presión manual o accionada por gas en recipiente a presión. En este caso, con membrana y recipiente de gas como respetos.
Campana	1	1	1	1				A partir de 15 m de eslora, el peso será de 5 kg. Para menos de 15 m no es obligada pero dispondrán de medios para producir sonido eficaz.
Pabellón nacional	1	1	1	1	1	1	1	
Código de banderas	1	1						Como mínimo las banderas "C" y "N". Las dimensiones mínimas serán de 60 x 50 cm para la Zona 1.
Linterna estanca	2	2	1	1				Con bombilla y juego de pilas de respeto.
Diario de navegación	1							
Espejo de señales	1	1	1	1	1	1	1	
Reflector de radar	1	1	1	1				Sólo en embarcaciones de casco no metálico.
Código de señales	1	1	1	1	1	1	1	Si monta aparatos de radiocomunicaciones.

APÉNDICE NORMATIVO

NORMATIVE APPENDIX

EQUIPO Y MATERIAL DE SEGURIDAD OBLIGATORIO A BORDO

MATERIAL	Zona de Navegación							NOTAS
	1	2	3	4	5	6	7	
ARMAMENTO DIVERSO								
Caña de timón de emergencia	x	x	x	x	x	x	x	En embarcaciones de vela y en las de un solo motor si es gobernado a distancia, excepto fueraborda o de transmisión en Z.
Estachas de amarre al muelle	2	2	2	2	2	2	2	En su caso. Longitud y resistencia adecuada a la eslora.
Bichero	I	I	I	I	I	I	I	
Remo	I	I	I	I	I	I	I	Uno de longitud suficiente y dispositivo de boga. Para eslora inferior a 6 m, un par de zaguales.
Inflador	x	x	x	x	x	x	x	Embarcaciones neumáticas, rígidas y semirrígidas.
Juego reparación pinchazos	x	x	x	x	x	x	x	Embarcaciones neumáticas, rígidas y semirrígidas.
Botiquín	x	x	x	x	x	x	x	Con tripulación contratada botiquines A, B y C según alejamiento costa y tiempo de navegación (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002).
Botiquín	x	x	x	x	x			Sin tripulación contratada. Para Zona 1: botiquín tipo C completado según duración y lugares de viaje y número de personas. Para Zona 2: botiquín C (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002). Para Zonas 3 y 4: botiquín tipo balsa de salvamento (R.D. 258/99 y Orden PRE/930/2002). Para Zona 5: botiquín nº 4 según Orden 4.12.80.
Líneas de fondeo	x	x	x	x	x	x	x	Obligado como mínimo 5 veces la eslora. Para más de 6 m, como mínimo la longitud de cadena será la de la eslora. Menos de 6 m puede ser sin cadena. [Eslora (m); Peso del Ancla (kg); Diámetro de Cadena (mm); Diámetro de Estacha (mm)] [L = 3; PA. 3.5; D.C. 6; D.E. 10]

EQUIPOS OBLIGATORIOS DE RADIOCOMUNICACIONES (SMSSM)

REAL DECRETO 1185/2006

(X): Equipos obligatorios

(O): Equipos recomendados

Zona de navegación	1	2	3	4	5	6	7
Distancia autorizada (en millas)	ilimitada	60	25	12	5	2	Aguas protegidas
VHF portátil	X	X (1)					
VHF fijo con LSD	X	X		X	X	X (3)	
OM/HF o INMARSAT	X	O					
NAVTEX	X	O					
Radiobaliza (RLS)	X	X	X (2)	O	O		
Traspondedor radar (SART)	X	O	O				
GPS	X	X	X	X	X (4)		

TITULACIONES DE RECREO

Autorización Federativa

Expedidas por las Federaciones de vela y motonáutica correspondientes, tras aprobar un examen teórico y prácticas de 4 horas de duración. Autoriza el gobierno de embarcaciones de recreo de hasta 6 metros de eslora y potencia máxima de motor de 40 Kw (54 CV), así como motos náuticas de menos de 55 CV en zonas delimitadas por la Capitanía Marítima.

Sin necesidad de titulación

Embarcaciones a motor con potencia máxima de 15 CV o de eslora de hasta 4 metros. Embarcaciones a vela con eslora hasta 5 metros. Artefactos de playa o embarcaciones (piraguas, kayaks) propulsados a vela, pedales o motor (inferior a 3,5 Kw). Sólo podrán navegar durante el día y en zonas delimitadas por la Capitanía Marítima.

Patrón de Navegación Básica

Gobierno de embarcaciones de hasta 8 metros de eslora (vela) o hasta 7,5 metros (motor), con potencia adecuada a las mismas y en navegaciones que no se alejen más de 5 millas, en cualquier dirección, de un abrigo o playa accesible. Podrá gobernar motos náuticas. Se precisa:

- Haber cumplido 18 años de edad, o 16 años con consentimiento paterno o de tutor.
- Aprobar el examen teórico correspondiente.
- Acreditar al menos 12 horas de prácticas de seguridad y navegación en embarcación de escuela de náutica homologada.
- Acreditar al menos 2 horas de prácticas de radiocomunicaciones.
- Para embarcaciones a vela, acreditar al menos 8 horas de prácticas.
- Superar un reconocimiento médico.

Patrón de Embarcaciones de Recreo (PER)

Gobierno de embarcaciones de recreo, a motor o a vela, de hasta 12 metros de eslora. Faculta para la navegación entre la costa y una línea paralela a 12 millas de la misma; la navegación interinsular en los archipiélagos balear y canario; y el gobierno de motos acuáticas. Se precisa:

- Haber cumplido 18 años de edad, o 16 años con consentimiento paterno o de tutor.
- Aprobar el examen teórico correspondiente.
- Acreditar al menos 16 horas de prácticas de seguridad y navegación en embarcación de escuela de náutica homologada.
- Acreditar al menos 2 horas de prácticas de radiocomunicaciones.
- Para embarcaciones a vela, acreditar al menos 20 horas de prácticas.
- Superar un reconocimiento médico.

Patrón de Yate

Gobierno de embarcaciones de recreo, a motor o a vela, de hasta 20 metros de eslora. Faculta para la navegación entre la costa y una línea paralela a 60 millas de la misma, así como el gobierno de motos acuáticas. Se precisa:

- Poseer el título de Patrón de Embarcaciones de Recreo.
- Aprobar el examen teórico correspondiente.
- Acreditar al menos 20 horas de prácticas de seguridad y navegación, 8 de ellas nocturnas, en embarcación de escuela de náutica homologada.
- Acreditar al menos 4 horas de prácticas de radiocomunicaciones.
- Para embarcaciones a vela, si no se hicieron para la obtención del PER, acreditar al menos 20 horas de prácticas.
- Superar un reconocimiento médico.

Capitán de Yate

Gobierno de embarcaciones de recreo, a motor o a vela, sin límite alguno y cualquiera que sea la eslora y potencia del motor, así como el gobierno de motos acuáticas. Las embarcaciones mayores de 24 metros de eslora se ajustarán a las normas de seguridad específicamente establecidas para las mismas. Se precisa:

- Poseer el título de Patrón de Yate.
- Aprobar el examen teórico correspondiente.
- Acreditar al menos 48 horas de prácticas de seguridad y navegación, 12 de ellas nocturnas, en embarcación de escuela de náutica homologada.
- Acreditar al menos 8 horas de prácticas de radiocomunicaciones.
- Para embarcaciones a vela, si no se hicieron para la obtención del PER Patrón de Yate, acreditar al menos 20 horas de prácticas.
- Superar un reconocimiento médico.

Patrón de motos acuáticas

Real Decreto 259/2002

"A" (Potencia igual o superior a 110 CV).

"B" (Potencia igual o superior a 55 CV e inferior a 110 CV).

Si no está en posesión de alguna de las anteriores titulaciones que así se lo permiten, deberá obtener una titulación específica según la potencia. Se precisa:

- Haber cumplido 18 años de edad, o 16 años con consentimiento paterno o de tutor.
- Acreditar la superación de un curso práctico
- "C" (Potencia inferior a 55 CV). Autorización de la Federación de Vela y Motonáutica, tras aprobar examen y con visto bueno de la autoridad competente.

