



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2019/20

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD
IRONING*

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Julio Elías Sánchez

TUTOR

Raúl Villa Caro

FECHA

JULIO 2020

1 RPA

Escola Politécnica Superior



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.018-2019

PROYECTO NÚMERO 19-99

TIPO DE BUQUE: TOWED BUNKERING BARGE (BARCAZA DE BUNKERING SIN PROPULSIÓN PARA SER REMOLCADA)

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL Non self-propelled unit ICE CLASS C. Class notation: Barge SHELTERED WATERS. INTERNATIONAL VOYAGES. Código IMO para la construcción y el equipo de buques que transporten gases licuados a granel; Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el protocolo de 1978 y por el Protocolo de 1997 (Convenio MARPOL). Convenio Internacional sobre líneas de carga, 1966 Y ENMIENDAS. Convenio sobre el Reglamento Internacional para prevenir los abordajes, 1972 (Convenio COLREG). SOLAS ÚLTIMA EDICIÓN APLICABLE.

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Capacidad de transporte y transferencia de LNG, así como operaciones de suministro eléctrico "cold ironing". MULTIPRODUCTO DE COMBUSTIBLES FÓSILES COMO HFO LSFO MDO 2500 TPM. 450 m³ de LNG.

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 10 nudos siendo remolcada o empujada. Calcular la capacidad de las embarcaciones auxiliares para ello.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Tanque/s para LNG de tipo C y su correspondiente brazo de transferencia. Dos grupos electrógenos a gas y uno DF y una grúa de transferencia de cables situada en un costado.

PROPULSIÓN: No autopropulsada. Posibilidad de duplicar la capacidad del diseño mediante un tren de barcasas. 2 o 4 unidades máximo.

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 10 personas en camarotes individuales.

OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES: DISPOSITIVO DE REMOLQUE POR PROA O DE SER EMPUJADA POR POPA.

Ferrol, 18 Marzo 2019

ALUMNO/A: **D^a Julio Elías Sánchez**

2 RESUMEN

2.1 Castellano

En estos Cuadernos se pretende reflejar el proceso completo del proyecto de diseño, construcción y evaluación económica de una barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidad de transporte tanto de combustibles navales tradicionales (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asimismo, el buque proyectado también será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

2.2 Gallego

Nestes Cuadernos preténdese amosar o proceso completo do proxecto de diseño, construción e avaliación económica dunha barcaza de *bunkering* multiproducto, con capacidade de transporte tanto de combustibles navais tradicionais (HFO, MDO, LSFO) como de Gas Natural Licuado (LNG). Asemade, o buque proxectado tamén será destinado a labores de suministro eléctrico entre buques (*Cold Ironing*).

2.3 Inglés

In these Booklets the whole process of design, construction and economic evaluation of a multiproduct bunker barge, with capacity of transportation of traditional marine fuels (HFO, MDO, LSFO) and Liquefied Natural Gas (LNG). Likewise, the projected ship will also be destined to ship to ship electricity supply activities (Cold Ironing).



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO
CURSO 2019/20**

*BARCAZA BUNKERING MULTIPRODUCTO Y COLD
IRONING*

Grado en Ingeniería Naval

Cuaderno 11:

DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.

ÍNDICE

1 RPA	2
2 Resumen	3
2.1 Castellano.....	3
2.2 Gallego	3
2.3 Inglés.....	3
3 Introducción	7
4 Definición de la planta eléctrica.....	9
4.1 Frecuencia y tensión.....	9
4.2 Descripción breve	11
5 Desglose y características de los consumidores	12
5.1 Generalidades	12
5.2 Equipos y servicios	13
5.3 Iluminación	15
5.3.1 Alumbrado principal	15
5.3.2 Alumbrado de emergencia.....	19
5.4 Suministro eléctrico cold ironing.....	20
6 Balance eléctrico del buque	22
6.1 Generalidades	22
6.2 Justificación de los coeficientes	24
6.2.1 Equipos y servicios	25
6.2.2 Iluminación	26
6.3 Cálculo del balance.....	26
6.3.1 Navegación a plena carga	26
6.3.2 Navegación en lastre	30
6.3.3 Navegación en puerto-maniobrando	34
6.3.4 Operación de bunkering de LNG	38
6.3.5 Operación de bunkering de HFO & LSFO.....	42
6.3.6 Operación de bunkering de MDO	46
6.3.7 Operación de cold ironing	50
6.3.8 Condición de emergencia	54
6.3.9 Resultados finales del balance eléctrico	58
7 Generadores	61
7.1 Generadores principales	61
7.2 Generador de emergencia	65

7.3 Pick-up y reserva de energía	67
8 Cableado	69
9 Otros componentes de la planta eléctrica	78
9.1 Transformadores	78
9.2 Convertidores de frecuencia	78
9.3 Rectificadores e inversores de corriente	78
9.4 Cuadros de distribución	78
9.5 Control de la planta eléctrica.....	79
9.5.1 Tarjeta de control automático de carga del generador	79
9.5.2 Tarjeta de control de velocidad y distribución de la carga	80
9.5.3 Tarjeta electrónica de sincronización	81
9.6 Protección de la planta eléctrica	82
9.6.1 Seccionador.....	82
9.6.2 Fusibles	83
9.6.3 Sondas PTC	83
9.6.4 Relé térmico	84
9.6.5 Interruptor magnetotérmico.....	85
9.6.6 Grados de protección y clase de aislamiento.....	86
10 Diagrama unifilar eléctrico.....	88
10.1 Introducción	88
10.2 Diagrama de la planta eléctrica de la barcaza.....	88
11 Bibliografía	90
12 Anexos.....	91
12.1 Diagrama unifilar de la instalación	91
12.2 Fichas técnicas y catálogos comerciales	91

3 INTRODUCCIÓN

En el presente cuaderno se llevará a cabo el balance eléctrico del buque proyecto, a partir del cual se realizará la definición y dimensionamiento de la planta eléctrica del mismo.

Se realizará un breve análisis de las distintas condiciones de carga eléctricas a las que se verá sometida la barcaza a proyectar, determinando a partir de ellas el número de generadores que deberán estar funcionando a bordo para alimentar las diferentes necesidades del buque. Se deberá garantizar la alimentación de todos los servicios necesarios para el funcionamiento y habitabilidad óptimos durante la navegación, sin necesidad de recurrir a la fuente de emergencia. Asimismo, también se deberá tener muy presente la función de aprovisionamiento que realizará la embarcación proyecto, ya que, como especifican las RPA adjuntadas al comienzo del presente cuaderno, éste deberá de tener capacidad de aprovisionar de combustible (LNG, MDO, HFO y LSFO) y de energía eléctrica a aquellos buques que así lo demanden.

Con el fin de garantizar todo lo mencionado en el párrafo anterior, a lo largo del presente cuaderno se realizará un desglose de todos los consumidores del buque proyecto, mostrando las características principales de cada uno de ellos. Para la realización de esta tarea se emplearán datos obtenidos en otros cuadernos de este proyecto, concretamente el décimo y el duodécimo (Equipos y servicios). Asimismo, se deberán definir los parámetros de la frecuencia y la tensión del buque, que dependerán principalmente del país o continente en el que, en principio, vaya a operar el mismo.

De esta forma el proceso a seguir en este cuaderno será el siguiente:

- Definición de la planta eléctrica.
- Desglose y características de los consumidores.
- Cálculo del sistema de iluminación.
- Balance eléctrico para las diferentes condiciones de operación.
- Análisis de los resultados y cálculo de los generadores.
- Diseño del diagrama unifilar y configuración de la planta eléctrica.
- Cálculo del cableado y otros componentes.

Para la realización del cuaderno, se deberán cumplir con las prescripciones de la siguiente normativa:

- Normas UNE-CEI 21135-XXX
- Convenio SOLAS
- DNV GL, "Rules for classification. Ships", "Edition January 2018", Pt. 4 "Systems and components", Ch. 8 "Electrical installations".

De acuerdo con la normativa mencionada, las condiciones ambientales a cumplir serán las siguientes:

- **En relación a la inclinación.** En condición estática, la desviación angular alrededor del eje longitudinal en condiciones generales será de $\mp 15^\circ$ y en condiciones de emergencia $\mp 22^\circ 23'$, mientras que alrededor del eje transversal será de $\mp 10^\circ$. En condición dinámica, la rotación alrededor del eje longitudinal será de $\mp 22^\circ 30'$ y alrededor del eje transversal de $\mp 7^\circ 30'$.
- **En relación con las vibraciones.** Deberá tolerar rangos de frecuencia de vibraciones de 5-50 Hz y un rango de amplitud de 20 mm/s.
- **En relación con la temperatura.** La temperatura ambiente deberá ser como máximo de 45° , cambiando la mínima dependiendo de la localización del buque.

A continuación se muestra una tabla con las dimensiones y coeficientes principales que definen al buque proyecto, obtenidos en el cuaderno 3 del proyecto:

ATB Bukering Barge		
Lpp	61.7	m
B	14.2	m
D	7.6	m
T	5.7	m
Δ	4267	ton
Sw	1609.098	m2
Cb	0.834	
Cm	0.98	
Cp	0.851	
Cwl	0.913	
v	10	kts

4 DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

En este apartado se llevará a cabo la descripción de la planta eléctrica y todas las características que puedan afectar a su diseño.

4.1 Frecuencia y tensión

Como paso previo a la realización del balance eléctrico, será necesario definir la tensión y las frecuencias que se emplearán en a bordo. También el tipo de red a instalar (monofásica o trifásica). Se han tomado como referencia los datos proporcionados en la tesis doctoral “El suministro de Energía Eléctrica a Buques desde Centrales con Generación con GNL para mejorar la Huella Ecológica en Puertos” [1], que aporta los siguientes datos:

La mayoría de los buques trabaja en Baja Tensión, pero grandes buques portacontenedores y buques de crucero con propulsión DE o DF/DE suelen funcionar en Media Tensión

	380 V	400 V	440 V	450 V	460 V	6.6 kV	10 kV	11 kV
Container vessels (< 140 m)	42 %	16 %	42 %	-	-	-	-	-
Container vessels (> 140 m)	6 %	79 %	-	3 %	-	12 %	-	-
Container vessels (total)	19 %	6 %	64 %	2 %		9 %		
Ro/Ro- and Vehicle vessels	-	30 %	20 %	43 %	7 %	-	-	-
Oil- and Product tankers	13 %	-	40 %	47 %	-	-	-	-
Cruise ships (< 200 m)	14 %	18 %	59 %	9 %	-	-	-	-
Cruise ships (> 200 m)	-	-	12 %	-	-	48 %	4 %	36 %
Cruise ships (total)	6 %	9 %	34 %	4 %	-	26 %	2 %	19 %

La frecuencia utilizada a bordo puede ser a 50 o 60 Hz, aunque la mayoría de los buques tienen una frecuencia de utilización a bordo de 60 Hz y suelen funcionar en Baja Tensión.

	50 Hz	60 Hz
Container vessels (< 140 m)	63 %	37 %
Container vessels (> 140 m)	6 %	94 %
Container vessels (total)	26 %	74 %
Ro/Ro- and Vehicle vessels	30 %	70 %
Oil- and Product tankers	20 %	80 %
Cruise ships (< 200 m)	36 %	64 %
Cruise ships (> 200 m)	-	100 %
Cruise ships (total)	17 %	83 %

Como puede observarse, la inmensa mayoría de los buques mercantes de la flota mundial trabajan en el rango de tensiones de 380-450 V y a la frecuencia de 60 Hz. Si bien, en la actualidad los nuevos diseños están normalizados a una tensión de 480-690 V a 60 Hz y, en el caso de la Unión Europea, a 400 V a 50 Hz para las instalaciones a baja tensión.

Debido a que la barcaza está diseñada para operar en puertos españoles y por todo lo expuesto con anterioridad, se ha decidido emplear a bordo una red de 400 V y 50 Hz. El

objetivo principal es servir de apoyo y de suministro de energía eléctrica a buques fondeados en aguas adyacentes a las áreas portuarias, independiente de su tipología y de la frecuencia eléctrica empleada en los mismos. En este sentido, se dispondrán a bordo de convertidores de frecuencia para sufragar la demanda de los buques que trabajen a 60 Hz.

Como es de común conocimiento, en cuanto al transporte y distribución de la energía eléctrica es siempre preferible que ésta sea a la tensión más elevada posible (eso sí, ajustándose siempre a criterios de seguridad), ya que ello reduce drásticamente la sección del cable por la que ésta discurrirá o, en caso de mantener las dimensiones del conductor, transferir intensidades de corriente muy superiores. Esto es de suma importancia en las labores denominadas de cold ironing como las del barco proyecto, al facilitar las operaciones de conexión y desconexión eléctrica entre éste y el buque fondeado, ganando seguridad, rapidez y facilidad de manejo en las labores de tendido del cableado.

Teniendo presente todo lo expuesto en el párrafo anterior, se ha decidido que los 3 generadores de a bordo trabajen a una tensión de 400 V y una frecuencia de 50 Hz. Teniendo presente la tensión de suministro cold ironing (6,6 kV) y que habrá aparatos que trabajen a tensiones menores, de 230 V (alumbrado y comunicaciones), deberán disponerse a bordo de una serie de transformadores de tensión para que sea utilizable a bordo. Estos equipos serán explicados con mayor detenimiento en capítulos posteriores del presente cuaderno.

Para la definición de las tensiones de red a emplear a bordo se ha utilizado como referencia la tabla aportada en la UNE 21-135-93/201 [2], donde se muestran las tensiones y frecuencias en los consumidores más comunes:

Tensiones y frecuencias en corriente alterna en función de los tipos de consumidores

Utilización	Tensiones nominales (V)	Frecuencias nominales (Hz)		Tensiones máximas (V)
1 Motores, calefacción y cocina. Equipos fijos y permanentemente conectados. Tomas de corriente alimentando a aparatos puestos a masa, sea de forma permanente por fijación o por una conexión específica que incorpore un conductor de masa dimensionado conforme a la tabla 1 de la norma CEI 92-401: Instalación y Pruebas de recepción.	Trifásica	Trifásica	Trifásica	Trifásica
	120	50	60	1 000
	220 ¹⁾	50	60	1 000
	240 ¹⁾	50	-	1 000
	380 ²⁾	50	-	1 000
	415 ²⁾	50	-	1 000
	440	-	60	1 000
	660 ²⁾	50	60	1 000
	3 000 ³⁾ /3 300 ³⁾	50	60	11 000
	6 000 ³⁾ /6 600 ³⁾	50	60	11 000
10 000 ³⁾ /11 000 ³⁾	50	60		
	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	120	50	60	500
	220 ¹⁾	50	60	500
	240 ¹⁾	50	-	500
2 Alumbrado fijo incluyendo tomas de corriente para fines no mencionados en los puntos 1 y 3, pero destinados a aparatos con aislamiento reforzado o doble aislamiento, o conectados con un cable flexible que incluya un conductor de masa de dimensiones conforme a la tabla 1, norma CEI 92-401.	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	120	50	60	250
	220 ¹⁾	50	60	250
	240 ¹⁾	50	-	250
3 Tomas de corriente para usos que precisen de precauciones especiales contra el choque eléctrico: a) Alimentación con o sin transformador de aislamiento. b) En caso de empleo de un transformador de aislamiento alimentando a un solo consumidor. Ambos conductores de tales sistemas deberán estar aislados de masa.	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	24	50	60	55
	120	50	60	250
	220 ¹⁾	50	60	250
	240 ¹⁾	50	-	250

Se suele emplear la corriente alterna trifásica en la industria naval. El empleo de la corriente trifásica en el buque presenta las siguientes ventajas:

- Posibilidad de conectarse a la red eléctrica portuaria.
- Mayor robustez, menor coste y mantenimiento sencillo.
- Menor peso y tamaño de los generadores.
- Posibilidad de uso de tensiones más elevadas, empleando cableado de menor sección.
- Menor necesidad de control de la velocidad de régimen.

4.2 Descripción breve

La planta eléctrica del buque proyecto estará integrada por los siguientes elementos:

Generadores

Siguiendo lo especificado en el anteproyecto, la barcaza irá provista de 3 generadores, 2 de ellos funcionarán exclusivamente a gas y la tercera será una máquina a fuel. Como ya se ha explicado antes, deberán ser capaces no sólo de generar energía suficiente para alimentar a todos los consumidores de a bordo, sino también a los pertinentes del buque al que haya que alimentar durante su fondeo.

Cuadros de distribución

La barcaza presentará un cuadro principal y uno de emergencia. Serán los encargados de recibir la potencia directamente de las máquinas generadoras, alojar los dispositivos necesarios para el acoplamiento de los alternadores y elementos de protección del circuito y de distribuir la corriente eléctrica a los demás servicios de la embarcación.

Transformadores

Como se dijo anteriormente, estos equipos serán necesarios para aquellos sistemas cuyo funcionamiento produzca tensiones menores o mayores a las nominales de la instalación correspondientes a los sistemas de fuerza. Para asegurar el abastecimiento eléctrico, todos los circuitos de transformación de energía a bordo deberán ser redundantes.

Convertidores de frecuencia

Sólo serán necesarios para adaptar a la red aquellos consumidores que trabajen a una frecuencia diferente a la nominal de a bordo (50 Hz). También en el caso del suministro eléctrico a buques que trabajen a 60 Hz.

Equipamiento para las operaciones de cold ironing

El buque proyecto necesitará contar con una instalación específica con una serie de interruptores y seccionadores, un interruptor de puesta a tierra automático, un transformador, equipos de protección como relés térmicos. Asimismo también será necesario un sistema de gestión de cables y una serie de acopladores y enchufes preparados para el paso de altas tensiones.

A lo largo de los siguientes capítulos se describirán con detalle cada uno de estos elementos, así como los consumidores de la planta eléctrica del buque

5 DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES

5.1 Generalidades

Para la estimación de las potencias de los consumidores, se recurre a los cálculos realizados en cuadernos anteriores del presente proyecto, especialmente el cuaderno 12, dedicado a los equipos y servicios instalados a bordo de la barcaza.

A lo largo del presente capítulo se llevará a cabo el desglose de las características de cada consumidor del buque. Para la elección de los motores eléctricos accionadores de las unidades de bombeo de a bordo, se han empleado las eficiencias y potencias normalizadas mostradas en la siguiente tabla [3]:

Table 1 Table with efficiency classes: IE 60034-30 (2008)

kW	HP	IE-1 - Standard efficiency						IE2 - High efficiency						IE3 - Premium efficiency					
		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole	
		50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
0.75	1	72.1	77.0	72.1	78.0	70.0	73.0	77.4	79.3	79.6	82.5	75.9	80.0	80.7	77.0	82.5	85.5	78.9	82.5
1.1	1.5	75.0	78.5	75.0	79.0	72.9	75.0	79.6	82.5	81.4	84.0	78.1	85.5	82.7	84.0	84.1	86.5	81.0	81.5
1.5	2	77.2	81.0	77.2	81.5	75.2	77.0	81.3	84.0	82.8	84.0	79.8	86.5	84.2	85.5	85.3	86.5	82.5	88.5
2.2	3	79.7	81.5	79.7	83.0	77.7	78.5	83.2	85.5	84.3	87.5	81.8	87.5	85.9	86.5	85.7	89.5	84.3	89.5
3	4	81.5	-	81.5	-	79.7	-	84.6	-	85.5	-	83.3	-	87.1	-	87.7	-	85.6	-
3.7	5	-	84.5	-	85.0	-	83.5	-	87.5	-	87.5	-	87.5	-	88.5	-	89.5	-	89.5
4	5	83.1	-	83.1	-	81.4	-	85.8	-	86.6	-	84.6	-	88.1	-	89.6	-	86.9	-
5.5	7.5	84.7	86.0	84.7	87.0	83.1	85.0	87.0	88.5	87.7	89.5	86.0	89.5	88.2	89.5	89.6	91.7	88.0	91.0
7.5	10	86.0	87.5	86.0	87.5	84.7	86.0	88.1	89.5	88.7	89.5	87.2	89.5	90.1	90.2	90.4	91.7	89.1	91.0
11	15	87.6	87.5	87.6	88.5	86.4	89.0	89.4	90.2	89.8	91.0	88.7	90.2	91.2	91.0	91.4	92.4	90.3	91.7
15	20	88.7	88.5	88.7	89.5	87.7	89.5	90.3	90.2	90.6	91.0	89.7	90.2	91.9	91.0	92.1	93.0	91.2	91.7
18.5	25	89.3	89.5	89.3	90.5	88.6	90.2	90.9	91.0	91.2	92.4	90.4	91.7	92.4	91.7	92.6	93.5	91.7	93.0
22	30	89.9	89.5	89.9	91.0	89.2	91.0	91.3	91.0	91.6	92.4	90.9	91.7	92.7	91.7	93.0	93.5	92.2	93.0
30	40	90.7	90.2	90.7	91.7	90.2	91.7	92.0	91.7	92.3	93.0	91.7	93.0	93.3	92.4	93.6	94.1	92.9	94.1
37	50	91.2	91.5	91.2	92.4	90.8	91.7	92.5	92.4	92.7	93.0	92.2	93.0	93.7	93.0	93.0	94.5	93.3	94.1
45	60	91.7	91.7	91.7	93.0	91.4	91.7	92.9	93.0	93.1	93.6	92.7	93.5	94.0	93.6	94.2	95.0	93.7	94.5
55	75	92.1	92.4	92.1	93.0	91.9	92.1	93.2	93.0	93.5	94.1	93.1	93.6	94.3	93.6	94.6	95.4	94.1	94.5
75	100	92.7	93.0	92.7	93.2	92.6	93.0	93.8	93.5	94.0	94.5	93.7	94.1	94.7	94.1	95.0	95.4	94.5	95.0
90	125	93.0	93.0	93.0	93.2	92.9	93.0	94.1	94.5	94.2	94.5	94.0	94.1	95.0	95.0	95.2	95.4	94.9	95.0
110	150	93.3	93.0	93.3	93.5	93.3	94.1	94.3	94.5	94.5	95.0	94.3	95.0	95.2	95.0	95.4	95.8	95.1	95.8
132	180	93.5	93.5	-	93.5	-	94.6	-	94.7	-	94.6	-	94.6	-	95.4	-	95.6	-	95.4
150	200	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.0	-	95.0	-	95.0	-	95.4	-	95.6	-	95.8
160	210	93.8	-	93.8	-	93.8	-	94.8	-	94.9	-	94.8	-	95.6	-	95.8	-	95.6	-
185	250	-	94.1	-	94.5	-	94.1	-	95.4	-	95.4	-	95.0	-	95.8	-	96.2	-	95.8
200	270	94.0	-	94.0	-	94.0	-	95.0	-	95.1	-	95.0	-	95.8	-	96.0	-	95.8	-
220	300	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
250	350	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
300	400	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
330	450	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
375	500	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8

Se ha considerado que estos motores eléctricos serán de 4 polos, trabajando a la frecuencia de 50 Hz a la que también trabajará el buque proyecto. Esta tabla cumple con las directrices expuestas en la norma IE 600034-30.

Para la maquinaria eléctrica con potencias inferiores a 20 kW se supondrán unidades de eficiencia estándar IE-1. Pero, cuando los motores eléctricos superen este valor, se emplearán de alta eficiencia IE-2.

Para el resto de los equipos y servicios de bordo, se considerará para el balance eléctrico las potencias estimadas en el cuaderno 12 con la eficiencia incluida. En muchos casos, estos datos se obtendrán de los catálogos comerciales aportados por el fabricante de los modelos seleccionados.

Para el desglose de los consumidores del buque, tradicionalmente estos se han agrupado en tres grandes grupos:

- Sistemas de cámaras de máquinas.
 - Sistemas de propulsión.
 - Sistemas auxiliares al sistema de propulsión.
- Equipos y servicios.
 - Servicio de achique y sentinas.

- Servicio de lastre.
- Servicio contra incendios.
- Servicio sanitario.
- Sistema de ventilación de la cámara de máquinas.
- Sistema HVAC.
- Equipos de amarre y fondeo.
- Equipos de navegación y comunicaciones.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Iluminación.
 - Iluminación principal.
 - Iluminación de emergencia.

Esta son los principales consumidores de potencia eléctrica en un buque convencional. Pero, como se puede observar en las especificaciones de las RPA del proyecto, la barcaza cuyo diseño protagoniza este trabajo no se trata de un buque convencional, al carecer de medios de propulsión propia. Por ello, la planta eléctrica del buque proyecto carecerá de los consumidores integrados en el primer grupo de los antes mencionados y constará sólo de los otros 2 grupos.

Acto seguido se mostrarán las potencias y el desglose de los consumidores de cada uno de estos sistemas y servicios. También se estimará la potencia de iluminación de la barcaza a proyectar.

5.2 Equipos y servicios

A continuación se muestra la tabla de potencias de los consumidores englobados en este grupo, antes citados. Como se puede observar, no se ha incluido el consumo eléctrico de la ventilación de la cámara de máquinas, ya que la maquinaria principal que ésta contendrá será la planta de generación eléctrica, cuyo dimensionamiento es el objetivo del presente proyecto.

Se dimensionará una vez obtenida la potencia eléctrica total a instalar a bordo y se deberá comprobar que ésta pueda soportar la demanda que supondrá la ventilación de la cámara de máquinas:

SERVICIO		UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA				POTENCIA TOTAL (KW)
			P. Útil (kW)	P. Norm (kW)	η_{el}	P. Abs (kW)	
SENTINAS	Bomba de sentinas	2	3.715	4	0.831	4.81	9.63
LASTRE	Bomba de lastre	2	5.22	5.5	0.847	6.49	12.99
CONTRA INCENDIOS	Bomba CI interior	2	8.594	11	0.876	12.56	25.11
	Bomba CI carga	1	42.6	45	0.917	49.07	49.07
	Bomba CI de emergencia	1	6.88	7.5	0.86	8.72	8.72
SANITARIO	Bomba suministro	2	10.6	11	0.876	12.56	25.11
	Calentador	1	4	4	-	4	4

HVAC	Sistema HVAC	1	52.75	52.75	0.833	63.33	63.33
	Ventiladores habilitación	2	0.102	0.102	-	0.102	0.20
AMARRE Y FONDEO	Molinete	2	43.77	45	0.917	49.07	98.15
	Chigre de amarre	4	36	37	0.912	40.57	162.28
COMUNICACIONES	Comunicación exterior	1	5	5	-	5	5
	Comunicación interior	1	5	5	-	5	5
CONTROL	Sistema control IAS	1	1	1	-	1	1.00
FONDA Y HOTEL	Horno	1	5	5	-	5	5
	Microondas	1	1.2	1.2	-	1.2	1.2
	Plancha cocina	1	3	3	-	3	3
	Freidora	1	3	3	-	3	3
	Lavavajillas	1	2.5	2.5	-	2.5	2.5
	Frigorífico	1	3	3	-	3	3
	Campana extractora	1	1.2	1.2	-	1.2	1.2
	Secadora	1	3.5	3.5	-	3.5	3.5
	Plancha ropa	1	0.5	0.5	-	0.5	0.5
	Lavadora	1	3.5	3.5	-	3.5	3.5
ELEVACIÓN	Grúa mangueras	1	15	15	-	15	15
	Grúa cables	1	15	15	-	15	15
CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA	<i>Servicio de GNL</i>						
	Bombas C/D principales	2	22	22	0.899	24.47	48.94
	Compresor LD	1	30	30	-	30	30
	Vaporizador LNG	1	2	2	-	2	2
	Vaporizador forzado	1	0.5	0.50	-	0.50	0.50
	Bomba de espray	1	0.10	0.75	0.796	0.94	0.94
	Calentador boil-off	2	5	5	-	5	10
	Bomba vapor	1	0.40	0.75	0.796	0.94	0.94
	Bomba aspiración gas	1	0.40	0.75	0.796	0.94	0.94

	Bomba nitrógeno	1	0.10	0.75	0.796	0.94	0.94
	Bomba suministro GVU	2	1.60	2.20	0.83	2.65	5.30
	<i>Servicio de MDO y HFO</i>						
	Bomba C/D HFO	1	66	75	0.95	78.95	78.95
	Bomba C/D MDO	1	50	55	0.946	58.14	58.14
	Calefacción HFO	1	2.13	2.13	-	2.13	2.13
	TOTAL:						776.31

5.3 Iluminación

El sistema de alumbrado de la barcaza a proyectar trabajará a una tensión de 230 V y una frecuencia de 50 Hz. Dentro de las instalaciones de iluminación del buque a proyectar se pueden identificar 3 grandes grupos:

- Alumbrado general. Es básicamente el alumbrado común de los espacios interiores en los que está compartimentado el buque. Los diferentes puntos de iluminación deben estar distribuidos en el espacio de tal forma que proporcionen el nivel de iluminación demandado por la normativa vigente en cada local.
- Alumbrado exterior. Es el conjunto de todas las luces necesarias para la iluminación de las zonas expuestas del buque de carga, como son las cubiertas castillo, toldilla o la de intemperie.
Tanto el alumbrado general como el exterior serán alimentados con la energía eléctrica producida por los motores generadores principales.
- Alumbrado de emergencia. Este sistema permite disponer de suministro eléctrico en caso de fallo de la planta de generación principal. Por criterios normativos y de supervivencia, debe ser capaz de iluminar los espacios de máquinas, los puestos de control de las maniobras de carga y descarga, el puente de navegación, el local de los aparatos de gobierno, los puntos de evacuación y los pescantes de los botes salvavidas.

El alumbrado de emergencia debe saltar automáticamente cuando se dé la situación de falla de los grupos principales y generalmente es alimentado por una serie de baterías recargables.

5.3.1 Alumbrado principal

5.3.1.1 Alumbrado interior

Para el cálculo de la potencia demandada por la iluminación interior del buque se seguirán las directrices del libro "Electricidad aplicada al buque" de Manuel Baquerizo Pardo [4].

En la obra consultada se puede encontrar la siguiente tabla, que muestra los niveles de iluminación (iluminancia) recomendados en los diferentes locales del buque:

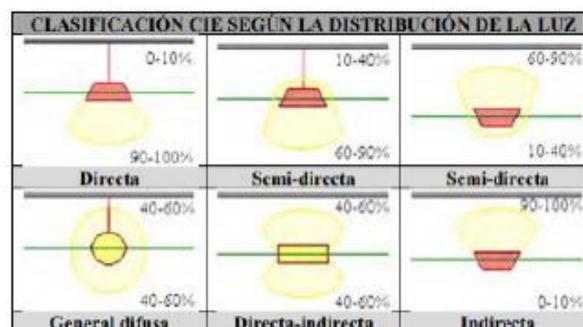
Espacios	Iluminación (lux)	
	Mínimo	Máximo
Camarote oficiales	200	250
camarote tripulación	150	200
pasillos tripulación	100	150
local reunión tripulación	200	400
local servicio	250	300
enfermería	500	100
puesto descubierta	20	40
puesto de botes	10	20
maquinas	300	450
puesto de maniobras	500	750
calderas	250	0,2
túneles	100	150
taller de montaje	1000	2000
taller de maquinaria	500	1000
sala de dibujo	750	1500
oficina	400	750

A partir de los valores de iluminancia y el área de las superficies a iluminar, y tras la aplicación de ciertos márgenes, el flujo luminoso requerido se puede obtener a partir de la siguiente expresión:

$$L = E \cdot S \cdot \frac{Fd}{Fu} [lm]$$

Siendo:

- E = Iluminancia (lx)
- S = Superficie a iluminar (m²)
- Fd = Factor de suciedad, que varía entre 1,25 – 2,5. Se tomará un valor medio de 1,87 para el proyecto.
- Fu = Factor de utilización. Depende de si el alumbrado es directo o indirecto y de un factor k proporcional a las dimensiones del local a iluminar. Se tomará luz directa, por lo que el factor de utilización medio será de 0,5.



Por otro lado, para conocer el valor de la potencia consumida por cada elemento de alumbrado será necesario primero conocer su eficiencia o rendimiento luminoso (lm/W), que dependerá fundamentalmente del tipo de lámpara que se decida emplear para el buque proyecto. El rendimiento más espectacular de los diferentes dispositivos de iluminación es el de la bombilla LED de luz blanca, que ha pasado de 5 lm/W en sus inicios a 150 lm/W en la actualidad.

En base a este favorable rendimiento y siguiendo lo expuesto en la asignatura de Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque [5], se ha decidido instalar lámparas LED para toda la iluminación interior de la barcaza a proyectar, debido a su alto rendimiento en aplicaciones domésticas. Asimismo, presentan un consumo muy bajo, apenas necesitan mantenimiento y presentan una vida útil muy elevada, de en torno a las 50.000-100.000 h.



Para el presente proyecto se considerará el rendimiento mínimo mostrado en la tabla superior para las lámparas LED, es decir, 0,015.

De acuerdo con todo lo aquí estipulado, se ha realizado la siguiente estimación de potencia para el alumbrado de la habitación de la barcaza a proyectar:

Cubierta	Espacio	Área (m ²)	Iluminancia (lx)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento luminoso (lm/W)	Potencia (kW)
CUBIERTA HABILITACIÓN 1	Camarote conrmaestre	8.57	175	5609.065	150	0.04
	Camarote mariner 1	8.53	175	5582.885	150	0.04
	Camarote mariner 2	8.40	175	5497.800	150	0.04
	Camarote cocinero	8.57	175	5609.065	150	0.04
	Camarote bombero 1	8.53	175	5582.885	150	0.04
	Camarote bombero 2	8.40	175	5497.800	150	0.04
	Salón-comedor	23.51	300	26378.220	150	0.18
	Aseo común	2.66	200	1989.680	150	0.01
	Lavandería	3.15	200	2356.200	150	0.02
	Equipos de bomberos	3.08	125	1439.900	150	0.01
	Pasillo babor	9.11	125	4258.925	150	0.03

	Pasillo estribor	9.11	125	4258.925	150	0.03
CUBIERTA HABILITACIÓN 2 (PRINCIPAL)	Camarote oficial C/D	8.57	225	7211.655	150	0.05
	Camarote oficial maq.	8.53	225	7177.995	150	0.05
	Camarote capitán	13.72	225	11545.380	150	0.08
	Camarote jefe maq.	11.55	225	9719.325	150	0.06
	Enfermería	8.40	750	23562.000	150	0.16
	Sala de reuniones	10.33	300	11590.260	150	0.08
	Cocina	8.35	300	9368.700	150	0.06
	Gambuza	2.00	125	935.000	150	0.01
	Pasillo babor	9.11	125	4258.925	150	0.03
	Pasillo estribor	9.11	125	4258.925	150	0.03
	Aseo común	2.66	200	1989.680	150	0.01
	Local de limpieza	2.00	125	935.000	150	0.01
	Equipos salvavidas	3.07	125	1435.225	150	0.01
CUBIERTA HABILITACIÓN 3	Pañol de proa babor	25.79	200	19290.920	150	0.13
	Pañol de proa estribor	25.79	200	19290.920	150	0.13
	Taller de reparaciones	12.45	500	23281.500	150	0.16
	Local aire acondicionado	12.45	125	5820.375	150	0.04
	Generador de emergencia	10.94	170	6955.652	150	0.05
	Pasillo babor	9.11	125	4258.925	150	0.03
	Pasillo estribor	9.11	125	4258.925	150	0.03
	TOTAL:					1.67

En cuanto a la iluminación de la cámara de máquinas, se estimará la siguiente potencia luminosa:

Cubierta	Espacio	Área (m ²)	Iluminancia (lx)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento luminoso (lm/W)	Potencia (kW)
PRINCIPAL	Cámara de máquinas	118.40	400	177126.400	150	1.18
TOTAL:						2.66

Por último, la iluminación de los locales de la toldilla de popa, dedicados al control de las operaciones de bunkering, cold ironing y del funcionamiento general del buque, consumirá la siguiente potencia eléctrica:

Cubierta	Espacio	Área (m ²)	Iluminancia (lx)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento luminoso (lm/W)	Potencia (kW)
PRINCIPAL	Puesto control bunkering	12	625	28050	150	0.187
	Puesto control cold ironing	12	625	28050	150	0.187
	Sala control de la carga	10	395	14773	150	0.098
	Sala de comunicaciones	10	395	14773	150	0.098
TOTAL:						0.571

5.3.1.2 Alumbrado exterior

El alumbrado exterior estará compuesto tanto por las luces de navegación demandadas por la normativa como aquel destinado a alumbrar las cubiertas exteriores del buque.

El cálculo de las luces de navegación se ha llevado a cabo teniendo en cuenta el reglamento de 1972 para prevenir abordajes (COLREG), para buques con esloras mayores de 50 m.

El resto del alumbrado exterior se emplea para alumbrar durante las maniobras de amarre y fondeo, de suministro de combustible o eléctrico y cualquier otro trabajo sobre las cubiertas exteriores. De modo análogo con el alumbrado interior, también será del tipo LED y tendrán la siguiente disposición:

- 1 en el mástil de proa.
- 6 sobre la toldilla para iluminar la zona de carga.
- 1 a cada costado de la habitación y otra para la proa.

La suma de todas estas luces exteriores se considerará que tiene un valor aprox. de unos 4 kW.

5.3.2 Alumbrado de emergencia

En cuanto al alumbrado de emergencia, los espacios a iluminar serán la cámara de máquinas, los locales del puente, los pasillos de acceso y la cubierta castillo, donde irán situados los botes de rescate:

Cubierta	Espacio	Área (m2)	Iluminancia (lx)	Flujo luminoso (lm)	Rendimiento luminoso (lm/W)	Potencia (kW)
PRINCIPAL	Cámara de máquinas	118.40	400	177126.400	150	1.181
	Puesto control bunkering	12.00	625	28050.000	150	0.187
	Puesto control cold ironing	12.00	625	28050.000	150	0.187
	Sala control de la carga	10.00	395	14773.000	150	0.098
	Sala de comunicaciones	10.00	395	14773.000	150	0.098
CUBIERTAS HABILITACIÓN	Pasillos de babor	27.33	125	12776.775	150	0.085
	Pasillos de estribor	27.33	125	12776.775	150	0.085
EXTERIOR	Alumbrado exterior	-	-	-	-	4.000
TOTAL:						5.922

5.4 Suministro eléctrico cold ironing

En las RPA del proyecto se fija como requisito previo para el diseño de la embarcación que esta debe contar con capacidad de suministro eléctrico cold ironing. No se especifica ni un valor de potencia eléctrica a administrar ni un buque concreto a partir del que dimensionarla.

Tomando como modelo de partida embarcaciones similares, la barcaza a proyectar ha sido diseñada para suministrar electricidad a flote a aquellos buques que, por diversas razones, deben realizar esperas en las inmediaciones de la zona portuaria, para que en vez de tener encendidos sus contaminantes diésel-alternadores consuman electricidad proveniente de una fuente limpia, como son los generadores a gas de la barcaza.

De esta forma, se puede inferir que el dimensionamiento de estos generadores, una vez conocidos los consumos eléctricos de los equipos y servicios y del alumbrado necesario a bordo, dependerá fundamentalmente del consumo eléctrico del buque al que se abarloadará la barcaza, variando este notablemente en función del tipo de buque.

Como se ha mostrado en los cuadernos 1 y 12, para el cálculo de la potencia eléctrica a suministrar a buques fondeados se ha decidido seleccionar como buque de referencia a un tanquero. Se ha decidido prescindir de buques de línea regular, como son los buques de pasaje o buques mercantes como los ferrys, los Ro-Ro o los portacontenedores, ya que, además de consumir unas potencias eléctricas considerables, estos buques no suelen precisar de tiempos de espera antes de la entrada a puerto. En cambio, los tanqueros suelen tener que realizar operaciones de lastrado-deslastrado y de seguridad, además de cumplir ciertos tiempos de espera, lo que motiva que deban fondear en estuarios previstos para ello. Un ejemplo puede observarse aquí en Galicia en la Ría de Ares, donde hay un fondeadero reconocido por la Administración española.

Para la estimación de la potencia demandada por uno de estos buques fondeados se han empleado las siguientes tablas, obtenidas del estudio de la Universidad de Oviedo para el

proyecto EnerTrans 2008 “Consumo de Energía y emisiones asociadas al transporte por barco” [6]:

Tipo de buque	Motor principal	Motores generadores
Tanques	8.177	1.750
Graneleros	6.488	1.100
Portacontenedores	16.547	2.800
Carga general	3.840	1.000
RO-RO/Ferry/Carga	8.460	1.645
Pasajeros	8.554	8.554

Potencias en kW

% Potencias a utilizar:	Crucero		Zona precaución		Maniobra		Muelle	
	Motor propulsor (MP)	Motores auxiliares (MMAA)	MP	MMAA	MP	MMAA	MP	MMAA
Tanques**	75%	30%	40%	30%	20%	50%	0%	40%
Bulcarriers**	80%	30%	40%	30%	20%	50%	0%	40%
Carga general	70%	30%	35%	30%	20%	50%	0%	40%
Portacontenedores	72%	30%	30%	30%	15%	50%	0%	40%
Ro-Ro	82%	30%	30%	30%	15%	50%	0%	40%
Pasaje*	80%	--	45%	--	40%		25%	--

Como puede observarse, según la bibliografía escogida, la potencia eléctrica instalada la planta generadora de un tanquero tipo es de 1750 kW. Asimismo, este estudio también establece que en la condición de amarre en muelle (que se asumirá análoga a la de fondeo) estas plantas estarán operando al 40%, es decir, el buque sólo precisará de 700 kW. Se ha decidido aplicarle un margen del 10% a esta cifra, lo que significa una potencia eléctrica a suministrar por la barcaza al buque abarloado de unos 770 kW. En el caso de que los servicios de cold ironing de la barcaza sean requeridos por un buque de mayor consumo eléctrico, siempre se podrán abarloadar al mismo y realizar el aprovisionamiento de manera conjunta un apareja de embarcaciones como la diseñada en el presente proyecto.

6 BALANCE ELÉCTRICO DEL BUQUE

6.1 Generalidades

A lo largo de este capítulo se realizará un análisis del conjunto de necesidades energéticas en las distintas situaciones de carga. Se basa en un cálculo probabilístico en el cual se estima la potencia promedio demandada por cada consumidor, siendo la suma de estas la total a instalar en el buque.

El balance eléctrico se puede realizar de acuerdo a varias metodologías:

- **Estimación directa mediante formulación.** Ofrece una estimación simple del consumo en la situación de navegación, sirviendo para hacer una estimación del peso, volumen y consumos de los grupos electrógenos.
- **Estimación basada en datos de buques de referencia.** Si se dispone un buque de características muy similares al proyecto, se puede establecer una correlación a partir de los datos del primero para estimar la potencia de los grupos electrógenos del segundo.
- **Estimación detallada (método clásico).** Se realizan totales y subtotales de las potencias activas de cada grupo de consumidores para cada situación de navegación.
- **Cálculo avanzado.** Se obtienen la potencia reactiva y aparente, partir del factor de potencia de cada consumidor de a bordo.

En este cuaderno se desarrollará el balance eléctrico para las diferentes situaciones de operación del buque, obteniendo de esta manera la potencia demandada a bordo. Con la potencia global en la situación más desfavorable se dimensionarán los generadores del buque. Este es el método propuesto en la asignatura de Proyectos de Buques y Artefactos Marinos [7].

A continuación se detallarán las situaciones de carga que se considerarán para el balance eléctrico a realizar en este cuaderno:

- **Navegación a plena carga.** El buque proyecto navega en condición de plena carga, con todo los sistemas necesarios operativos, a la velocidad de servicio de 10 kts prefijada en las RPA del proyecto (transmitida por empuje por parte de un remolcador auxiliar). Se estimará una duración de 1 día, es decir, 24 h.
- **Navegación en lastre.** El estudio se realizará en este caso para una navegación en condición de lastre, con todos los sistemas necesarios para ello operativos. Tanto la duración como la velocidad serán idénticas a las de la navegación a plena carga y, lógicamente, la potencia propulsora será transmitida por parte de un remolcador auxiliar.
- **Navegación en puerto-maniobrando.** En este caso se estudiará la potencia eléctrica necesaria para realizar estas operaciones, estimando un tiempo aprox. para realizar las maniobras de atraque/desatraque de 4 h.
- **Operaciones de bunkering.** Se estudiará la potencia eléctrica requerida por los equipos necesarios para realizar las labores de suministro de combustible, básicamente las bombas de trasiego, las estaciones de bunkering y la grúa de transferencia de las tuberías. Habrá que identificar 3 casuísticas dentro de estas operaciones:
 - Bunkering de HFO, con una duración máx. aprox. de 6 h.
 - Bunkering de MDO, con una duración máx. aprox. de 6 h.
 - Bunkering de LNG, con una duración máx. aprox. de 3 h.
- **Operaciones de cold ironing.** Se estudiará la potencia eléctrica requerida para el suministro eléctrico a otros buques que lo demanden. A pesar de que ciertos consumos eléctricos internos del buque son necesarios para estas actividades, esta potencia a generar por los grupos electrógenos de la barcaza será fundamentalmente aquella demandada por el buque al que ésta esté abarloada. Se considerará el caso de

demanda eléctrica más desfavorable y, basándose en estudios técnicos sobre la materia, se considerará una duración máxima de estas actividades de 24 h, aunque las operaciones reales podrían extenderse todo el tiempo que fuese demandado por el buque fondeado.

- **Condición de emergencia.** Se estudiará la potencia requerida por los consumidores que deben funcionar en dicha situación. La condición de emergencia se dimensionará en base al Convenio SOLAS, Pt. D, Regla 43. Esta regla hace diferencia entre buques de pasaje y de carga. Para el caso de estos últimos, la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los períodos especificados a continuación los siguientes equipos y servicios:
 - Durante un período de 18 h:
 - Alumbrado de emergencia.
 - Luces de navegación.
 - Instalación radioeléctrica de ondas métricas.
 - Equipos de comunicación interior.
 - Aparatos náuticos a bordo.
 - Sistema de detección de incendios y de alarma.
 - Lámpara de señales diurnas, claxon del buque, avisadores de accionamiento manual y demás señales interiores.
 - Bombas contra incendios.
 - Bomba de emergencia de achique de sentinas.
 - Durante un período de 30 min:
 - Toda puerta estanca.
 - Dispositivos de emergencia que impulsan los ascensores hasta cubierta.

Debido a ciertas características muy diferenciadas del buque proyecto, no poseerá todos los sistemas que se han descrito anteriores, pero sí los principales consumidores de energía eléctrica.

En apartados posteriores se detallará con mayor profundidad el funcionamiento del buque en cada una de las condiciones de carga comentadas en los párrafos anteriores.

En cuanto al balance eléctrico, una vez se han identificado los principales consumidores de la barcaza, habrá que realizar la estimación de la potencia eléctrica demandada por cada uno de ellos.

Para la estimación de la potencia absorbida por cada consumidor se empleará la siguiente expresión:

$$Pot. abs = \frac{P_{\text{útil}}}{\eta_{el}} [kW]$$

Siendo:

- $P_{\text{útil}}$. Potencia estimada o normalizada del consumidor.
- η_{el} = Rendimiento eléctrico del consumidor.

La potencia total del conjunto de consumidores será el obtenido a partir de la siguiente formulación:

$$Pot. total = Nequipos \cdot Pot. abs [kW]$$

Por otro lado, para la estimación de la potencia consumida por cada equipo o conjunto de equipos se empleará la siguiente expresión:

$$Pot. necesaria = Ku \cdot Pot. total [kW]$$

Siendo:

- $K_u = \text{Coef. o factor de utilización.}$

6.2 Justificación de los coeficientes

Como su propio nombre indica, este coeficiente de utilización trata de aportar un margen corrector en el cálculo de la potencia eléctrica consumida por cada grupo de equipos teniendo en cuenta el modo en el que estos operarán.

Este factor corrector se obtiene a su vez como el producto de otros 2 coeficientes, tal y como se muestra a continuación:

$$K_u = K_n \cdot K_{sr}$$

Siendo:

- $K_n = \text{Coef. denominado factor de simultaneidad en marcha, que trata de reflejar el porcentaje de los equipos instalados a bordo que trabajarán efectivamente de una manera simultánea.}$

$$K_n = \frac{N^{\circ} \text{ de aparatos en servicio}}{N^{\circ} \text{ de aparatos instalados}}$$

- $K_{sr} = \text{Coef. de servicio y régimen. De forma análoga al factor de utilización, se obtendrá a partir del producto de otros 2 coeficientes, tal y como se muestra a continuación:}$

$$K_{sr} = K_s \cdot K_r$$

Siendo:

- $K_s = \text{Coef. de servicio, que depende del funcionamiento de los aparatos en cuestión:}$

$$K_s = \frac{N \text{ horas en servicio}}{24}$$

El coeficiente de servicio será igual a la unidad cuando un único equipo o conjunto de ellos trabajen simultáneamente y de forma continua. Será menor de la unidad en los siguientes casos:

- Conjunto de aparatos susceptibles de funcionar simultáneamente, de forma discontinua.
- Aparatos de funcionamiento discontinuo con servicio temporal inferior a una hora.
- Conjunto de aparatos en funcionamiento discontinuo superior a una hora, cuando se pueda prever la puesta en marcha sucesiva de los aparatos que constituyen al conjunto.

- $K_r = \text{Coef. de régimen, que depende del régimen al que trabajará cada equipo o grupo de equipos:}$

$$K_r = \frac{\text{Pot. abs. del motor en servicio}}{\text{Pot. abs. en régimen nominal}} = \frac{\text{Pot. abs.}}{\text{Pot. útil}} \cdot \eta_{el}$$

Por lo tanto, el coeficiente de servicio y régimen responderá a la siguiente expresión:

$$K_{sr} = \frac{N \text{ horas servicio}}{24} \cdot \frac{\text{Pot. abs.}}{\text{Pot. útil}} \cdot \eta_{el}$$

En muchos casos, el constructor naval no posee los datos suficientes para realizar el cálculo de los coeficientes de manera matemática, por lo que basa su valor en aquellos de buques de referencia.

Asimismo, el libro "Electricidad Marina Práctica" de Manuel Baquerizo aporta una serie de valores recomendados para los coeficientes antes mencionados, recogidos en la siguiente tabla:

Servicio		Kn	Ksr	Ku
Maquinaria de cubierta	Grúas	1	0.75	0.75
	Molinetes	-	0.6-1	-
	Cabrestantes	1	0.8-0.9	0.8
	Maquinillas de carga	1	0.33-1	
	Servomotores	0.5	0.25	0.125-0.15
Auxiliares de propulsión	Bombas aux., purificadores, generadores de agua dulce, etc	1-0.5	0.8-0.9	0.5-0.9
Otros	Ventiladores y calefacción	-	0.3-1	-
	Bombas servicio	-	0.5-1	-
	Alumbrado	-	-	0.5-1
	Equipo cocina	-	0.5-1	-

En el caso del buque proyecto, se tratará de obtener estos valores de manera matemática, a partir de las expresiones descritas en los párrafos anteriores. En caso de no poseer la información necesaria suficiente para realizar estos cálculos, se recurrirá a los valores recomendados en la bibliografía técnica citada en el párrafo anterior.

6.2.1 Equipos y servicios

Como ya se indicó en el capítulo relativo al desglose de los consumidores, dentro de esta categoría se incluirán los siguientes sistemas:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio contraincendios.
- Sistema HVAC.
- Sistema de amarre y fondeo.
- Sistema de comunicaciones y control.
- Servicio de fonda y hotel.
- Sistemas de elevación.
- Sistemas de contención y trasiego de la carga.

En el citado capítulo del presente proyecto ya se ha realizado un desglose exhaustivo de la potencia demandada por cada uno de estos servicios de consumidores, pero se considera necesario aclarar ciertos conceptos antes de calcular los factores de utilización correspondientes y realizar el balance eléctrico pertinente.

El servicio de lastre trabajará únicamente en la condición de navegación en lastre, ya que en el resto se considerará que llevará los tanques de carga llenos tal que garantizan las condiciones de calado y asiento mínimos.

Los sistemas de amarre y fondeo (chigres, molinetes, etc.), tan sólo funcionarán cuando la barcaza se encuentre en la condición de navegación en puerto y/o maniobrando. En cuanto al servicio de contención y trasiego de la carga, éste sólo estará funcionando durante todas las condiciones salvo las de bunkering de manera parcial y limitada, ya que sólo operarán aquellos equipos necesarios para alimentar la planta generadora del buque proyecto, mientras que durante las situaciones correspondientes al abastecimiento de combustible, estarán funcionando, además de los anteriores, los necesarios para el trasiego de los diferentes combustibles.

Por último, el servicio contraincendios se considerará que únicamente trabajarán en la situación de emergencia.

El coeficiente de régimen variará generalmente en la mayoría de los equipos y servicios entre 0,7-0,9, dependiendo del sistema en consideración.

Como ya se dijo anteriormente, se emplearán las recomendaciones de Manuel Baquerizo a la hora de cuantificar los diferentes factores y coeficientes a utilizar en el balance eléctrico.

Los coeficientes y factores de simultaneidad, de servicio y régimen y de utilización de cada grupo de equipos no se detallarán en este apartado, sino que se mostrarán ya en las tablas que muestran los cálculos y resultados del balance eléctrico para cada una de las situaciones de carga a considerar. Pero, por regla general, se ha seguido la siguiente metodología: estos han sido escogidos bien siguiendo preferiblemente la formulación técnica (es el caso de Kn y Ku), pero en el caso de Ksr, debido a la falta de información sobre los modelos seleccionados, se ha decidido emplear los datos aportados por Baquerizo y usados con éxito en anteriores proyectos.

6.2.2 Iluminación

Los factores a emplear en el cálculo de la potencia eléctrica demandada por los equipos del sistema de iluminación se obtendrán partiendo de lo expuesto en el apartado correspondiente del anterior capítulo. Se tendrá en consideración el número de horas de funcionamiento en la condición de emergencia según lo estipulado en el Convenio SOLAS.

6.3 Cálculo del balance

A lo largo de este capítulo se mostrarán las hojas de cálculo de Excel para cada condición de carga estudiada en el presente cuaderno, con las potencias eléctricas resultantes del balance y todas las estimaciones necesarias para ello.

6.3.1 Navegación a plena carga

Como ya se explicó al inicio del presente capítulo, para la condición de navegación a plena carga se considerará que la barcaza se está desplazando a velocidad de 10 kts empujado por un remolcador convenientemente equipado para ello y con todos los tanques de carga llenos.

Se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido en el resto de condiciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η el	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	1	0.5	0.3	0.15	1.444
TOTAL:					9.63	TOTAL:				1.444
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	0	0	0	0	0
TOTAL:					12.99	TOTAL:				0
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.8	0.8	50.66
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.306	2	0.67	0.8	0.53	0.16
TOTAL:					63.63	TOTAL:				50.82
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	0	0	0	0	0
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	0	0	0	0	0
TOTAL:					260.43	TOTAL:				0
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.5	0.5	2.5
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	1	1	5

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	
TOTAL:					11	TOTAL:					8.5
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.6	0.3	7.53	
Calentador	1	4	-	4	4	1	1	0.3	0.3	1.20	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					8.73
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.23	0.23	1.15	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.15	0.15	0.18	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.23	0.23	0.69	
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.15	0.15	0.45	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.23	0.23	0.575	
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.9	0.9	2.7	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.23	0.23	0.276	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.2	0.2	0.7	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.15	0.15	0.075	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.23	0.23	0.805	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					7.601
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
TOTAL:					30	TOTAL:					0
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28	
Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08
TOTAL:					14	TOTAL:				1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA										
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0	0	0
Compresor LD	1	30	-	30	30.00	0	0	0	0	0
Vaporizador LNG	1	2	-	2	2.00	1	1	0.675	0.675	1.35
Vaporizador forzado	1	0.50	-	0.50	0.50	0	0	0	0	0
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0
Calentador boil-off	2	5	-	5	10.00	1	0.5	0.45	0.225	2.25
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.45	0.45	0.424
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.45	0.45	0.424
Bomba suministro GUV	2	2.20	0.83	2.65	5.30	1	0.5	0.75	0.375	0.707
Bomba C/D HFO	1	75.00	0.95	78.95	78.95	0	0	0	0	0
Bomba C/D MDO	1	55.00	0.946	58.14	58.14	0	0	0	0	0
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0	0	0
TOTAL:					236.31	TOTAL:				5.155
12. SERVICIO DE ALUMBRADO										
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.9	0.9	10.54
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					20.038	TOTAL:				10.54
13. SERVICIO DE COLD IRONING										
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0	0	0

TOTAL:	770	TOTAL:	0
TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO NAVEGACIÓN PLENA CARGA	93.919

6.3.2 Navegación en lastre

De forma análoga a la condición de navegación a plena carga, para la condición de navegación en lastre también se considerará que la barcaza se está desplazando a velocidad de 10 kts empujado por un remolcador convenientemente equipado para ello, pero con los tanques de carga vacíos y los tanques de lastre llenos de tal forma que se mantengan los niveles mínimos de calado y de asiento.

Se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.

Como puede observarse, serán los mismos que los correspondientes a la situación de navegación a plena carga, más lógicamente los equipos destinados al lastre. Por lo tanto, la potencia eléctrica demandada por el buque será ligeramente mayor en esta situación.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	1	0.5	0.3	0.15	1.44
TOTAL:					9.63	TOTAL:				1.44
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	2	1	0.67	0.67	8.701
TOTAL:					12.99	TOTAL:				8.701
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.8	0.8	50.66
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.306	2	0.67	0.8	0.53	0.16
TOTAL:					63.63	TOTAL:				50.82
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	0	0	0	0	0
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	0	0	0	0	0
TOTAL:					260.43	TOTAL:				0
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.5	0.5	2.5
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	1	1	5

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1	
TOTAL:					11	TOTAL:					8.5
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.6	0.3	7.53	
Calentador	1	4	-	4	4.00	1	1	0.3	0.3	1.20	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					8.73
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.23	0.23	1.15	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.15	0.15	0.18	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.23	0.23	0.69	
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.15	0.15	0.45	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.23	0.23	0.575	
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.9	0.9	2.7	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.23	0.23	0.276	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.2	0.2	0.7	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.15	0.15	0.075	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.23	0.23	0.805	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					7.601
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
TOTAL:					30	TOTAL:					0
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28	
Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08
TOTAL:					14	TOTAL:				1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA										
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0	0	0
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	0	0	0	0	0
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	1	1	0.675	0.675	1.35
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0	0	0	0	0
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.13	0	0	0	0	0
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	1	0.5	0.45	0.225	2.25
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.45	0.45	0.424
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.45	0.45	0.424
Bomba suministro GUV	2	2.2	0.83	2.65	5.30	1	0.5	0.75	0.375	0.707
Bomba C/D HFO	1	75	0.95	78.95	78.95	0	0	0	0	0
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	0	0	0	0	0
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0	0	0
TOTAL:					236.31	TOTAL:				5.155
12. SERVICIO DE ALUMBRADO										
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.9	0.9	10.54
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					20.038	TOTAL:				10.54
13. SERVICIO DE COLD IRONING										
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0	0	0

TOTAL:	770	TOTAL:	0
TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO NAVEGACIÓN LASTRE	102.62

6.3.3 Navegación en puerto-maniobrando

En esta situación de carga, la barcaza se supone que estará realizando maniobras de atraque y desatraque, por lo que el servicio que estará funcionando adicionalmente a los anteriores será el de amarre y fondeo, asumiendo que el buque tendrá los tanques de carga llenos.

Por lo tanto, se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de amarre y fondeo.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	1	0.5	0.17	0.08	0.80
TOTAL:					9.63	TOTAL:				0.80
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	0	0	0	0	0
TOTAL:					12.99	TOTAL:				0
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.17	0.17	0.17
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.306	2	0.67	0.17	0.11	0.22
TOTAL:					63.63	TOTAL:				0.39
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	1	0.5	0.17	0.08	8.18
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	2	0.5	0.17	0.08	13.52
TOTAL:					260.43	TOTAL:				21.70
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.17	0.17	0.83
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	0.17	0.17	0.83

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	0.17	0.17	0.17	
TOTAL:					11	TOTAL:					1.83
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.17	0.08	2.09	
Calentador	1	4	-	4	4.00	1	1	0.17	0.17	0.67	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					2.76
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.17	0.17	0.83	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.17	0.17	0.20	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.17	0.17	0.50	
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.17	0.17	0.50	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.17	0.17	0.42	
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.17	0.17	0.50	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.17	0.17	0.20	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.17	0.17	0.58	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.17	0.17	0.08	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.17	0.17	0.58	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					4.40
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
TOTAL:					30	TOTAL:					0
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28	
Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68	
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	
TOTAL:					14	TOTAL:					1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA											
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0	0	0	
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	0	0	0	0	0	
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	1	1	0.113	0.1125	0.225	
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0	0	0	0	0	
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0	
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	1	0.5	0.075	0.0375	0.375	
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0	
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.075	0.075	0.071	
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.075	0.075	0.071	
Bomba suministro GUV	2	2.2	0.83	2.65	5.30	1	0.5	0.125	0.0625	0.118	
Bomba C/D HFO	2	75	0.95	78.95	78.95	0	0	0	0	0	
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	0	0	0	0	0	
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0	0	0	
TOTAL:					236.31	TOTAL:					0.859
12. SERVICIO DE ALUMBRADO											
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.17	0.17	1.95	
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0	0.00	0.00	
TOTAL:					20.038	TOTAL:					1.95
13. SERVICIO DE COLD IRONING											
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0	0	0	
TOTAL:					770	TOTAL:					0

TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO PUERTO-MANIOBRANDO	33.865
-------------------------------	---------	---	--------

6.3.4 Operación de bunkering de LNG

Como ya se ha dicho al inicio del presente apartado, las operaciones de bunkering, es decir, suministro de combustible a flote hacia otros buques que lo demanden, se pueden clasificar según el combustible que suministren, ya que emplearán equipos y sistemas de trasiego diferentes. En esta sección se tratarán los consumidores de la barcaza correspondientes al bunkering de LNG.

Por lo tanto, se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de amarre y fondeo.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	1	0.5	0.25	0.125	1.20
TOTAL:					9.63	TOTAL:				1.20
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					12.99	TOTAL:				0.00
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.25	0.25	15.83
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.31	2	0.67	0.25	0.17	0.05
TOTAL:					63.63	TOTAL:				15.88
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	1	0.5	0.25	0.125	12.27
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	2	0.5	0.25	0.125	20.29
TOTAL:					260.43	TOTAL:				32.55
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25

Cuaderno 1: Definición de la Planta Eléctrica.

Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	0.25	0.25	0.25	
TOTAL:					11	TOTAL:					2.75
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.25	0.125	3.14	
Calentador	1	4	-	4	4.00	1	1	0.25	0.25	1.00	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					4.14
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.25	0.25	0.3	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75	
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.25	0.25	0.625	
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.25	0.25	0.3	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.25	0.25	0.875	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.25	0.25	0.125	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.25	0.25	0.875	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					6.60
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	1	1	0.25	0.25	3.75	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
TOTAL:					30	TOTAL:					3.75
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28	
Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68	
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	
TOTAL:					14	TOTAL:					1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA											
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	2	1	0.25	0.25	12.24	
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	1	1	0.25	0.25	7.50	
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	1	1	0.25	0.25	0.50	
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	1	1	0.25	0.25	0.13	
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.13	1	1	0.25	0.25	0.24	
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	2	1	0.25	0.25	2.50	
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.51	1	1	0.25	0.25	0.24	
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.51	1	1	0.25	0.25	0.24	
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.13	1	1	0.25	0.25	0.24	
Bomba suministro GUV	2	2.2	0.83	2.65	5.30	2	1	0.25	0.25	0.47	
Bomba C/D HFO	1	75	0.95	78.95	78.95	0	0	0	0	0.00	
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	0	0	0	0	0.00	
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0	0	0.00	
TOTAL:					236.31	TOTAL:					24.27
12. SERVICIO DE ALUMBRADO											
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.25	0.25	2.93	
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0	0	0	
TOTAL:					20.038	TOTAL:					2.93
13. SERVICIO DE COLD IRONING											
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0	0	0	

TOTAL:	770	TOTAL:	0
TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BUNKERING LNG	95.20

6.3.5 Operación de bunkering de HFO & LSFO

En esta sección se tratarán los consumidores de la barcaza correspondientes al bunkering de fuel oil pesado (HFO) y fuel oil con bajo contenido en azufre (LSFO), que poseen una densidad relativamente alta, por lo que la potencia de sus bombas de impulsión deberá ser mayor que en el caso del diésel y lógicamente el gas natural licuado.

Por lo tanto, se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de amarre y fondeo.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.627	1	0.5	0.25	0.125	1.20
TOTAL:					9.627	TOTAL:				1.20
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	2	1	0.25	0.25	3.25
TOTAL:					12.99	TOTAL:				3.25
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.25	0.25	15.83
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.31	2	0.67	0.25	0.17	0.05
TOTAL:					63.63	TOTAL:				15.88
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	1	0.5	0.25	0.125	12.27
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	2	0.5	0.25	0.125	20.29
TOTAL:					260.43	TOTAL:				32.55
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25

Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25	
Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	0.25	0.25	0.25	
TOTAL:					11	TOTAL:					2.75
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.25	0.125	3.14	
Calentador	1	4	-	4.00	4.00	1	1	0.25	0.25	1.00	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					4.14
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.25	0.25	0.3	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75	
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.25	0.25	0.625	
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.25	0.25	0.3	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.25	0.25	0.875	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.25	0.25	0.125	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.25	0.25	0.875	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					6.60
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	1	1	0.25	0.25	3.75	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0	
TOTAL:					30	TOTAL:					3.75
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28	

Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	
Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68	
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	
TOTAL:					14	TOTAL:					1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA											
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0.00	0.00	0.00	
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	1	1	0.25	0.25	7.50	
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	0	0	0.00	0.00	0.00	
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0	0	0.00	0.00	0.00	
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0.00	0.00	0.00	
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	1	0.5	0.25	0.13	1.25	
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.31	0.31	0.30	
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.31	0.31	0.30	
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.31	0.31	0.30	
Bomba suministro GVU	2	2.2	0.83	2.65	5.30	1	0.5	0.31	0.16	0.30	
Bomba C/D HFO	1	75	0.95	78.95	78.95	1	1	0.26	0.26	20.78	
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	0	0	0.00	0.00	0.00	
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	1	1	0.25	0.25	0.53	
TOTAL:					236.31	TOTAL:					31.24
12. SERVICIO DE ALUMBRADO											
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.25	0.25	2.93	
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0.00	0.00	0.00	
TOTAL:					20.038	TOTAL:					2.93
13. SERVICIO DE COLD IRONING											
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0	0	0	

TOTAL:	770	TOTAL:	0
TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BUNKERING HFO & LSFO	105.42

6.3.6 Operación de bunkering de MDO

En esta sección se tratarán los consumidores de la barcaza correspondientes al bunkering de diésel marino (MDO), cuyos equipos de bombeo y de trasiego tendrán una potencia intermedia, ya que su densidad es menor que la del fueloil pesado, pero mayor que la del gas natural licuado.

Por lo tanto, se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de amarre y fondeo.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.627	1	0.5	0.25	0.125	1.20
TOTAL:					9.627	TOTAL:				1.20
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	2	1	0.25	0.25	3.25
TOTAL:					12.99	TOTAL:				3.25
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.25	0.25	15.83
Ventiladores habitación	3	0.102	-	0.102	0.31	2	0.67	0.25	0.17	0.05
TOTAL:					63.63	TOTAL:				15.88
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	1	0.5	0.25	0.125	12.27
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	2	0.5	0.25	0.125	20.29
TOTAL:					260.43	TOTAL:				32.55
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	0.25	0.25	0.25
TOTAL:				11	TOTAL:				2.75	
7. SERVICIO SANITARIO										
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.25	0.125	3.14
Calentador	1	4	-	4	4.00	1	1	0.25	0.25	1.00
TOTAL:				29.11	TOTAL:				4.14	
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL										
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.25	0.25	1.25
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.25	0.25	0.3
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.25	0.25	0.625
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.25	0.25	0.75
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.25	0.25	0.3
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.25	0.25	0.875
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.25	0.25	0.125
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.25	0.25	0.875
TOTAL:				26.4	TOTAL:				6.60	
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN										
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	1	1	0.25	0.25	3.75
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0
TOTAL:				30	TOTAL:				3.75	
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN										
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28
Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08

Cuaderno 1: Definición de la Planta Eléctrica.

Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08
TOTAL:					14	TOTAL:				1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA										
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0.00	0.00	0.00
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	1	1	0.25	0.25	7.50
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	0	0	0.00	0.00	0.00
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0	0	0.00	0.00	0.00
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0.00	0.00	0.00
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	1	0.5	0.25	0.13	1.25
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.25	0.25	0.24
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.25	0.25	0.24
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.25	0.25	0.24
Bomba suministro GUV	2	2.2	0.83	2.65	5.30	1	0.5	0.25	0.13	0.24
Bomba C/D HFO	1	75	0.95	78.95	78.95	0	0	0.00	0.00	0.00
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	1	1	0.25	0.25	13.63
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL:					236.31	TOTAL:				24.23
12. SERVICIO DE ALUMBRADO										
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.25	0.25	2.93
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL:					20.038	TOTAL:				2.93
13. SERVICIO DE COLD IRONING										
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0.00	0.00	0.00
TOTAL:					770	TOTAL:				0.00

TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BUNKERING MDO	98.40
-------------------------------	---------	---------------------------------------	-------

6.3.7 Operación de cold ironing

Como ya se dijo al inicio del presente capítulo, además de las labores de bunkering, el otro gran sector de operación del buque proyecto será el aprovisionamiento de electricidad a buques fondeados fuera de las zonas portuarias. Se ha decidido dimensionar la potencia eléctrica a suministrar en unos 770 kW (ya se ha explicado anteriormente el proceso por el que se llegó a esta cifra).

Por tanto, se considerará que los servicios operativos en esta situación serán los siguientes:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio sanitario.
- Servicio HVAC.
- Servicio de amarre y fondeo.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de control y comunicaciones.
- Servicio de contención y trasiego de la carga.
- Servicio de mantenimiento y reparaciones.
- Alumbrado principal.
- Potencia eléctrica a suministrar.

Como puede observarse, los equipos operativos durante las operaciones de cold ironing serán las mismas que las necesarias para las maniobras de atraque/desatraque en puerto, pero habrá que añadirle la potencia eléctrica antes citada. Es evidente que esta será la situación con una mayor demanda de electricidad, al ser la potencia eléctrica a suministrar notablemente superior a la consumida por la barcaza en cualquiera de sus condiciones de carga.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	1	0.5	0.3	0.15	1.44
TOTAL:					9.63	TOTAL:				1.44
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					12.99	TOTAL:				0.00
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0.00
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0	0	0	0	0.00
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					82.91	TOTAL:				0.00
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	1	1	0.8	0.8	50.66
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.31	2	0.67	0.8	0.53	0.16
TOTAL:					63.63	TOTAL:				50.82
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	1	0.5	1.00	0.5	49.07
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	2	0.5	1.00	0.5	81.14
TOTAL:					260.43	TOTAL:				130.21
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.5	0.5	2.50
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	1	1	5.00

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1.00	
TOTAL:					11	TOTAL:					8.50
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	1	0.5	0.6	0.3	7.53	
Calentador	1	4	-	4	4.00	1	1	0.3	0.3	1.20	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					8.73
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	1	1	0.23	0.23	1.150	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.15	0.15	0.180	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	1	1	0.23	0.23	0.690	
Freidora	1	3	-	3	3	1	1	0.15	0.15	0.450	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	1	1	0.23	0.23	0.575	
Frigorífico	1	3	-	3	3	1	1	0.9	0.9	2.700	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	1	1	0.23	0.23	0.276	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.2	0.2	0.700	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	1	1	0.15	0.15	0.075	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.23	0.23	0.805	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					7.601
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0.00	
Grúa cables	1	15	-	15	15	1	1	0.25	0.25	3.75	
TOTAL:					30	TOTAL:					3.75
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	1	1	0.08	0.08	0.28	
Taladro	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08	

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	1	1	0.08	0.08	0.68
Rectificadora	1	1	-	1	1	1	1	0.08	0.08	0.08
TOTAL:					14	TOTAL:				1.12
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA										
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0	0	0.000
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	0	0	0	0	0.000
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	1	1	0.675	0.675	1.350
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0	0	0	0	0.000
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0.000
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	1	0.5	0.45	0.225	2.250
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0.000
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.45	0.45	0.424
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	1	1	0.45	0.45	0.424
Bomba suministro GVU	2	2.2	0.83	2.65	5.30	1	0.5	0.75	0.375	0.707
Bomba C/D HFO	1	75	0.95	78.95	78.95	0	0	0	0	0.000
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	0	0	0	0	0.000
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0	0	0.000
TOTAL:					236.31	TOTAL:				5.155
12. SERVICIO DE ALUMBRADO										
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	1	1	0.9	0.9	10.542
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0	0	0	0	0.000
TOTAL:					20.038	TOTAL:				10.542
13. SERVICIO DE COLD IRONING										
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	1	1	1	1	770

TOTAL:	770	TOTAL:	770
TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO COLD IRONING	997.88

6.3.8 Condición de emergencia

Como ya se dijo al comienzo del presente capítulo, la potencia eléctrica requerida para la condición de emergencia se dimensiona en base al SOLAS, Pt. D, Regla 43.

Para el caso de los buques de carga como el que se va a proyectar, la fuente de energía eléctrica de emergencia deberá tener capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los períodos que se especifican a los siguientes servicios:

- Durante un período de 18 h:
 - Alumbrado de emergencia.
 - Luces de navegación.
 - Instalación radioeléctrica de ondas métricas.
 - Equipos de comunicación interior.
 - Aparatos náuticos a bordo.
 - Sistema de detección de incendios y de alarma.
 - Lámpara de señales diurnas, claxon del buque, avisadores de accionamiento manual y demás señales interiores.
 - Bombas contraincendios.
 - Bomba de emergencia de achique de sentinas.
- Durante un período de 30 min:
 - Toda puerta estanca.
 - Dispositivos de emergencia que impulsan los ascensores hasta cubierta

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas y los coeficientes empleados para su cálculo, mostrando el valor total final que habrá de ser comparado con el obtenido para el resto de situaciones de carga:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	Nº ON	COEFICIENTES			POTENCIA CONSUMIDA (kW)
		P.Útil (kW)	η_{el}	P.Abs (kW)			Kn	Ksr	Ku	
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS										
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	1	0.5	0.75	0.375	3.61
TOTAL:					9.63	TOTAL:				3.61
2. SERVICIO DE LASTRE										
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					12.99	TOTAL:				0.00
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS										
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	2	1	0.75	0.75	18.84
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	1	1	0.75	0.75	36.80
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	1	1	0.75	0.75	6.54
TOTAL:					82.91	TOTAL:				62.18
4. SERVICIO HVAC										
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	0	0	0	0	0.00
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.31	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					63.63	TOTAL:				0.00
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO										
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	0	0	0	0	0.00
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					260.43	TOTAL:				0.00
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL										
Comunicación exterior	1	5	-	5	5	1	1	0.75	0.75	3.75
Comunicación interior	1	5	-	5	5	1	1	0.75	0.75	3.75

Cuaderno 1: Definición de la Planta Eléctrica.

Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

Sistema control IAS	1	1	-	1	1	1	1	0.75	0.75	0.75	
TOTAL:					11	TOTAL:					8.25
7. SERVICIO SANITARIO											
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	0	0	0	0	0.00	
Calentador	1	4	-	4	4.00	0	0	0	0	0.00	
TOTAL:					29.11	TOTAL:					0.00
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL											
Horno	1	5	-	5	5	0	0	0	0	0.00	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	0	0	0	0	0.00	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	0	0	0	0	0.00	
Freidora	1	3	-	3	3	0	0	0	0	0.00	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	0	0	0	0	0.00	
Frigorífico	1	3	-	3	3	0	0	0	0	0.00	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	0	0	0	0	0.00	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	0	0	0	0	0.00	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	0	0	0	0	0.00	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	0	0	0	0	0.00	
TOTAL:					26.4	TOTAL:					0.00
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN											
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0.00	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0	0	0	0	0.00	
TOTAL:					30	TOTAL:					0.00
10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN											
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	0	0	0	0	0.00	
Taladro	1	1	-	1	1	0	0	0	0	0.00	

Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	0	0	0	0	0.00
Rectificadora	1	1	-	1	1	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					14	TOTAL:				0.00
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA										
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0	0	0	0	0.00
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	0	0	0	0	0.00
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	0	0	0	0	0.00
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0	0	0	0	0.00
Bomba de espray	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0.00
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	0	0	0	0	0.00
Bomba vapor	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0.00
Bomba aspiración gas	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0.00
Bomba nitrógeno	1	0.75	0.796	0.94	0.94	0	0	0	0	0.00
Bomba suministro GUV	2	2.2	0.83	2.65	5.30	0	0	0	0	0.00
Bomba C/D HFO	1	75	0.95	78.95	78.95	0	0	0	0	0.00
Bomba C/D MDO	1	55	0.946	58.14	58.14	0	0	0	0	0.00
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0	0	0	0	0.00
TOTAL:					236.31	TOTAL:				0.00
12. SERVICIO DE ALUMBRADO										
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	0	0	0	0	0.00
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	1	1	0.75	0.75	6.24
TOTAL:					20.038	TOTAL:				6.24
13. SERVICIO DE COLD IRONING										
Potencia a suministrar	1	770	-	770	770	0	0	0	0	0.00

TOTAL:	770	TOTAL:	0.00
TOTAL BALANCE ELÉCTRICO BRUTO	1566.45	TOTAL BALANCE ELÉCTRICO EMERGENCIA	80.28

6.3.9 Resultados finales del balance eléctrico

Una vez estimados las potencias eléctricas individuales y globales para cada situación de carga de la barcaza, habrá que compararlas entre ellas y seleccionar la menos favorable, es decir, aquella que demande un mayor suministro eléctrico. Como ya se dijo en la sección correspondiente a las operaciones de cold ironing, ésta será con mucha diferencia la que más electricidad demande, ya que la potencia eléctrica que debe poder suministrar a otros buques es notablemente mayor que el consumo propio de la barcaza en cualquiera de las otras condiciones de carga.

En la siguiente tabla se muestran todas las potencias eléctricas de los servicios de la barcaza para cada una de las situaciones de carga antes evaluadas, mostrándose aquella potencia global que debe ser la que debe dimensionar la planta generadora de la embarcación a proyectar:

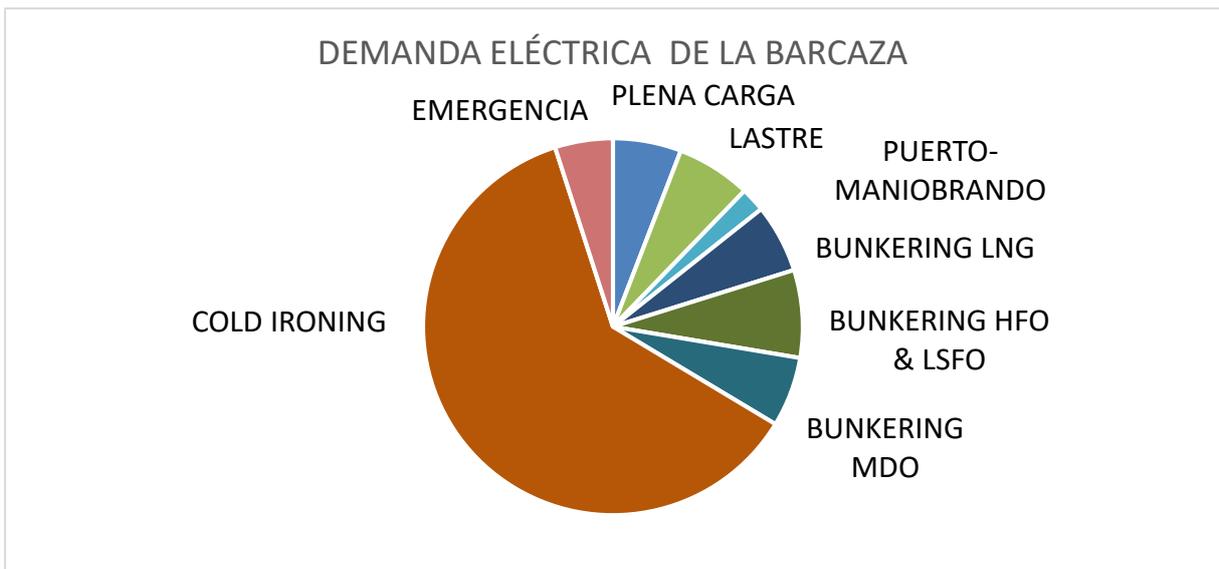
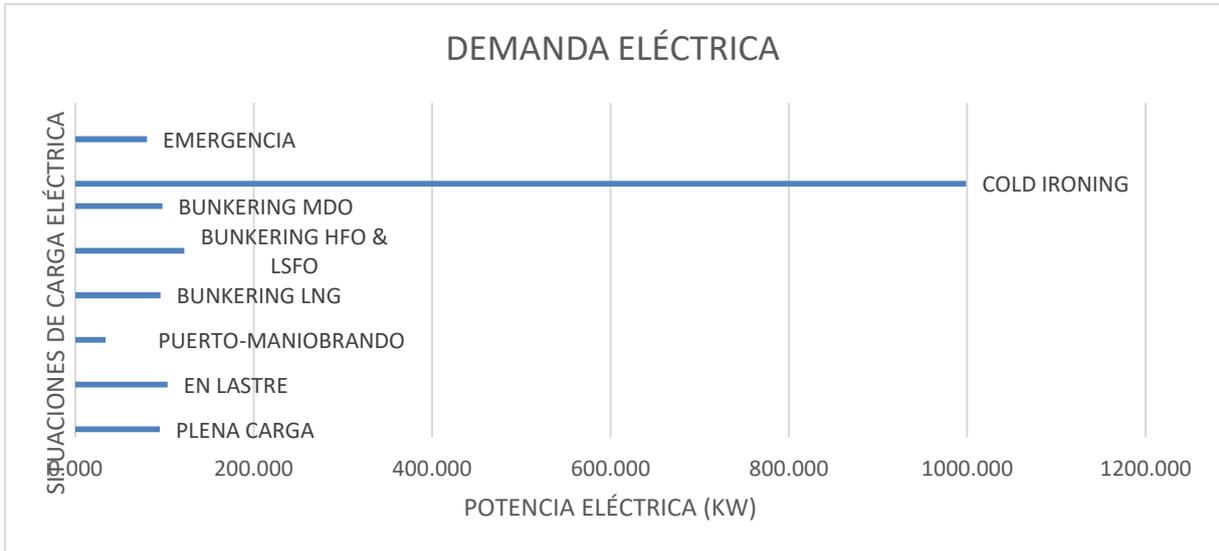
SISTEMA	NAVEGACIÓN A PLENA CARGA	NAVEGACIÓN EN LASTRE	NAVEGACIÓN PUERTO-MANIOBRANDO	OPERACIÓN BUNKERING LNG	OPERACIÓN BUNKERING HFO-LSFO	OPERACIÓN BUNKERING MDO	OPERACIÓN COLD IRONING	CONDICIÓN DE EMERGENCIA
Servicio de achique y sentinas	1.444	1.44	0.80	1.20	1.20	1.20	1.44	3.61
Servicio de lastre	0	8.701	0	0	3.25	3.25	0	0
Servicio Contraincendios	0	0	0	0	0	0	0	62.18
Servicio HVAC	50.82	50.82	0.39	15.88	15.88	15.88	50.82	0
Servicio de amarre y fondeo	0	0	21.70	32.55	32.55	32.55	130.21	0

Cuaderno 1: Definición de la Planta Eléctrica.

Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

Servicio de comunicación y control	8.5	8.5	1.83	2.75	2.75	2.75	8.50	8.25
Servicio sanitario	8.73	8.73	2.76	4.14	4.14	4.14	8.73	0
Servicio de fonda y hotel	7.601	7.601	4.40	6.60	6.60	6.60	7.601	0
Servicio de elevación	0	0	0	3.75	3.75	3.75	3.75	0
Servicio de mantenimiento y reparación	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	1.12	0
Servicio de contención y trasiego de la carga	5.155	5.155	24.23	24.27	31.24	24.23	5.155	0
Servicio de alumbrado	10.54	10.54	1.95	2.93	2.93	2.93	10.542	6.24
Potencia eléctrica a suministrar	0	0	0	0	0	0	770	0
TOTAL:	93.919	102.62	33.865	95.20	105.42	98.40	997.88	80.28

A continuación se muestran estos datos tabulados representados de forma gráfica, que aportan la relación entre las diferentes demandas eléctricas de la barcaza para cada situación de carga de una forma más visual:



7 GENERADORES

Una vez conocida la potencia requerida para cada situación de carga eléctrica y habiendo identificado la más desfavorable (operaciones de cold ironing), se procederá a dimensionar los motores generadores a partir de esta última.

Siguiendo los consejos dados en la asignatura de Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque, a esta potencia correspondiente a la situación de carga eléctrica del buque proyecto más desfavorable habrá que aplicarle un margen, además del implícito en el punto de trabajo óptimo del que se hablará más adelante, generalmente de entre un 10-20%. En el caso de la barcaza este margen es de especial importancia, ya que, como se ha explicado en el capítulo anterior, para el balance eléctrico no se ha podido tener cuenta el consumo del sistema de ventilación de las propias máquinas ni sus servicios auxiliares (bombas, compresores, baterías,...), al carecer de datos para ello. No obstante, debido a la escasa potencia eléctrica instalada a bordo (si tuviese un sistema de propulsión sería muy superior), en términos absolutos la potencia que consumirá no será de gran valor (el sistema de ventilación de los grupos electrógenos no deberá superar los 10-15 kW), por lo que se ha decidido seleccionar un margen del 10% para tener presente los consumidores no tenidos en cuenta en el balance eléctrico.

Por lo tanto, la potencia definitiva a partir de la que se dimensionará la planta eléctrica del buque será la siguiente:

$$Pot. cold ironing final = 1,1 \cdot Pot. cold ironing = 1,1 \cdot 997,88 = 1097,7 kW$$

$$Pot. bunkering HFO final = 1,1 \cdot Pot. bunkering HFO = 1,1 \cdot 105,42 = 115,96 \sim 116 kW$$

$$Pot. bunkering MDO final = 1,1 \cdot Pot. bunkering MDO = 1,1 \cdot 98,4 = 108,2 kW$$

$$Pot. bunkering LNG final = 1,1 \cdot Pot. bunkering LNG = 1,1 \cdot 95,2 = 104,7 kW$$

$$Pot. puerto - maniobrando final = 1,1 \cdot Pot. puerto - maniobrando = 1,1 \cdot 33,87 = 37,2 kW$$

$$Pot. plena carga final = 1,1 \cdot Pot. plena carga = 1,1 \cdot 93,92 = 103,3 kW$$

$$Pot. en lastre final = 1,1 \cdot Pot. en lastre = 1,1 \cdot 102,62 = 112,9 kW$$

Se debe tener muy presente que el envejecimiento de cualquier equipo o aparato industrial aumenta el consumo y las pérdidas de potencia. Es por ello que siempre se trata de evitar que trabajen las máquinas a su máxima potencia (y por lo tanto a su pleno régimen), para alargar la vida útil de las mismas y evitar de esta manera importantes pérdidas económicas.

El punto de carga óptimo de las máquinas alternativas marinas suele tomarse como del 85% del punto de carga máximo, comúnmente conocido por las siglas de su equivalente en inglés "Maximum Continuous Rate" (MCR).

Teniendo todo esto presente, se dimensionará la planta generadora de la barcaza, tanto la principal como la de emergencia.

7.1 Generadores principales

La planta generadora principal es el conjunto de máquinas instaladas a bordo del buque para producir la energía eléctrica necesaria para el correcto servicio del buque en condiciones que no sean de emergencia. A grandes rasgos, está integrada por los grupos electrógenos, que son aquellos aparatos que transforman la energía mecánica en energía eléctrica.

De acuerdo con lo establecido en el Convenio SOLAS, "Capítulo II-1: Construcción. Estructura, estabilidad e instalaciones, Parte D: Instalaciones eléctricas [8], Regla 40: Generalidades y Regla 41: Fuente de energía eléctrica principal y red de alumbrado", la barcaza a proyectar irá provista de una fuente de energía principal con suficiente capacidad como garantizar:

- Todos los servicios eléctricos auxiliares necesarios para mantener el buque en condiciones normales de funcionamiento y habitabilidad sin necesidad de recurrir a la fuente eléctrica de emergencia.
- Los servicios eléctricos esenciales para la seguridad en las diversas situaciones de emergencia.
- La seguridad de los pasajeros, de la tripulación y del buque frente a riesgos de naturaleza eléctrica.

Las RPA del proyecto estipula que a bordo de la barcaza se deberán instalar 2 grupos alimentados exclusivamente a gas y un tercero dual fuel, es decir, que puede trabajar con diésel marino, con gas natural o con una mezcla de ambos. No se especifica si estos 3 grupos son los pertenecientes a la planta generadora principal o si uno de ellos es el grupo de emergencia. Todas estas opciones deberán ser evaluadas respecto a los modelos disponibles de generadores de las características antes citadas.

En resumen, previo a la elección definitiva de la configuración de la planta de generación a bordo, habrá de tener en cuenta los siguientes factores que determinarán la posibilidad o idoneidad de cada una de las opciones evaluadas:

- Espacio disponible. En el cuaderno 7 del presente proyecto se ha decidido reservar un local en la toldilla, de un área aprox. de 120 m², una longitud de 8,4 m y una manga de 14,2 m.
- Dificultad de operación directamente proporcional al número de grupos operando en paralelo.
- Punto de trabajo óptimo (~85%MCR).

Por último, conviene tener presente el requerimiento de seguridad que especifica que, por regla general, la potencia se distribuirá en un número “n” de generadores de idéntica potencia, de manera que con “n-1” generadores se pueda suministrar el total de la misma, tal que la inoperancia de una de las unidades de a bordo no afecte al suministro eléctrico de a bordo. La instalación de un único modelo de máquina conlleva a una reducción en los costes de los recambios y de las operaciones. No obstante, una vez más las diferencias del buque proyecto y un buque convencional, que pueden resumirse en las siguientes:

- Inexistencia de medios propios de gobierno y propulsión, precisando de una embarcación auxiliar (remolcador pusher) para poder desplazarse hasta las áreas de operación.
- Grandes diferencias de consumo entre las situaciones de carga eléctrica, especialmente entre la correspondiente a las operaciones de abastecimiento eléctrico (1 MW aprox.) y el resto (0,12 MW la menos favorable de ellas).

El DNV GL [9] establece las siguientes prescripciones para la planta eléctrica en el caso de “non self-propelled units”, que sería la categoría en la que se integraría la barcaza a diseñar:

3.1.1 For barges and pontoons with a power generation plant, at least two main generator sets shall be provided. The capacity shall be sufficient to maintain the barge in normal operational conditions with any one main generator out of operation.

3.1.2 A self-contained emergency source of power shall be provided. The emergency source of power and its associated equipment shall be located on or above the freeboard deck, and independent of the main electrical power required by [3.1.1].

Como puede observarse, la sociedad de clasificación exige tener, como mínimo, 2 generadores principales, debiendo ser posible mantener con sólo uno de ellos operativo todas las condiciones operativas normales. No obstante, se deben realizar una serie de aclaraciones respecto a este punto.

La presencia constante de una embarcación auxiliar reduce enormemente los riesgos para la seguridad de la tripulación y el propio buque, no resultando tan peligroso quedarse la planta eléctrica principal inoperativa como en el caso de un buque convencional. Asimismo, la notable diferencia entre la situación de máxima demanda eléctrica y el resto origina una serie

de problemas para la aplicación del criterio de “n-1” unidades. Si se considera que con un único generador se debe poder aportar la potencia relativa al cold ironing, surge el problema de que el grupo estará enormemente sobredimensionado respecto al resto de situaciones de carga, por lo que habría tremendas ineficiencias durante la mayor parte de la vida operativa del buque proyecto. Teniendo esto presente, se ha decidido no considerar la situación de cold ironing como condición operativa normal, por lo que la potencia mínima que deberá ser capaz de aportar un generador serán los 0,12 MW mencionados anteriormente.

Esto abre 2 posibles configuraciones para la planta eléctrica:

- 2 grupos electrógenos idénticos. Cada grupo debería ser capaz de cubrir de forma conjunta los 1097,7 kW correspondientes a la situación de cold ironing y de forma individual, como mínimo, los 116 kW del bunkering de fueloil.
- 2 grupos electrógenos distintos. Se dispondrán 2 grupos de distintas potencias eléctricas. Deberá cumplir los mismos requisitos que la configuración de generadores idénticos.

La utilización de generadores de un mismo modelo es la más empleada en buques convencionales, ya que resulta más económica y simple de operar una planta eléctrica de estas características que una con generadores diferentes. No obstante, la gran diferencia de potencias eléctricas de las condiciones operativas de la barcaza provoca que esta solución no sea la más eficiente en esta ocasión, ya que una potencia equivalente a la mitad de la del cold ironing (550 kW aprox.) sigue siendo muy superior a la demandada en el resto de condiciones de carga.

Tras realizar un breve estudio de la oferta disponible y siguiendo el ejemplo del buque de referencia SamuelLNG, se ha decidido elegir la firma MTU, concretamente sus modelos de generadores de gas natural, denominados Series 400 y Series 4000. En los anexos del presente proyecto se adjuntarán los catálogos aportados por el fabricante, donde se especifican las principales características técnicas de estas máquinas.

En la siguiente figura se muestra una unidad MTU 16V-4000, no habiendo grandes diferencias entre los diferentes modelos, más allá de las dimensiones:



Teniendo presente todo lo mencionado en los anteriores párrafos, se realizará a continuación un análisis comparativo de las diferentes configuraciones de planta eléctrica ideadas por el diseñador, escogiendo como criterio de selección el régimen de trabajo de las máquinas que la integrarán, optando por aquella configuración en la que los grupos instalados trabajen en toda situación a regímenes más cercanos al 85%MCR mencionado anteriormente.

Cuaderno 1: Definición de la Planta Eléctrica.

Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

	Configuración 1		Configuración 2		Configuración 3		Configuración 4	
Modelo instalado	8V4000 GS-L33	8V4000 GS-L33	12V400 GS-E3066 LH9	12V4000 GS-L33	6R400 GS-E3066 D4	8V4000 GS-L64 FNER	6R400 GS-E3066 D4	12V4000 GS-L32
Pot. Nom (kW)	776	776	165	1287	135	999	135	1169
Cold ironing (1097.7 kW)	70.73	70.73	85.00	74.39	85.00	98.39	85.00	84.08
Bunkering HFO (116 kW)	14.95	STAND-BY	70.30	STAND-BY	85.93	STAND-BY	85.93	STAND-BY
Bunkering MDO (108.2 kW)	13.94	STAND-BY	65.58	STAND-BY	80.15	STAND-BY	80.15	STAND-BY
Bunkering LNG (104.7 kW)	13.49	STAND-BY	63.45	STAND-BY	77.56	STAND-BY	77.56	STAND-BY
Puerto-maniobrando (37.2 kW)	4.79	STAND-BY	22.55	STAND-BY	27.56	STAND-BY	27.56	STAND-BY
Plena Carga (103.3 kW)	13.31	STAND-BY	62.61	STAND-BY	76.52	STAND-BY	76.52	STAND-BY
En lastre (113 kW)	14.56	STAND-BY	68.48	STAND-BY	83.70	STAND-BY	83.70	STAND-BY

Como puede observarse, la configuración que mejor se adapta a la barcaza será la constituida por los 2 siguientes modelos:

- MTU 6R400 GS-E3066 D4.
- MTU 12V4000 GS-L32.

Cabe destacar que, bajo esta configuración, la única situación en la que la planta eléctrica principal no opera dentro del rango de regímenes de trabajo adecuados (75-90%MCR) será la de puerto maniobrando, en la que el generador de menor tamaño operaría a un ineficiente 27,56% MCR. Dada la corta duración de esta situación operativa, no se ha considerado de especial importancia. Además, en el caso de que no se considerase adecuado el empleo de la planta eléctrica principal bajo estas condiciones, se podría emplear el grupo de emergencia, que, debido a su menor tamaño, trabajaría a un régimen de trabajo más adecuado.

Las diferentes potencias que entregarán ambos grupos serán las siguientes:

	6R400 GS-E3066 D4	12V4000 GS-L32
Potencia máquina térmica	371	2747
Eficiencia eléctrica	0.364	0.426
Eficiencia total	0.914	0.895
Potencia eléctrica entregada	135	1169

7.2 Generador de emergencia

La potencia eléctrica demandada por los consumidores de la barcaza en unos 80,3 kW. Al igual que se hizo con las potencias correspondientes a las anteriores situaciones de carga, este valor deberá ser sobredimensionado, incluso, por cuestiones de seguridad, de una manera más significativa que el reducido margen del 10% aplicado anteriormente.

El convenio SOLAS, Parte D, Regla 43 establece las siguientes prescripciones básicas en relación a la fuente de energía eléctrica de emergencia en los buques de carga:

1.1 Se proveerá una fuente autónoma de energía eléctrica de emergencia.

1.2 La fuente de energía eléctrica de emergencia, el correspondiente equipo transformador, si lo hay, la fuente transitoria de energía de emergencia, el cuadro de distribución de emergencia y el cuadro de distribución de alumbrado de emergencia estarán situados por encima de la cubierta corrida más alta y tendrán acceso fácil desde la cubierta expuesta. No estarán situados a proa del mamparo de colisión, salvo que en circunstancias excepcionales lo autorice la Administración.

1.4 A condición de que se tomen medidas adecuadas para hacer seguro su funcionamiento independiente en situaciones de emergencia, en cualquier circunstancia, el generador de emergencia podrá utilizarse excepcionalmente, y durante cortos períodos, para alimentar circuitos que no sean de emergencia.

2 La energía eléctrica disponible será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia dando la consideración debida a los servicios que puedan tener que funcionar simultáneamente. Habida cuenta de las corrientes de arranque y la naturaleza transitoria de ciertas cargas, la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá capacidad para alimentar simultáneamente como mínimo y durante los periodos que se especifican los servicios siguientes, si el funcionamiento de éstos depende de una fuente de energía eléctrica:

Por otro lado, el DNV GL Pt. 5 Ch. 11 Sec. 4 establece lo siguiente en relación a la planta de emergencia en unidades carentes de medios de propulsión propia:

3.1.2 A self-contained emergency source of power shall be provided. The emergency source of power and its associated equipment shall be located on or above the freeboard deck, and independent of the main electrical power required by [3.1.1].

3.1.4 In case of failure in the main source of electrical power, the emergency source of power shall be automatically connected to the emergency switchboard unless a transitional source of power is provided. The emergency source of power shall be capable of supplying simultaneously the services listed for at least 18 hours

- emergency lighting for machinery spaces, control stations, alleyways, stairways, exits and elevators
- emergency lighting for embarkation stations on decks and over sides
- emergency lighting for stowage position(s) for firemen's outfits
- emergency lighting for helicopter landing decks
- navigation and special purpose lights and warning systems including helicopter landing lights
- general alarm and communications systems
- fire detection and alarm systems

- fire extinguishing systems.

Teniendo presentes todas estas prescripciones normativas, se ha decidido seleccionar el modelo EMFV-185 de la firma Electra Molins, capaz de entregar en su régimen de MCR una potencia de 136 kW. Se seleccionará la tipología insonorizada y automatizada, debido a la importancia de este grupo para la seguridad del buque y de sus tripulantes.

El catálogo aportado por el fabricante, en el que se especifican todas las características técnicas del grupo de emergencia, se adjuntará en los anexos al final del presente proyecto.

En cuanto a la disposición del generador de emergencia, es necesario disponerlo lo más elevado posible, ante una posible inundación por averías. Las características principales que deberá cumplir la localización de esta máquina:

- Independencia total de los demás servicios.
- Arranque por aire o por baterías. En caso de arranque por aire comprimido, se dispondrán 3 botellas, mientras que en el arranque por baterías sólo se instalará una.
- Rapidez de puesta en marcha, con un tiempo inferior a 45 s.
- Deberá alimentar a los consumidores de emergencia durante los tiempos establecidos, presentando doble alimentación.

Se dispondrá en un local adecuadamente aislado y equipado bajo la cubierta castillo.

A continuación se muestran unas imágenes del modelo escogido, presentando el aspecto tanto de la unidad abierta como de la unidad insonorizada (que será la instalada a bordo):



7.3 Pick-up y reserva de energía

Además de proporcionar la energía eléctrica necesaria para la correcta operación de los equipos y servicios consumidores del buque en cualquiera de las situaciones de carga eléctrica, los grupos electrógenos principales también deberán poseer una serie de potencias de reserva, de tal forma que presenten un margen ante posibles eventualidades que demanden potencias eléctricas no tenidas en consideración en el balance eléctrico.

Dentro de esta potencia eléctrica de reserva se pueden identificar a su vez 2 tipologías:

- Potencia pick-up. Esta es la potencia no consumida por los generadores operativos. Si estos grupos están operando a su régimen óptimo, la potencia pick-up disponible debería ser de en torno al 20-25% del MCR de la máquina, aunque, como se ha podido observar en la tabla de las posibles configuraciones de la planta eléctrica, no siempre es posible tener a los grupos operando en estas condiciones.
- Potencia stand-by. Esta es la potencia disponible en los generadores no operativos. Será equivalente a la potencia eléctrica máxima que puede aportar el grupo electrógeno que se halle en estas circunstancias.

En el caso de la barcaza, salvo en las operaciones de cold ironing, siempre se dispondrá de toda la potencia stand-by del generador de mayores dimensiones, mientras que el menor operará en todo el resto de situaciones dentro del margen de regímenes óptimos de la máquina, salvo en el caso de las operaciones de aproximación a puerto y atraque y desatraque, en las que funcionará muy por debajo de su capacidad, por lo que presentará una potencia pick-up disponible muy considerable.

Operación	POTENCIA PICK-UP DISPONIBLE (%MCR)						
	Cold ironing	Bunkering HFO	Bunkering MDO	Bunkering LNG	Puerto-maniobrand o	Plena Carga	En lastre
Pot. Demandada (kW)	1097.7	116	108.2	104.7	37.2	103.3	113
6R400 GS-E3066 D4	15.00 (20.25 kW)	14.07 (19.00 kW)	19.85 (26.80 kW)	22.44 (30.29 kW)	72.44 (97.80 kW)	23.48 (31.70 kW)	16.30 (22.00 kW)
12V4000 GS-L32	15.92 (186.10 kW)	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY
RESERVA (%TOTAL)	15.82	1.46	2.06	2.32	7.5	2.43	1.69
POTENCIA (KW)	206.30	19.00	26.80	30.29	97.80	31.70	22.00

Operación	POTENCIA STAND-BY DISPONIBLE (%MCR)						
	Cold ironing	Bunkering HFO	Bunkering MDO	Bunkering LNG	Puerto-maniobrand o	Plena Carga	En lastre
Pot. Demandada (kW)	1097.7	116	108.2	104.7	37.2	103.3	113
6R400 GS-E3066 D4	-	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
12V4000 GS-L32	-	-	-	-	-	-	-
RESERVA (%TOTAL)	0.00	89.65	89.65	89.65	89.65	89.65	89.65
POTENCIA (KW)	0.00	1169	1169	1169	1169	1169	1169

8 CABLEADO

En este capítulo se tratará de definir el sistema de cables que servirá para transmitir la energía eléctrica desde los generadores hasta los diferentes puntos del buque en los que sea requerida.

El cableado eléctrico de la barcaza estará integrado por los siguientes elementos:

- Conductor. Cobre recocido clase 2, IEC 60228.
- Aislamiento. Polietileno reticulado libre de alógenos (XLPE), IEC 60092-351.
- Recubrimiento interno. Poliolefina termoplástica, libre de alógenos.
- Recubrimiento exterior. Poliolefina termoplástica, libre de alógenos (SHF1), IEC 60092-359.

El aislamiento es la envoltura aislante aplicada sobre el conductor y que cumple la función de evitar posibles transmisiones de energía eléctrica desde el conductor por la que circula al entorno del mismo. El espesor del aislamiento se estimará de acuerdo con la tensión de utilización y con lo requerido por la normativa aplicable. El polietileno reticulado (XLPE) es un material termoestable, que presenta deformación reducida con la temperatura. Tiene propiedades mecánicas y eléctricas muy favorables, pudiendo emplearse como aislantes de conductores con espesores muy inferiores a los equivalentes con el etileno reticulado.

Admite elevadas temperaturas (90 °C) y sus aislamiento podrá soportar hasta 10°C más. Si los cables están a la intemperie o en locales de gran humedad, deberán ir provistos de recubrimientos estancos o impermeables.

Para el dimensionamiento del cableado eléctrico, se empleará la formulación recogida en la siguiente tabla [10]:

Type of switchboard cubicle	Rated current [kA]	Legend
Alternator incoming	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Grid})$	P_r : Rated power of alternator [kWe] U_r : Rated voltage [V] $\cos \varphi$: Power factor of the network (typically = 0.9)
Transformer outgoing	$S_r / (\sqrt{3} * U_r)$	S_r : Apparent power of transformer [kVA] U_r : Rated voltage [V]
Motor outgoing (Induction motor controlled by a PWM-converter)	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Converter} * \eta_{Motor} * \eta_{Converter})$	P_r : Rated power of motor [kWe] U_r : Rated voltage [V] $\cos \varphi$: Power factor converter (typically = 0.95) η_{Motor} : typically = 0.96 $\eta_{Converter}$: typically = 0.97
Motor outgoing (Induction motor started: DoL, Y/ Δ , Soft-Starter)	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Motor} * \eta_{Motor})$	P_r : Rated power of motor [kWe] U_r : Rated voltage [V] $\cos \varphi$: Power factor motor (typically = 0.85...0.90) η_{Motor} : typically = 0.96

Seguindo las indicaciones del fabricante de la maquinaria escogida, los generadores del buque operarán a una tensión de 400 V. Una vez conocido el voltaje a la que operará la planta eléctrica, se puede obtener el poder de corte que deberán poseer los interruptores a partir de los datos de la siguiente tabla:

Total installed alternator power	Voltage	Breaking capacity of CB
< 10 – 12 MWe (and: Single propulsion motor < 3,5 MW)	440 V	100 kA
< 13 – 15 MWe (and: Single propulsion motor < 4,5 MW)	690 V	100 kA
< 48 MWe	6600 V	30 kA
< 130 MWe	11000 V	50 kA

Por lo tanto, como ambos generadores están muy por debajo de los 10 MW (uno es de 0,135 MW y el otro de 1,169 MW), el poder de corte que deberán poseer los interruptores asociados a los mismos deberá de ser de 100 kA.

Para el dimensionamiento de la sección transversal del cableado se emplearán los datos normalizados que aporta la norma UNE 21-135-83. Generalmente, por temas de espacio disponible, se trata de instalar a bordo de buques cables de sección máxima de 120 mm². Cuando más de 6 cables formen parte de un mismo circuito, es decir, funcionando bajo la misma carga, y están agrupados o colocados juntos, de forma que el aire no circule libremente a su alrededor, se aplicará un factor de corrección de 0,85 a los valores de corriente aportados por la normativa.

Table 5 Rating of cables with copper conductors and temperature class 90°C

Nominal cross-section [mm ²]	Current rating [A] (Based on ambient temperature 45°C)					
	Single-core		2-core		3 or 4-core	
1	18		15		13	
1.5	23		20		16	
2.5	30		26		21	
4	40		34		28	
6	52		44		36	
10	72		61		50	
16	96		82		67	
25	127		108		89	
35	157		133		110	
50	196		167		137	
70	242		206		169	
95	293		249		205	
120	339		288		237	
150	389		331		272	
185	444		377		311	
240	522		444		365	
300	601		511		421	
	DC	AC	DC	AC	DC	AC
400	690	670	587	570	483	469
500	780	720	663	612	546	504
600	890	780	757	663	623	546

El proceso de dimensionamiento del cableado de la barcaza será el siguiente:

- En primer lugar se calculará la intensidad total absorbida por la instalación de la barcaza, asumiendo como factor de potencia o coseno de phi un valor normalizado de 0,90.

- Una vez conocida la intensidad de corriente requerida por la planta eléctrica se elegirá en función de la misma una de las secciones normalizadas de la tabla superior. Teniendo presente que la sección máxima debe ser de 120 mm², se decidirá el número de cables en los que subdividirá la corriente aportada por cada generador.
- Una vez seleccionada una de las secciones normalizadas aportadas por la normativa UNE, se debe comprobar que ésta sea suficiente para que la caída de la tensión entre las barras de cuadro principal o de emergencia y cualquier punto de la instalación, cuando los conductores estén transportando la máxima corriente en condiciones normales, no exceda en más del 6% de la tensión nominal.

El DNV GL, en el capítulo de su reglamento dedicado a las instalaciones eléctricas, establece una serie de valores mínimos para la sección de los cables eléctricos de sus buques, dependiendo de la tensión de la corriente que circula por ellos:

2.3.2 Conductor cross section

- a) Conductor cross sections shall be based on the rating of the over current and short circuit protection used. However the minimum cross section shall be:
- 0.5 mm² for 250 V for cables and switchboard wires for control and instrumentation
 - 1.0 mm² for power circuit switchboard wires
 - 1.0 mm² for 0.6/1 kV power cables with the following exceptions: 0.75 mm² may be used for flexible cables supplying portable consumers in accommodation spaces, and also for internal wiring of lighting fittings, provided that the full load current is a maximum of 6 A and that the circuit's short circuit protection is rated at a maximum of 10 A
 - 10 mm² for 1.8/3 and 3.6/6 kV cables
 - 16 mm² and upwards for 6/10 kV cables. (For higher voltage see Table 6).
 - 50 mm² for cables with aluminum conductors for 0,6/1 kV and 1,8/3kV and high voltages up to and including 18/30kV.

Por lo tanto, en el caso del cableado eléctrico de la barcaza se tendrán las siguientes secciones mínimas:

- 400 V = 1 mm²
- 230 V = 0,5 mm²
- 6600 V = 16 mm²

Para la estimación de la caída de tensión a lo largo del cableado seleccionado, se empleará la siguiente expresión:

$$\frac{\Delta V}{V} = \frac{P \cdot R}{V^2} \cdot 100 = \frac{P \cdot l}{V^2 \cdot \gamma \cdot S} \cdot 100 \text{ (\% de } V)$$

Siendo:

- P = Potencia del equipo (kW).
- l = Longitud del cable (m).
- V = Tensión de línea (V).
- γ = Conductividad eléctrica (44 para XLPE).
- S = Sección del cable (mm²).

La potencia de los equipos y servicios alimentados con energía eléctrica será la estimada al comienzo del presente cuaderno. La tensión de línea será de 400 V para todos los equipos y servicios de la barcaza, salvo los de comunicación y control y el alumbrado, que será de 240 V, y el de cold ironing, que será de 6600 V. Por último, la sección del cable será la seleccionada a partir de los datos de la tabla aportada en la página anterior, mientras que la longitud de los cables se estimará a partir de la localización de los diferentes servicios, realizada en el cuaderno 12 del presente proyecto.

A continuación se muestra este proceso aplicado al buque proyecto:

SERVICIO	UNIDADES INSTALADAS	POTENCIA UNITARIA			POTENCIA TOTAL (kW)	CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO XLPE						CAÍDA TENSIÓN	
		P.Útil (kW)	ηel	P.Abs (kW)		cos phi	I abs (A)	Num cables	Sección cables	I adm (A)	Tipo	long (m)	ΔV/V (%)
1. SERVICIO DE ACHIQUE Y SENTINAS													
Bomba de sentinas	2	4	0.831	4.81	9.63	0.9	3.86	1	1	13	Tripolar	7	0.001
2. SERVICIO DE LASTRE													
Bomba de lastre	2	5.5	0.847	6.49	12.99	0.9	10.41	1	1	13	Tripolar	7	0.001
3. SERVICIO CONTRAINCENDIOS													
Bomba CI interior	2	11	0.876	12.56	25.11	0.9	20.14	1	2.5	21	Tripolar	10	0.001
Bomba CI carga	1	45	0.917	49.07	49.07	0.9	78.70	1	25	89	Tripolar	10	0.000
Bomba CI de emergencia	1	7.5	0.86	8.72	8.72	0.9	14.0	1	1.5	16	Tripolar	10	0.001
4. SERVICIO HVAC													
Sistema HVAC	1	52.75	0.833	63.33	63.33	0.9	101.56	2	16	67	Tripolar	50	0.001
Ventiladores habilitación	3	0.102	-	0.102	0.306	0.9	0.16	1	1	13	Tripolar	50	0.000
5. SERVICIO DE AMARRE Y FONDEO													
Molinete	2	45	0.917	49.07	98.15	0.9	78.70	2	10	50	Tripolar	55	0.003
Chigre de amarre	4	37	0.912	40.57	162.28	0.9	65.06	2	6	36	Tripolar	55	0.004
6. SERVICIO DE COMUNICACIÓN Y CONTROL													

Comunicación exterior	1	5	-	5	5	0.9	8.02	1	1	13	Tripolar	10	0.003	
Comunicación interior	1	5	-	5	5	0.9	8.02	1	1	13	Tripolar	10	0.003	
Sistema control IAS	1	1	-	1	1	0.9	1.60	1	1	13	Tripolar	10	0.001	
7. SERVICIO SANITARIO														
Bomba suministro	2	11	0.876	12.56	25.11	0.9	20.14	1	2.5	21	Tripolar	7	0.001	
Calentador	1	4	-	4	4.00	0.9	6.42	1	1	13	Tripolar	45	0.004	
8. SERVICIO DE FONDA Y HOTEL														
Horno	1	5	-	5	5	0.9	8.019	1	1	13	Tripolar	50	0.006	
Microondas	1	1.2	-	1.2	1.2	0.9	1.925	1	1	13	Tripolar	50	0.001	
Plancha cocina	1	3	-	3	3	0.9	4.811	1	1	13	Tripolar	50	0.003	
Freidora	1	3	-	3	3	0.9	4.811	1	1	13	Tripolar	50	0.003	
Lavavajillas	1	2.5	-	2.5	2.5	0.9	4.009	1	1	13	Tripolar	50	0.003	
Frigorífico	1	3	-	3	3	0.9	4.811	1	1	13	Tripolar	50	0.003	
Campana extractora	1	1.2	-	1.2	1.2	0.9	1.925	1	1	13	Tripolar	50	0.001	
Secadora	1	3.5	-	3.5	3.5	0.9	5.613	1	1	13	Tripolar	50	0.004	
Plancha ropa	1	0.5	-	0.5	0.5	0.9	0.802	1	1	13	Tripolar	50	0.001	
Lavadora	1	3.5	-	3.5	3.5	0.9	5.613	1	1	13	Tripolar	50	0.004	
9. SERVICIO DE ELEVACIÓN														
Grúa mangueras	1	15	-	15	15	0.9	24.06	1	4	28	Tripolar	31	0.003	
Grúa cables	1	15	-	15	15	0.9	24.06	1	4	28	Tripolar	31	0.003	

10. SERVICIO DE MANTENIMIENTO Y REPARACIÓN													
Torno	1	3.5	-	3.5	3.5	0.9	5.61	1	1	13	Tripolar	50	0.004
Taladro	1	1	-	1	1	0.9	1.60	1	1	13	Tripolar	50	0.001
Equipo de soldadura	1	8.5	-	8.5	8.5	0.9	13.63	1	1.5	16	Tripolar	50	0.006
Rectificadora	1	1	-	1	1	0.9	1.60	1	1	13	Tripolar	50	0.001
11. SERVICIO DE CONTENCIÓN Y TRASIEGO DE LA CARGA													
Bombas C/D LNG	2	22	0.899	24.47	48.94	0.9	39.25	1	10	50	Tripolar	20	0.001
Compresor LD	1	30	-	30.00	30.00	0.9	48.11	1	10	50	Tripolar	10	0.001
Vaporizador LNG	1	2	-	2.00	2.00	0.9	3.21	1	1	13	Tripolar	10	0.000
Vaporizador forzado	1	0.5	-	0.50	0.50	0.9	0.80	1	1	13	Tripolar	10	0.000
Bomba de espray	1	0.1	0.78	0.13	0.13	0.9	0.21	1	1	13	Tripolar	10	0.000
Calentador boil-off	2	5	-	5.00	10.00	0.9	8.02	1	1	13	Tripolar	10	0.001
Bomba vapor	1	0.4	0.78	0.51	0.51	0.9	0.82	1	1	13	Tripolar	10	0.000
Bomba aspiración gas	1	0.4	0.78	0.51	0.51	0.9	0.82	1	1	13	Tripolar	10	0.000
Bomba nitrógeno	1	0.1	0.78	0.13	0.13	0.9	0.21	1	1	13	Tripolar	10	0.000
Bomba suministro GVU	2	2.2	0.83	2.65	5.30	0.9	4.25	1	1	13	Tripolar	5	0.000

Cuaderno 1: Definición de la Planta Eléctrica.

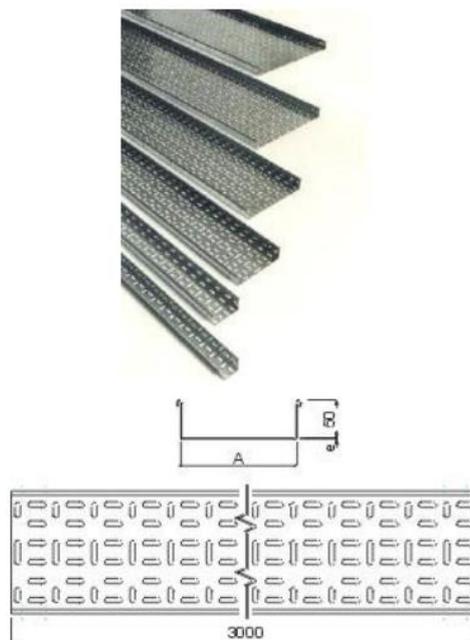
Julio Elías Sánchez. Barcaza Bunkering Multiproducto y Cold Ironing. Proyecto 19-99.

Bomba C/D HFO	1	66	0.935	70.59	70.59	0.9	113.21	2	16	67	Tripolar	7	0.000	
Bomba C/D MDO	1	50	0.917	54.53	54.53	0.9	87.45	2	10	50	Tripolar	7	0.000	
Calefacción HFO	1	2.13	-	2.13	2.13	0.9	3.42	1	1	13	Tripolar	30	0.001	
12. SERVICIO DE ALUMBRADO														
Alumbrado principal	1	11.713	-	11.713	11.713	0.9	18.78	1	2.5	21	Tripolar	110	0.033	
Alumbrado de emergencia	1	8.325	-	8.325	8.325	0.9	13.35	1	1.5	16	Tripolar	80	0.028	
13. SERVICIO DE COLD IRONING														
Sistema de suministro eléctrico	1	770	-	770	770	0.9	74.84	1	25	89	Tripolar	20	3.12387E-06	

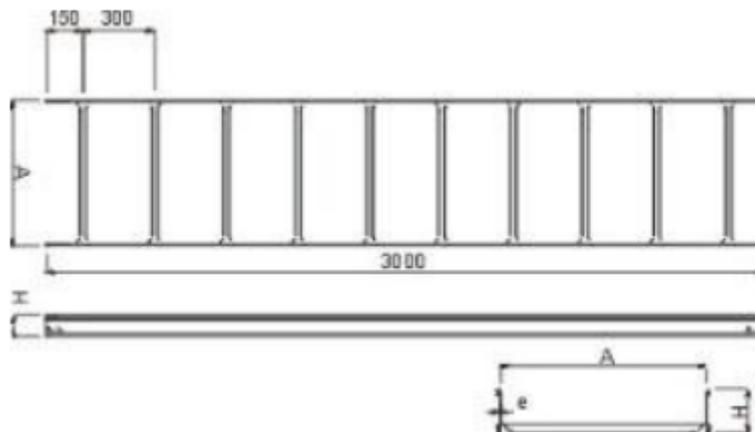
Una vez dimensionados los cables que distribuirán la energía eléctrica demandada por los diferentes consumidores de la barcaza, se hará una breve mención a la canalización del sistema de cableado eléctrico a través de los diferentes espacios del buque, ya que, por razones de seguridad y operatividad, no podrán disponerse de cualquier forma, sino que deberán estar agrupados, protegidos y distribuidos de una manera concreta, acorde con la normativa IEC-60364:

- **Canalización fijada a pared.** Canalización dispuesta en la superficie de un mamparo o en su proximidad inmediata; el mamparo constituye en este caso un medio de fijación y, eventualmente, un medio de protección.
- **Electrocanal.** Envoltente cerrada, provista de una tapa amovible, y destinada a la protección completa de conductores aislados o cables, así como a la instalación de otro equipamiento eléctrico. Un canal puede tener o no tener separadores.
- **Canal de cables.** Recinto situado encima o dentro del suelo, o por encima o dentro de la cubierta, abierto, ventilado o cerrado, que presenta unas dimensiones tales que no permiten la circulación de las personas a través de él, pero en el cual las canalizaciones son accesibles en todo su recorrido, durante y después su instalación.
- **Bandeja de cables.** Soporte constituido por una base continua, con paredes laterales y sin tapa. Puede ser o no ser perforada.
- **Caño o conducto de sección circular.** Envoltente cerrada, de sección circular, destinada a la instalación o el reemplazo de conductores aislados o cables mediante enhebrado.
- **Conducto de sección no circular.** Envoltente cerrada, de sección no circular, destinada a la instalación o el reemplazo de conductores aislados o cables mediante enhebrado.

En las siguientes figuras se muestra varios modelos de bandejas de cables perforadas y de escalera, muy similares a la que podrían ser empleadas en el buque proyecto:



CODIGO	A	H	esp STD	esp (Pesada)
TRP-50-Z	50	50	0.89	1.6
TRP-100-Z	100	50	0.89	1.6
TRP-150-Z	150	50	0.89	1.6
TRP-200-Z	200	50	0.89	1.6
TRP-250-Z	250	50	0.89	1.6
TRP-300-Z	300	50	0.89	1.6
TRP-450-Z	450	50	1.24	1.6
TRP-600-Z	600	50	1.24	1.6



CODIGO	esp.de travesaños	A	H
TRL-150	1.6	150	92
TRL-300	1.6	300	92
TRL-450	2.1	450	92
TRL-600	2.1	600	92
TRL-150-H	1.6	150	64
TRL-300-H	1.6	300	64
TRL-450-H	1.6	450	64
TRL-600-H	1.6	600	64

9 OTROS COMPONENTES DE LA PLANTA ELÉCTRICA

En el presente capítulo se enunciarán, describirán y dimensionarán los componentes que integran la planta eléctrica que todavía no han sido definidos.

9.1 Transformadores

Los transformadores de tensión serán necesarios a bordo para aquellos sistemas y equipos cuyo funcionamiento se produzca a tensiones inferiores a los 400 V nominales a los que trabajarán los grupos electrógenos. También serán requeridos para elevar la tensión de la energía eléctrica a suministrar a otros buques hasta los 6,6 kV, ya que, como ya se explicó al comienzo del presente cuaderno, cuanto mayor sea la tensión de la corriente menor será la sección de cable requerida.

Teniendo presente todo lo dicho en el anterior párrafo, a bordo de la barcaza se dispondrá 4 transformadores, un par de ellos para elevar la tensión y el otro para reducirla, que operarán en paralelo, siguiendo las directrices de la IEC 60092-303:

- 2 transformadores 400 V/6,6 kV, a 50 Hz.
- 2 transformadores 400 V/230 V, a 50 Hz.

Estos equipos transformadores de tensión deben ser de tipo marino, protegidos contra goteo y salpicaduras de agua de mar, debiendo disponer de ventilación natural.

9.2 Convertidores de frecuencia

Un convertidor de frecuencia, también conocido como variador de frecuencia, driver de frecuencia ajustable (AFD) o variador de velocidad, es un regulador industrial que se sitúa entre la alimentación energética y el motor eléctrico al que debe alimentar.

La energía eléctrica pasa por el variador y la regula antes de que ésta llegue al motor, para luego ajustar la frecuencia y la tensión en función de los requisitos de la instalación eléctrica.

9.3 Rectificadores e inversores de corriente

Un rectificador es un dispositivo electrónico que permite convertir la corriente alterna en corriente continua. Un inversor de corriente es un dispositivo electrónico que permite transformar una tensión de entrada de corriente continua a una tensión simétrica de salida (sinodal, cuadrada o triangular) de corriente alterna.

Estos últimos equipos son especialmente útiles en la alimentación de equipos esenciales que funcionen con corriente alterna a partir de la potencia eléctrica almacenada en baterías recargables, en caso de fallo de la planta generadora principal.

9.4 Cuadros de distribución

El sistema eléctrico de la barcaza se dividirá en un cuadro principal y otro de emergencia.

El cuadro principal será aquél que recibe directamente la potencia de los generadores y puede acoplarlos, permitiendo que estos funcionen en paralelo.

Tendrá los siguientes objetivos:

- Alojarse los dispositivos necesarios para el acoplamiento de los alternadores.
- Alojarse los dispositivos de protección de los alternadores.
- Distribuir la corriente eléctrica hacia los distintos servicios de la barcaza.

El generador de emergencia irá situado en un local de la cubierta principal especialmente destinado a tal efecto. El accionamiento de los circuitos de emergencia se podrá realizar por el cuadro principal, pero siempre pasando por el cuadro de emergencia.

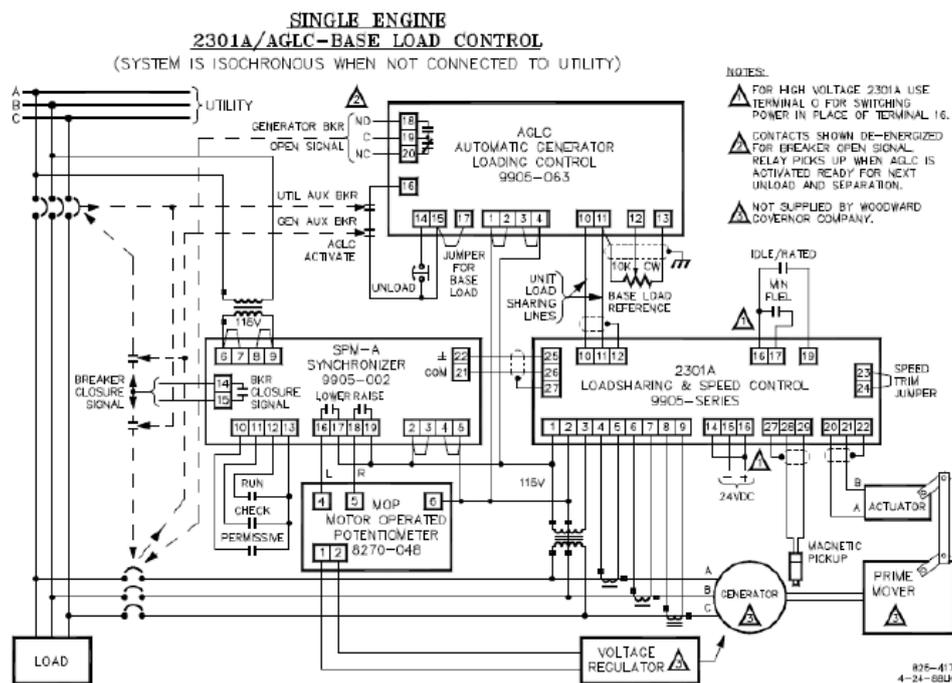
Se instalarán tomas de corriente para permitir que el sistema eléctrico sea alimentado desde tierra, con un panel de emergencia a cada banda del buque.

Todos los cuadros de distribución trabajarán a una frecuencia de 50 Hz y a las siguientes tensiones:

- 240 V.
- 400 V.
- 6600 V.

9.5 Control de la planta eléctrica

En la siguiente figura se muestra el sistema de control de un grupo electrógeno completamente automatizado, similar al que se instalará a bordo del buque proyecto:



Como puede observarse, dentro del sistema de control se pueden identificar 3 tarjetas de control distintas, cumpliendo cada una de ellas una función diferente, pero debiendo trabajar de una forma conjunta y sincronizada. De esta manera, cuando la planta eléctrica demande más carga, éstas responderán acelerando el régimen de trabajo del grupo o conectando una o más unidades en paralelo si fuera necesario.

Estos 3 dispositivos de control son:

- Tarjeta de control automático de carga del generador.
- Tarjeta de control de velocidad y distribución de la carga.
- Tarjeta electrónica de sincronización.

A continuación, se va a describir brevemente cada una de estas 3 tarjetas, sus características y la función que ejercen.

9.5.1 Tarjeta de control automático de carga del generador

El control automático de carga del generador (AGLC) está diseñado para trabajar junto con otra tarjeta como es la de control de velocidad y reparto de la carga.

La tarjeta controla automáticamente la conexión y desconexión de un grupo electrógeno. El controlador realiza una transferencia sin problemas al conectar en paralelo un grupo electrógeno a un sistema de carga distribuida de tal manera que también realiza un desacople

9.5.3 Tarjeta electrónica de sincronización

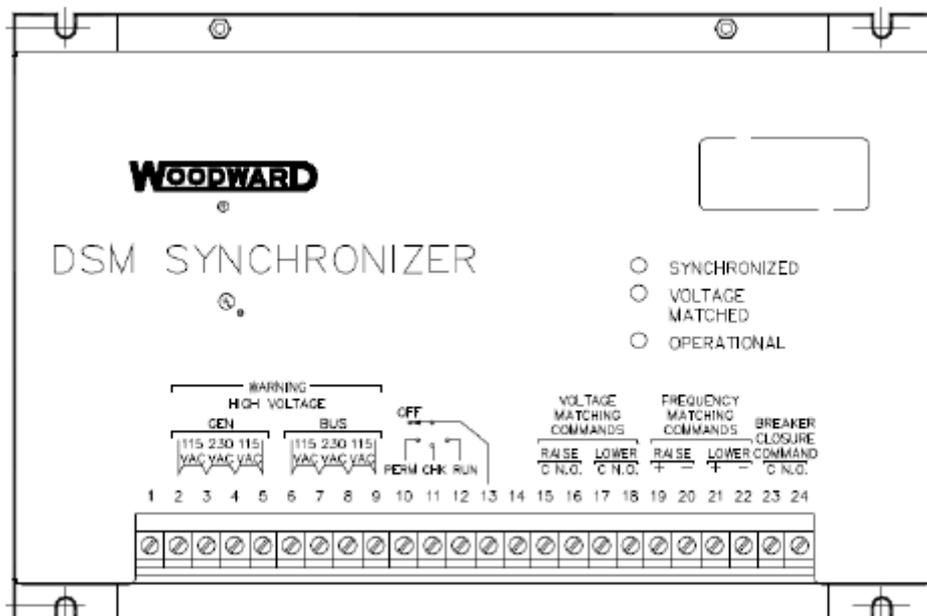
Como su propio nombre indica, este dispositivo tiene la función de sincronizar y coordinar las otras tarjetas, mandándoles las órdenes que correspondan en cada situación.

Cuando el grupo electrógeno está trabajando, la energía que se suministra a la red debe tener una frecuencia y una tensión dadas. Además, cuando la demanda de la línea del sistema es alta, es preciso conectar varios grupos electrógenos y es aquí cuando hay que tener un especial cuidado con la sincronización de la electricidad generada por ambos grupos. Ambos generadores si están conectados a la misma línea de sistema, deberán mandar la corriente al mismo voltaje y frecuencia. La tarjeta de sincronización a través de los datos recogidos por distintos sistemas manda órdenes a la tarjeta de control de velocidad para decirle si tiene que acelerar o frenar el grupo. Para que estos modos funcionen, hay que tenerlos conectados también al modo off.

La tarjeta de sincronización presenta 4 modos de operación:

- CHECK. Se emplea para probar el sincronizador. Este modo emitirá órdenes de subir o bajar la velocidad hasta que la frecuencia coincida con la especificada por los mandos de control.
- RUN. Realiza las mismas operaciones que el modo CHECK, pero, en este caso, una vez sincronizada se cierra el circuito.
- PERMISIVE. Monitoriza tanto la línea como el grupo y permite su sincronización en caso de que sea posible, no regula la velocidad.
- OFF. Cuando la tarjeta opera en este modo, el sincronizador funcionara como un monitor, mostrando la frecuencia, la tensión (tanto la del grupo como la de línea), pero no ajustará la velocidad.

En la figura siguiente se puede observar un modelo real de este tipo de tarjeta:



9.6 Protección de la planta eléctrica

Todos los receptores pueden sufrir accidentes de diversa índole [11]:

- De origen eléctrico.
 - Sobretensión, caída de tensión, desequilibrio o ausencia de fases que provocan un aumento de la corriente absorbida.
 - Cortocircuitos cuya intensidad puede superar el poder de corte del contactor.
- De origen mecánico. Calado del rotor, sobrecarga momentánea o prolongada que provocan un aumento de la corriente que absorbe el motor, haciendo que los bobinados se calienten peligrosamente.

Con el fin de que dichos accidentes no dañen los componentes ni perturben la red de alimentación, todos los arrancadores deben incluir obligatoriamente:

- Protección contra los cortocircuitos, para detectar y cortar lo antes posible las corrientes anómalas superiores a $10I_n$.
- Protección contra las sobrecargas, para detectar los aumentos de corriente hasta $10I_n$ y cortar el arranque antes de que el recalentamiento del motor y de los conductores dañe los aislantes.

Si es necesario, se pueden añadir protecciones complementarias como el control de fallos de aislamiento, de inversión de fases, de temperatura de los bobinados, etc.

La protección corresponde a:

- Aparatos específicos. Tales como los interruptores automáticos o disyuntores, seccionadores bajo carga, relés de protección y relés de medida, etc.
- Funciones específicas integradas en los aparatos de funciones múltiples, tales como los guardamotores, los interruptores de potencia, etc.

A continuación, se tratará una serie de elementos de protección del alternador, viendo su funcionamiento básico, así como sus características principales y curvas de funcionamiento.

La característica que rige los aparatos de protección y control de los equipos eléctricos es el poder de corte, que puede definirse como el valor máximo estimado de corriente de cortocircuito que puede interrumpir un disyuntor o interruptor automático con una tensión y en unas condiciones determinadas. Se expresa en kiloamperios eficaces simétricos.

Los principales dispositivos de protección, control y maniobra de cualquier instalación eléctrica son los siguientes:

9.6.1 Seccionador

El seccionador es un aparato mecánico de conexión que en posición abierta cumple las prescripciones específicas para la función de seccionamiento (norma IEC 947-3). Asegura en posición abierta, una distancia de aislamiento segura. La velocidad de cierre y de apertura depende de la rapidez de accionamiento del operario. Por tanto, el seccionador es un aparato de "ruptura lenta" que nunca debe emplearse con carga, para evitar la posibilidad de un arco eléctrico.

También existen los seccionadores bajo carga o interruptores seccionadores, denominados así debido a que puedan cortar bajo carga. Pueden llevar un fusible incorporado, que actuaría ante cortocircuitos, denominándose en este caso rupto-fusibles.



figura 16: seccionadores de baja tensión.

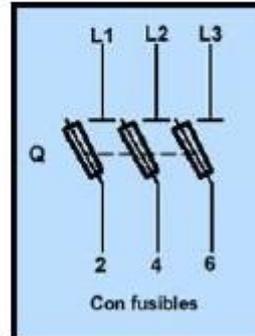


figura 18: seccionador con fusible

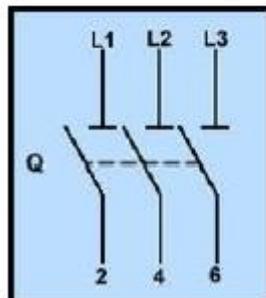


figura 17: esquema de un seccionador sin fusible.

9.6.2 Fusibles

El fusible es un elemento empleado para proteger dispositivos eléctricos y electrónicos. Este dispositivo permite el paso de la corriente mientras ésta no exceda un valor establecido.

Se puede clasificar según su uso de acuerdo con la norma IEC 60269-1, esta clasificación viene dada por 2 letras, la primera de ellas minúscula y la segunda mayúscula.

La letra minúscula clasifica los fusibles en:

- Clase "g". Actúa tanto en condiciones de corrientes de cortocircuito como de sobrecarga.
- Clase "a". Actúa sólo en presencia de corrientes de cortocircuito.

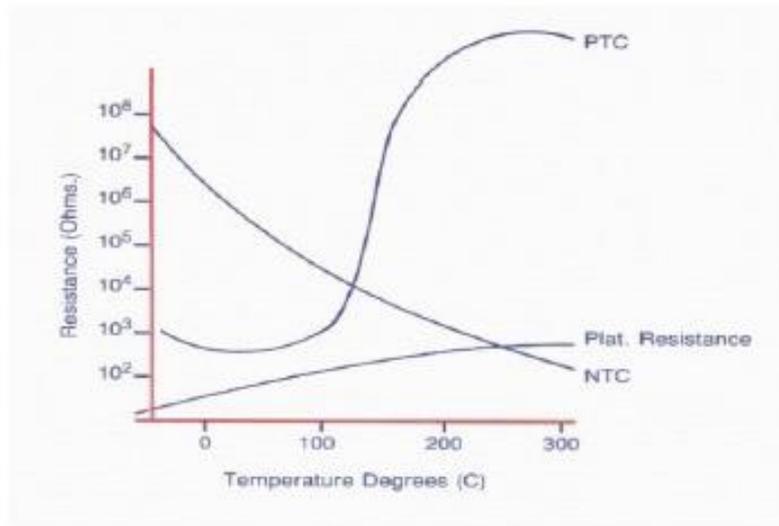
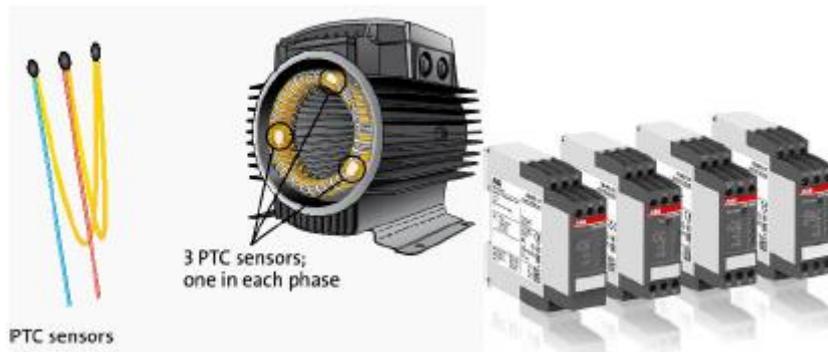
La letra mayúscula clasifica los fusibles en:

- Clase "L". Protección de líneas y cables.
- Clase "G". Protección de circuitos eléctricos de uso general.
- Clase "M". Protección específica de aparatos.
- Clase "R". Protección de semiconductores.
- Clase "B". Protección de instalaciones.

9.6.3 Sondas PTC

A la hora de proteger motores contra el sobrecalentamiento es de muy común el uso de termistores PTC. La temperatura que miden es la del bobinado interior del motor. Los PTC son elementos en los que la resistencia es directamente proporcional al aumento de la temperatura.

Los dispositivos de protección PTC suelen ir montados junto con un relé térmico.



9.6.4 Relé térmico

Es un dispositivo electromecánico de protección que protege el equipo eléctrico contra sobrecargas y fallos de fase.

El funcionamiento de relé térmico se basa en el control del calentamiento de los arrollamientos de la máquina que se realiza de forma indirecta, controlando la intensidad que absorbe, haciendo pasar a esta por un bimetálico formado por 2 láminas de metales diferentes y soldadas; estos metales se eligen con coeficientes de dilatación muy diferentes, lo que hace que al calentarse el bimetálico, por el paso de una intensidad excesiva, se curve, aprovechándose esta deformación para accionar un contacto auxiliar que, conectando en serie con la bobina del contactor, produce la desconexión de éste y, por tanto, la del equipo protegido.

Además de la protección contra sobrecargas, los relés térmicos están preparados para detectar las asimetrías que se producen en sus bimetálicos cuando algunas de las fases que alimenta el motor no transporta corriente, fenómeno conocido como “marcha en monofásico”, o cuando las intensidades en las fases son muy diferentes, anomalías que pueden ser muy perjudiciales para el motor en un breve espacio de tiempo.

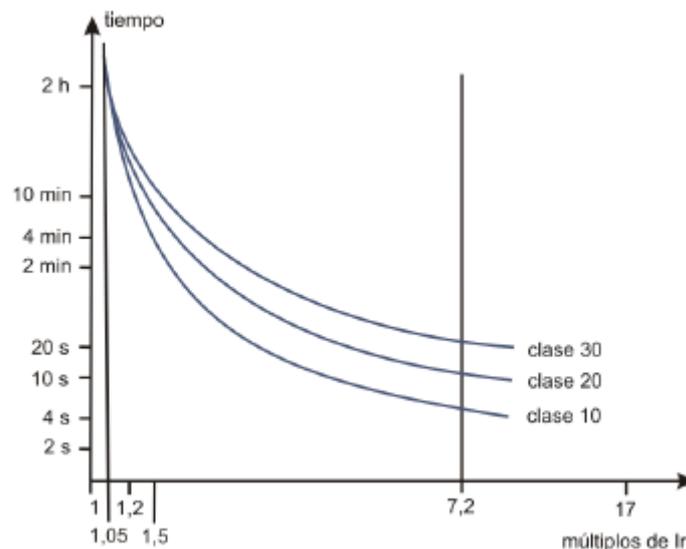
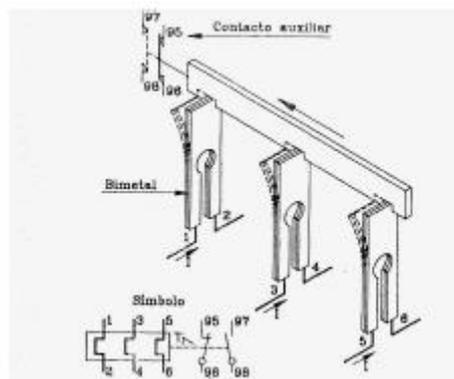
Los relés térmicos no pueden proteger contra cortocircuitos, por lo que deben asociarse con cortocircuitos fusibles de intensidad adecuada.

El relé térmico no funcionará durante el tiempo de arranque del motor. Se activan si el tiempo de arranque es demasiado largo.

La clasificación de los tipos de arranques de motores asíncronos está ligada a las características de la carga y, por tanto, al comportamiento del relé térmico.

- Clase 10. Estándar. Ej. Arranque de bombas, cintas transportadoras, etc. Corrientes con un tiempo de arranque inferior a los 10 segundos.

- Clase 20. Lento. Ej. Arranque de un compresor de tornillo. Corrientes con un tiempo de arranque inferior a los 20 segundos.
- Clase 30. Pesado o muy lento. Ej. Trituradores, molinos, etc. Corrientes con un tiempo de arranque máximo de 30 segundos.

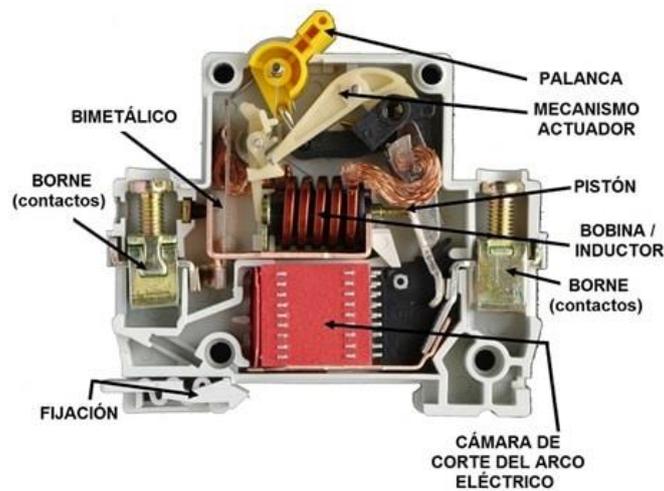


9.6.5 Interruptor magnetotérmico

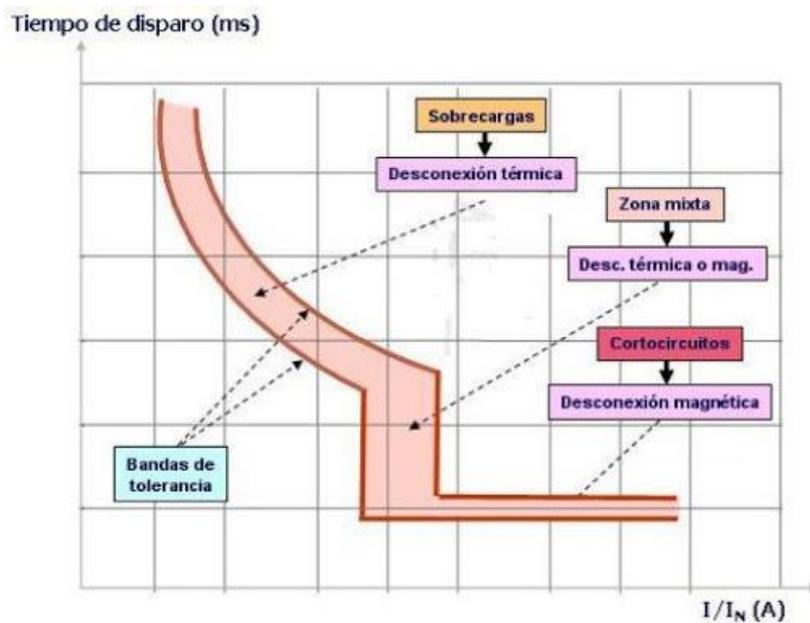
Es un aparato empleado para la protección de circuitos eléctricos contra cortocircuitos y sobrecargas. Tienen la ventaja de que, frente a la protección mediante fusibles, no hay que reponerlos cuando saltan. Cuando se desconectan debido a una sobrecarga o cortocircuito, se rearman de nuevo y continúan funcionando.

Su funcionamiento se basa en un elemento térmico, formado por una lámina bimetálica que se deforma al pasar por la misma una corriente durante un cierto tiempo, para cuyas magnitudes está dimensionado (sobrecarga) y un elemento magnético, formado por una

bobina de cuyo núcleo atrae un elemento que abre el circuito al pasar por dicha bobina una corriente de valor definido (cortocircuito).



Los tipos de interruptor magnetotérmico se dan de acuerdo con la curva característica que posean. Esta curva es la que determina el tiempo de respuesta que va a presentar el interruptor para una intensidad de corriente determinada.



9.6.6 Grados de protección y clase de aislamiento

En cuanto a los grados de protección según el criterio IP de los aparatos eléctricos a instalar a bordo, estos vendrán dados según la zona y el tipo de sistema.

En cuanto al aislamiento térmico, la norma CEI 34-1 fija los sobrecalentamientos máximos y las temperaturas límites alcanzables en función de la clase de aislamiento que recubre el conductor.

Para el análisis de los grados de protección y de la clase de aislamiento de los motores eléctricos del buque se emplearán los datos aportados por el DNV GL Pt. 4 Ch. 8 Sec. 3 "Electrical installations":

Table 2 General insulation classes

<i>Insulation class (thermal class)</i>	<i>Maximum temperature [°C]</i>
A	105
B	130
E	75
F	155
H	180
220	220

Table 1 Enclosure types in relation to location

Location		Switchgear and transformers	Luminaries	Rotating machines	Heating appliances	Socket outlets	Miscellaneous such as switches and connection boxes	Instrumentation and communication components
Engine and boiler rooms ¹⁵⁾	Above the floor ¹⁾	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 44	IP 44	IP 44
	Below the floor	N	IP 44	IP 44	IP 44	N	IP 44	IP 55
Dry control rooms and switchboard rooms		IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Navigation bridge, radio room, control stations		IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X
Closed compartments for fuel oil and lubrication oil separators		IP 44	IP 44	IP 44	IP 44	N	IP 44	IP 44
Fuel oil tanks ²⁾		N	N	N	N	N	N	IP 68
Ballast and other water tanks, bilge wells ²⁾		N	N	IP 68	IP 68	N	N	IP 68
Ventilation ducts ¹¹⁾		N	N ¹¹⁾	IP 44 ¹¹⁾	N	N	N	¹¹⁾
Deckhouses, forecabin spaces, steering gear compartments and similar spaces		IP 22 ³⁾	IP 22	IP 22 ³⁾	IP 22	IP 44	IP 44	IP 44
Ballast pump rooms, columns below main deck and pontoons and similar rooms below the load line		IP 44 ⁴⁾	IP 34	IP 44 ⁴⁾	IP 44	IP 55 ⁵⁾	IP 55 ⁵⁾	IP 55 ⁵⁾
Cargo holds, keel ducts, pipe tunnels ⁴⁾		IP 55 N	IP 55	IP 55	N	IP 55 ⁵⁾	IP 55 ⁵⁾	IP 56 ⁵⁾
Open deck, keel ducts		IP 56	IP 55	IP 56 ⁶⁾	IP 56	IP 56 ⁶⁾	IP 56 ⁶⁾	IP 56
Battery rooms, paint stores, welding gas bottle stores or areas that may be hazardous due to the cargo or processes onboard ⁷⁾		EX ¹²⁾	EX ¹²⁾	EX ¹²⁾	EX ¹²⁾	EX ¹²⁾	EX ¹²⁾	EX ¹²⁾
Dry accommodation spaces		IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20 ⁸⁾	IP 20
Bath rooms and showers		N	IP 34 ¹¹⁾	N	IP 44	IP 55 N ⁹⁾	IP 55 ¹¹⁾	IP 55 ¹¹⁾
Galley, laundries and similar rooms ¹⁰⁾		IP 44	IP 34	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44	IP 55

10 DIAGRAMA UNIFILAR ELÉCTRICO

10.1 Introducción

En el presente anexo se adjunta el diagrama unifilar de la planta eléctrica de la barcaza a proyectar. En él se mostrarán tanto los equipos generadores de corriente como los diferentes equipos consumidores instalados a bordo.

Los servicios se clasificarán como:

- **Servicios esenciales.** Son aquellos sin los cuales el buque no podrá operar en unas circunstancias de seguridad mínima para la tripulación y la integridad estructural del mismo. Este tipo de servicios tendrán preferencia frente al resto y se encontrarán alimentados directamente desde los bornes de los generadores, sin imponer ningún tipo de interruptor automático. El objetivo de esta configuración es evitar posibles cortes de energía eléctrica hacia los equipos que integran estos servicios, debido a posibles saltos de tensión.
- **Servicios no esenciales.** Su funcionamiento no compromete la seguridad del buque, de forma que la navegabilidad no se verá afectada en caso de que algún equipo perteneciente a esta categoría fallase por alguna razón.
- **Servicios de emergencia.** Son aquellos servicios que deberán estar operativos en caso de accidente, como pueden ser las bombas contra incendios, el alumbrado de los pasillos y la cámara de máquinas, las luces de navegación, etc.

En este esquema se encontrarán 3 valores de la tensión eléctrica:

- **240 V.** Los servicios de alumbrado y de comunicaciones estarán alimentados a esta tensión.
- **400 V.** El resto de equipos y servicios de la barcaza operarán a esta tensión eléctrica, salvo los destinados al suministro de electricidad a otros buques.
- **6600 V.** El servicio de cold ironing trabajará a media tensión, para reducir el diámetro del cableado y facilitar así el manejo de los mismos.

La barcaza contará con una distribución que garantice la continuidad del servicio, con etapas de potencia segregadas. Los generadores principales están repartidos uno a cada costado del buque, disponiendo cada uno de ellos de un embarrado y posibilidad de ser interconectadas ambas secciones si fuese necesario. Por lo tanto, presenta un suministro redundante.

10.2 Diagrama de la planta eléctrica de la barcaza

Como ya se ha dicho en anteriores apartados, los generadores principales trabajarán a una tensión de 400 V y una frecuencia de 50 Hz. En buques convencionales se trata que el reparto de carga eléctrica entre ambos grupos sea lo más simétrica posible. No obstante, el caso de la planta de la barcaza a proyectar es peculiar, ya que en todas las situaciones de carga eléctrica salvo la de suministro cold ironing sólo estará operando el grupo de menor tamaño (6R400 GS), mientras el otro grupo (12V4000 GS) estará en stand-by, estando por tanto disponible el 100% de su potencia nominal para poder ser empleada en caso de fallo del primero.

Por tanto, a través del cuadro principal, el grupo correspondiente alimentará a la tensión y frecuencia antes mencionadas los siguientes consumidores:

- Servicio de achique y sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio de contención y trasiego de la carga (denominado de bunkering en el unifilar).
- Servicio sanitario.
- Servicio de amarre y fondeo.

- Servicio HVAC.
- Servicio de fonda y hotel.
- Servicio de elevación (grúas de mangueras de bunkering y cables de cold ironing).
- Servicio de mantenimiento y reparación.

Por otro lado, se dispone de un transformador, encargado de elevar la tensión del cuadro principal de 400V a 6,6kV, para poder ser empleada en los servicios de cold ironing que realizará la barcaza a buques abarloados a la misma. Como ya se explicó en anteriores capítulos, el paso de BT a MT se realiza para facilitar las operaciones de suministro eléctrico a flote, ya que una elevación de la tensión permite una significativa reducción del diámetro de cable.

Asimismo, se dispondrá de otro transformador, encargado de reducir la tensión de 400V a 230V, para poder alimentar así los servicios de alumbrado y de control y comunicaciones.

En cuanto al cuadro de emergencia, que entrará automáticamente cuando falle el principal, estará conectado al generador correspondiente (EMF-185 DS) y alimentará a la tensión y frecuencia de trabajo de esta máquina (también 400V y 50HZ) al sistema contra incendios y a la bomba de achique de emergencia. De modo análogo al cuadro principal, el de emergencia también dispondrá de un transformador de 400V/280V para poder alimentar a la tensión correcta los servicios de alumbrado y de control y comunicaciones.

El plano con el diagrama unifilar completo de la instalación eléctrica de la barcaza se adjuntará en los anexos finales del cuaderno.

11 BIBLIOGRAFÍA

F. D. I. N. García Iglesias, El suministro de Energía Eléctrica a Buques desde Centrales con GNL para mejorar la Huella Ecológica en Puertos., ETSIN UPM, 2013.

AENOR, «UNE 21-135-93/201. Instalaciones eléctricas en buques. Diseño de sistemas. Generalidades.,» de *Construcción naval.*, 1993.

Comisión Electrotécnica Internacional (IEC), IE 60034-30 Norma Internacional para máquinas eléctricas rotativas., 2006.

M. Baquerizo Pardo, Electricidad aplicada al Buque, Madrid: ETSIN UPM, 1976.

J. Bouza Fernández, Cuadernos Técnicos de la asignatura Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque., Ferrol: Ingeniería Naval y Oceánica, EPS UDC., Curso 2019/20.

Fundación de la Universidad de Oviedo, «Consumo de energía y emisiones asociadas al transporte por barco.,» de *Grupo de Investigación del Transporte Marítimo.*, Monografías EnerTrans, 2008.

J. Bouza fernández, «Cuaderno 11: Diseño de la Planta Eléctrica,» de *Proyecto de Buques y Arefactos Marinos II*, Ferrol, Grado de Ingeniería Naval y Oceánica, EPS UDC, Curso 2018/19.

Organización Marítima Internacional (OMI), «Parte D: Instalaciones eléctricas.,» de *Capítulo II-2: Construcción. Estructura. Estabilidad e instalaciones.*, 1974.

DNV GL, «Part 4: Systems and components; Chapter 8: Electrical installations,» de *Rules for classification of Ships*, July 2017.

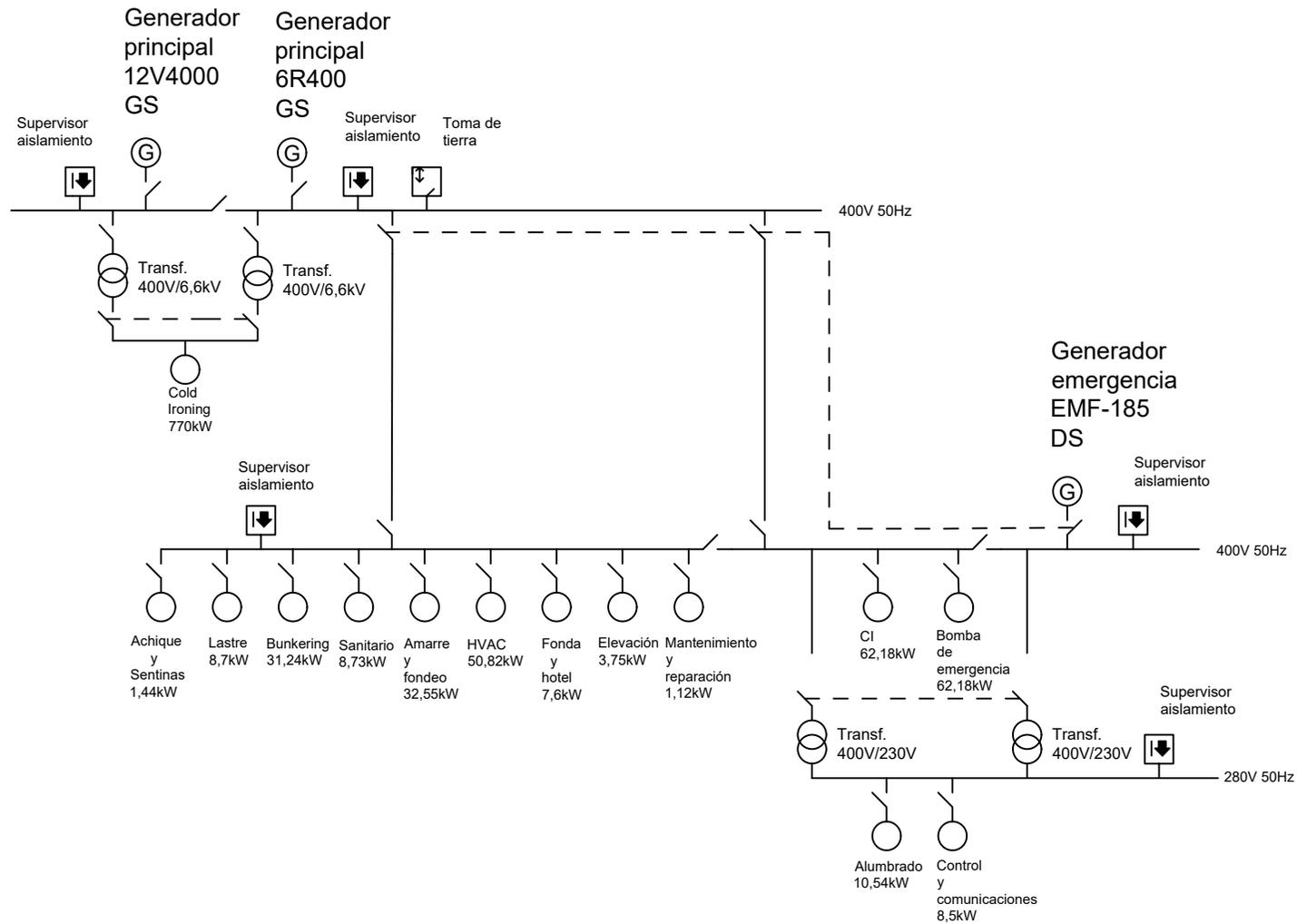
MAN Engines, «Diesel-electric Drives,» de *Diesel-electric Propulsion Plants. Brief Guide for ship operators.*

Chapman, Stephen J., Máquinas Eléctricas, Tercera Edición: Mc Graw Hill.

12 ANEXOS

12.1 Diagrama unifilar de la instalación

12.2 Fichas técnicas y catálogos comerciales



Unidad: mm	Nombre	Fecha	 Escola Politécnica Superior UNIVERSIDADE DA CORUÑA	
	Autor	Julio Elías		
	Tutor	Raúl Villa		
Escala: 1:2	Título del plano: Diagrama unifilar de la planta eléctrica		Proyecto N°: 19-99	



Gas system

SERIES 400 NATURAL GAS

400V/50 Hz/NO_x < 500 mg/Nm³

System ratings

Gas genset with optional heat recovery (90°/70°C heating water circuit)

Genset type	Engine type	Output				Energy input ⁴⁾	Efficiency		Methane number ⁵⁾
		Elect. ¹⁾	Therm. ²⁾	Exhaust ³⁾	Low Temp.		Electr.	Total	
		kW _{el}	kW _{th}	kW _{th} (°C)	kW _{th} (°C)		n _{el} (%)	n _{tot} (%)	
MTU 6R400 GS*	E3066 D4*	135	115	89 (90)	---	371	36.4	91.4	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	182	122	143 (120)	---	506	36.0	88.3	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	191	103	149 (120)	29 (50)	534	35.8	83.0	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 L9	201	106	154 (120)	36 (40)	560	35.9	82.3	≥ 70
MTU 6R400 GS	E3066 Z5	220	117	134 (120)	17 (40)	558	39.4	84.4	≥ 80
MTU 12V400 GS*	E3042 D4*	245	224	154 (100)	---	675	36.3	92.3	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 L9	357	235	256 (120)	---	952	37.5	89.1	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 L9	370	194	263 (120)	52 (50)	988	37.4	83.7	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 Z6	390	233	241 (120)	28 (40)	995	39.2	86.8	≥ 70
MTU 12V400 GS	E3042 Z6	420	247	257 (120)	31 (40)	1064	39.5	86.8	≥ 80

Cogeneration module 100°/80°C heating water circuit

MTU 6R400 GS*	E3066 DH3*	116	110	80 (120)	---	337	34.4	90.8	≥ 70
MTU 12V4000 GS	E3066 LH9	165	111	130 (120)	---	465	35.5	87.3	≥ 70
MTU 16V4000 GS	E3042 DH3*	227	210	141 (120)	---	628	36.1	92.0	≥ 80
MTU 16V4000 GS	E3042 LH9	323	206	250 (120)	---	879	36.7	88.6	≥ 70

* λ = 1 with 3-Way-Catalyst, NO_x < 250 mg/Nm³

- 1 Rated power at nominal voltage, power factor = 1,0 and nominal frequency
- 2 Heat output from engine cooling with tolerance of ± 8%
- 3 Heat output from exhaust (exhaust cooling to 90°C, 100°C or 120°C) with tolerance of ± 8%
- 4 Performance data in accordance with ISO 3046/I-2002 with tolerance of 5%
- 5 Referenced methane number

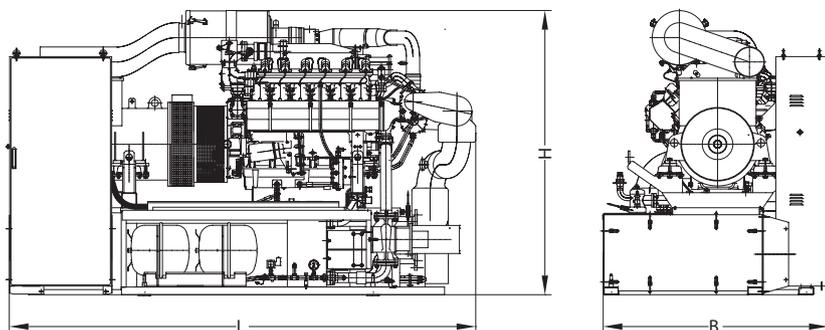
Project specific data on request:

- different alternator voltage
- different flow-/return-temperatures, hot cooling, methane number, installation conditions etc.
- Container



A Rolls-Royce solution

Drawings and dimensions



Note: This drawing is provided for reference only and should not be used for installation planning.

Genset type	Dimensions genset (L x W x H)	Cogeneration module (L x W x H)
MTU 6R400 GS (D4)	---	3650 x 960 x 1875 mm
MTU 6R400 GS (L9)	3400 x 1700 x 2100 mm	3700 x 1900 x 2100 mm
MTU 6R400 GS (Z5)	3900 x 1900 x 2150 mm	3900 x 1900 x 2150 mm
MTU 12V400 GS (D4/L9)	4000 x 1700 x 2200 mm	3700 x 1900 x 2300 mm
MTU 12V400 GS (Z6)	4000 x 1700 x 2200 mm	3900 x 1900 x 2300 mm
MTU 6R400 GS (DH3)	---	3950 x 960 x 1875 mm
MTU 6R400 GS (LH9)	---	3900 x 1900 x 2100 mm
MTU 12V400 GS (DH3/LH9/ZH6)	---	4000 x 1900 x ,300 mm

Engine data

	3066	3042
Configuration	in-line	90°V
No. of cylinders	6	12
Bore/stroke	130/155 mm	130/142 mm
Cyl. displacement	2.06 lit.	1.88 lit.
Rated speed	1500 rpm	1500 rpm

Design and equipment (extract)

- Sliding gear starter 24V
- Gas supply with electronically controlled gas metering valve
- Electronic high-voltage capacitor ignition system with one ignition coil per cylinder
- Electronic speed governor for speed and power output control with automatic knocking control

Any specifications, descriptions, values, data or other information related to dimensions, power or other technical performance criteria of the goods as provided in this general product information are to be understood as non-binding and may be subject to further changes such as but not limited to technical evolution at any time.
Version: 01.01.2018.



Gas system

SERIES 4000 NATURAL GAS

400V/50 Hz/NO_x < 500 mg/Nm³

System ratings

Gas genset with optional heat recovery module

Genset type	Engine type	Output				Energy input ⁴⁾	Efficiency		Methane number ⁵⁾
		Elect. ¹⁾	Therm. ²⁾	Exhaust ³⁾	Low Temp.		Electr.	Total	
		kW _{el}	kW _{th}	kW _{th} (°C)	kW _{th} (°C)		n _{el} (%)	n _{tot} (%)	
MTU 8V4000 GS	L33	776	414	422 (120)	47 (40)	1832	42,4	88,0	≥ 70
MTU 8V4000 GS	L33	854	457	448 (120)	49 (40)	1993	42,8	88,3	≥ 80
MTU 8V4000 GS	L64 FNER	999	522	490 (120)	99 (43)	2258	44,3	89,1	≥ 72
MTU 8V4000 GS	L64	1013	503	486 (120)	69 (43)	2304	44,0	86,9	≥ 80
MTU 8V4000 GS	L64 FNER	1013	530	494 (120)	59 (43)	2287	44,3	89,1	≥ 72
MTU 12V4000 GS	L33	1287	685	659 (120)	88 (40)	2974	43,3	88,5	≥ 80
MTU 12V4000 GS	L64	1521	766	691 (120)	104 (43)	3438	44,2	85,7	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L33	1714	1005	821 (120)	113 (40)	3991	42,9	88,7	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	1999	1043	984 (120)	143 (43)	4519	44,2	89,1	≥ 72
MTU 16V4000 GS	L64	2028	996	936 (120)	127 (43)	4573	44,3	86,6	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	2028	1060	995 (120)	145 (43)	4583	44,3	89,0	≥ 72
MTU 20V4000 GS	L33	2145	1196	1078 (120)	142 (40)	4990	43,0	88,6	≥ 80
MTU 20V4000 GS	L64	2538	1241	1212 (120)	176 (43)	5751	44,1	86,6	≥ 80
Hot ambient conditions									
MTU 8V4000 GS	L32	776	460	420 (120)	32 (53)	1853	41,9	89,4	≥ 80
MTU 12V4000 GS	L32	1169	652	638 (120)	43 (53)	2747	42,6	89,5	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L32	1560	890	805 (120)	76 (53)	3651	42,7	89,2	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	1999	1155	965 (120)	90 (58)	4558	43,9	90,4	≥ 80
MTU 16V4000 GS	L64 FNER	2028	1173	974 (120)	93 (58)	4622	43,9	90,3	≥ 80
MTU 20V40 00 GS	L64 FNER	2538	1441	1243 (120)	150 (58)	5781	43,9	90,3	≥ 80

- 1 Rated power at nominal voltage, power factor = 1,0 and nominal frequency
- 2 Heat output from engine cooling with tolerance of ± 8%
- 3 Heat output from exhaust (exhaust cooling to 120°C) with tolerance of ± 8%
- 4 Performance data in accordance with ISO 3046/I-2002 with tolerance of 5%
- 5 Referenced methane number

- Project specific data on request:
- different alternator voltage
 - different flow-/return-temperatures, hot cooling, methane number, installation conditions etc.
 - Container



A Rolls-Royce solution

System ratings

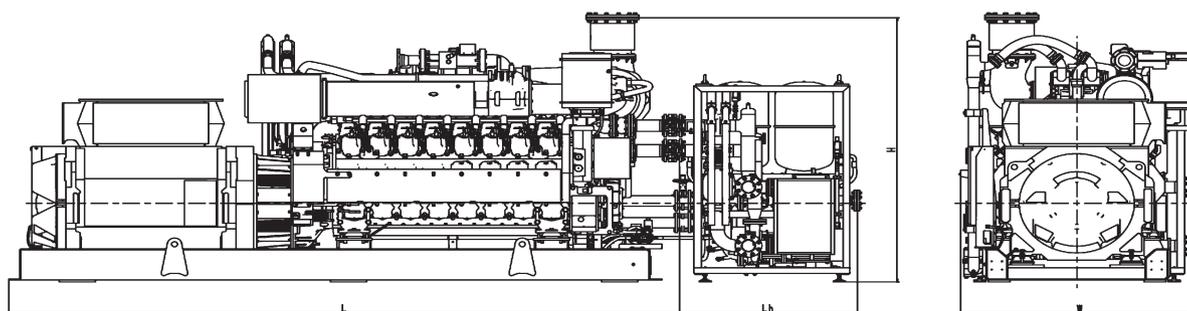
Gas genset with optional heat recovery module

Genset type	Engine type	Output				Energy input ⁴⁾	Efficiency		Methane number ⁵⁾
		Elect. ¹⁾	Therm. ²⁾	Exhaust ³⁾	Low Temp.		Electr.	Total	
Low methane number		kW _{el.}	kW _{th.}	kW _{th} (°C)	kW _{th} (°C)	kW	n _{el.} (%)	n _{tot} (%)	
MTU 16V4000 GS	L32 ER	1560	951	951 (120)	84 (53)	3848	40,5	89,6	≥ 60
MTU 20V4000 GS	L32 ER	1948	1180	1181 (120)	99 (53)	4812	40,5	89,5	≥ 60

- 1 Rated power at nominal voltage, power factor = 1,0 and nominal frequency
- 2 Heat output from engine cooling with tolerance of ± 8%
- 3 Heat output from exhaust (exhaust cooling to 120°C) with tolerance of ± 8%
- 4 Performance data in accordance with ISO 3046/I-2002 with tolerance of 5%
- 5 Referenced methane number

- Project specific data on request:
- different alternator voltage
 - different flow-/return-temperatures, hot cooling, methane number, installation conditions etc.
 - Container

Drawings and dimensions



Note: This drawing is provided for reference only and should not be used for installation planning.

Genset type	Dimensions genset (LxWxH)	Heat recovery module (Lh x W x H)
MTU 8V4000 GS	4200 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 12V4000 GS	5000 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 16V4000 GS	5500 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm
MTU 20V4000 GS	6600 x 2000 x 2300 mm	1500 x 1900 x 2000 mm

Engine data

4000	
Configuration	90° V
No. of cylinders	8/12/16/20
Bore/stroke	170/210 mm
Cyl. displacement	4,77 lit.

Design and equipment (extract)

- Sliding gear starter 24V
- Gas supply with electronically controlled gas metering valve
- Electronic high-voltage capacitor ignition system with one ignition coil per cylinder
- Electronic speed governor for speed and power output control with automatic knocking control

Any specifications, descriptions, values, data or other information related to dimensions, power or other technical performance criteria of the goods as provided in this general product information are to be understood as non-binding and may be subject to further changes such as but not limited to technical evolution at any time. Version: 01.04.2015, materials and specifications subject to change without notice due to technical advances.

MODELO: EMFV-185**FORMA CONSTRUCTIVA: INSONORIZADO / INSONORIZADO AUTOMÁTICO**

Marca del grupo	ELECTRA MOLINS
Tipo de cuadro de control	Comap AMF 25
Potencia Máxima en servicio de emergencia por fallo de red (Potencia LTP "Limited Time Power" de la norma ISO 8528-1)	185 kVA 148 kW
Potencia en servicio principal (Potencia PRP "Prime Power" de la norma ISO 8528-1)	170 kVA 136 kW
Tolerancia de la potencia activa máxima (kW)	±5%
Intensidad en servicio de emergencia por fallo de red	267 A
Intensidad en servicio principal	245 A
Tensión	400 V
Nº de fases	3 + N
Precisión de la tensión en régimen permanente	±1,5%
Margen de ajuste de la tensión	±5%
Factor de potencia	0,8 - 1
Velocidad de giro	1.500 r.p.m.
Frecuencia	50 Hz
Variación de la frecuencia en régimen permanente	+4% -1%
Potencia de la resistencia calefactora (sólo en construcción automático)	500 W
Primer escalón de carga admisible	118 kW
Nivel sonoro medio a 10 m	66 dBA
Nivel sonoro medio a 1 m	80 dBA



MEDIDAS Y CONSUMOS

Largo x Ancho x Alto	3.061 x 1.135 x 2.157 mm
Peso sin combustible	2.025 kg
Capacidad del depósito de combustible	365 l
Consumo específico de combustible	0,26 l/kW-h
Consumo de combustible al 75% de carga (111 kW)	28,9 l/h

MOTOR DIÉSEL

Marca y modelo	FTP-IVECO N67TM4
Ciclo	Diésel 4 tiempos
Refrigeración	Agua por radiador
Nº y disposición de los cilindros	6 en línea
Cilindrada total	6,70 l
Aspiración del aire	Turbo
Regulador de velocidad	Mecánico
Capacidad de aceite	17,2 l
Consumo de aceite a plena carga	0,08 l/h
Capacidad circuito de refrigeración (agua al 40% anticongelante)	10,5 l

ALTERNADOR

Marca y modelo	STAMFORD UCI 274G
Conexión	Estrella
Clase de aislamiento	H
Regulador electrónico de tensión	SX -460
Protección	IP-23

BATERÍAS

Cantidad	1
Tensión corriente continua	12 V
Capacidad	120 Ah
Tipo	Plomo-ácido

Las potencias indicadas corresponden al régimen máximo de trabajo continuo con carga variable según ISO-8528-1, en condiciones ambientales de 25°C y 1000 m de altitud. El grupo puede trabajar a temperaturas ambiente y altitudes superiores aplicando factores correctores de potencia.

La potencia en servicio principal es sobrecargable un 10% en puntas de tiempo limitado, máximo una hora de cada 12 horas. No obstante, para lograr una larga vida del motor diésel, se recomienda que la carga media de potencia activa (kW) conectada al grupo en cualquier período de 24 horas de funcionamiento, tanto si son continuas como si son discontinuas, no sea superior a los siguientes valores:

- En servicio principal, al 70% de la potencia PRP.
- En servicio de emergencia por fallo de red, al 80% de la potencia LTP.