



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2021/2022**

---

*Petrolero VLCC con 300000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Pedro Lemos González

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

JUNIO 2022

## PETROLERO VLCC DE 300000 TPM

### **Castellano:**

El presente proyecto comprenderá el diseño de un buque petrolero de 300000 toneladas de peso muerto con 30 tripulantes que sea capaz de navegar grandes distancias típicas en este tipo de buques.

Concretamente este buque será diseñado para hacer el trayecto de carga en Arabia Saudita y descarga en Singapur, China y Japón. Además, la autonomía será de 18.000 millas (~29.000km).

El buque constará además con un sistema de propulsión de gas capaz de aprovechar los gases residuales de la carga de crudo con el fin de mejorar la eficiencia de la turbina de cara a la contaminación del medioambiente y de reducir las presiones en el interior de los tanques de crudo. El sistema de carga y descarga será por cámara de bombas y el resto de equipo e instalaciones serán los habituales en este tipo de buques.

### ***Galego:***

O presente proxecto comprenderá o deseño dun buque petroleiro de 300000 toneladas de peso morto con 30 tripulantes que sexa capaz de navegar grandes distancias típicas neste tipo de buques.

Concretamente este buque será deseñado para facer o traxecto de carga en Arabia Saudita e descarga en Singapur, China e Xapón. Ademáis, a autonomía será de 18 millas (~29.000km).

O buque constará ademáis cun sistema de propulsión de gas capaz de aproveitar os gases residuais da carga de crudo co fin de mellorar a eficiencia da turbina de cara á contaminación do medioambiente e de reducir as presións do interior dos tanques de crudo. O sistema de carga e descarga será por cámara de bombas e o resto de equipo e instalacións serán os habituais neste tipo de buques.

### ***English:***

The present project involves a crude carrier ship design of 300000 deathweight tonnage with 30 crew that it will be able to sail very large routes, typical in this kind of ships.

Particullary, this ship will be designed to do routes from Arabia Saudi in loading to Singapore, China and Japan in disloading. Moreover, the autonomy will be of 18.000 miles (~29.000 km).

This ship will consist in adition with a gas propulsion system that it wil be able to take advantage of residual gas from crude to improve the eficiencie of the turbine against the enviromental pollution. That's why the highest presures inside tanks must be reduced in order to difuse danger. Charge system will consist in a pump room and the rest of instalations will be the typical among these kind of ships.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**TRABAJO FIN DE GRADO  
CURSO 2021/22**

---

*Petrolero VLCC de 300000 TPM*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno XI:**

**DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA**

---

ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR

---



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

**GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA**

**TRABAJO FIN DE GRADO**

*CURSO 2021-2022*

**PROYECTO NÚMERO**

**TIPO DE BUQUE:**

Petrolero

**CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:**

DNV, SOLAS y MARPOL.

**CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:**

300000 TPM. Crudos del petróleo y sus derivados con densidad máxima de 0.95 g/ml

**VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:**

14.8 Knots de velocidad de servicio. 18.000 millas a velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:**

Cámara de bombas

**PROPULSIÓN:**

Motor convencional

Combustible: HFO (fuelóleo pesado) y LNG (gas natural licuado)

**TRIPULACIÓN Y PASAJE: 30**

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Los habituales en este tipo de buques.

Ferrol, 27 de junio de 2022

ALUMNO/A: **Dº Pedro Lemos González**

## ÍNDICE

Petrolero VLCC de 300000 TPM.....	2
Índice .....	5
1 Introducción. ....	7
2 Definición de la planta eléctrica.....	9
2.1 Frecuencia y Tensión.....	9
2.2 Características.....	10
2.3 Cuadro principal.....	11
2.4 Cuadro de emergencia. ....	11
2.5 Transformadores.....	12
2.6 Sistema de cableado. ....	12
2.6.1 Cables de distribución.....	12
2.6.2 Cables de alojamiento. ....	12
3 Desglose y características de los consumidores. ....	13
3.1 Sistemas Auxiliares de Cámara de Máquinas. ....	14
3.2 Equipos y servicios varios.....	15
3.3 Sistema de iluminación. ....	17
4 Balance eléctrico.....	21
4.1 Justificación de coeficientes.....	22
4.1.1 Sistema de cámara de máquinas.....	23
4.1.2 Equipos y servicios varios.....	24
4.1.3 Iluminación. ....	24
4.2 Cálculo del balance para las distintas condiciones.....	24
4.2.1 Situación de navegación en modo HFO.....	25
4.2.2 Situación de carga, descarga y lastre. ....	29
4.2.3 Situación de maniobra. ....	33
4.2.4 Situación de emergencia. ....	37
4.3 Resultados del balance eléctrico.....	42
5 Planta generadora.....	43
5.1 Planta generadora principal. ....	43
5.2 Planta generadora de emergencia. ....	45
6 Definición y caracterización de los cables. ....	47
6.1 Intensidad de corte de los interruptores automáticos. ....	53

---

7 Diagrama unifilar y configuración de la planta eléctrica.....	54
7.1 Descripción del diagrama unifilar.....	54
8 Bibliografía.....	56
9 Anejo I: Diagrama Unifilar.....	57

## 1 INTRODUCCIÓN.

En este cuaderno se define la instalación eléctrica del buque y se hace el balance eléctrico del mismo. Dicha instalación debe tener todos los elementos necesarios que le permitan ser segura y autónoma. Este buque dispone de propulsión por motor de combustión y por tanto la planta eléctrica no tendrá que cubrir la potencia propulsora del mismo, lo que minimiza, de forma considerable el tamaño de la misma.

Se analizarán distintas situaciones de carga para saber cuantos generadores harán falta y satisfacer así las necesidades del buque. En nuestro caso se estudiarán las condiciones de navegación normal, de maniobras, de carga y descarga y de emergencia.

El correcto desarrollo de este cuaderno depende también de lo definido en otros cuadernos como el cuaderno 6, 10 y 12. Además, se debe determinar la frecuencia y tensión del buque del presente proyecto, las cuales dependerán fundamentalmente del país o de las aguas de operación del barco.

A continuación, se muestran los parámetros finales del buque:

$L_{pp}$	325 m
$L_{TOTAL}$	339,3 m
<b>B</b>	60 m
<b>D</b>	30 m
<b>T</b>	19,665 m
$C_b$	0,83
$C_m$	0,99
$C_p$	0,80
$C_{wp}$	0,88
$\Delta$	365.984 ton
$P_{rosca}$	46.442,83 ton
<b>Superficie Mojada</b>	28.080,829 m <sup>2</sup>
<b>Velocidad</b>	14,8 Knots
<b>Semiángulo de entrada</b>	51°
<b>Potencia al 85%MCR</b>	39.930,71 kW
<b>RPM</b>	86
<b>Coste de Adquisición</b>	126.795.908,8 €

El procedimiento de cálculo de este cuaderno será:

- Definición de la planta eléctrica.
- Desglose y características de los consumidores.

- Cálculo del alumbrado.
- Balance eléctrico para las diversas condiciones.
- Análisis de resultados y cálculo de generadores.
- Diseño del diagrama unifilar y configuración de la planta eléctrica.
- Cálculo de cable y otros componentes.

Con respecto a la normativa y reglamentos, el desarrollo de este cuaderno se regula mediante las siguientes normas:

- UNE-CEI (Normas de diseño de la instalación eléctrica).
- SOLAS.
- MARPOL.
- DNV.
- Reglamento de las Inspecciones Marinas, Subdirección General de Seguridad, Contaminación e Inspección Marina del Ministerio de Fomento.

Además, se debe cumplir lo siguiente:

- Condiciones ambientales:
  - Los equipos eléctricos deben funcionar para equipos en 15° y en condición dinámica en 22° 33'. Por otro lado, los equipos de emergencia deben funcionar a 22° 33' con un trimado de 10°.
  - Se deben tolerar rangos de frecuencia de vibraciones de 5 a 50 Hz con una amplitud de 20 mm/s.
  - La temperatura ambiente se toma como 45°C de máxima, cambiando según la ubicación dentro del buque.
- Grado de protección IP, contra el ingreso de objetos sólidos y agua, va a depender de la ubicación del equipo dentro del buque.



## 2 DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.

### 2.1 Frecuencia y Tensión.

La electricidad del buque se genera con alternadores que están accionados por motores auxiliares. Además, el número de generadores es desconocido, aunque sabemos que la exigencia del SOLAS es instalar como mínimo dos.

Existen dos posibles combinaciones de tensión y frecuencia:

- 400 V a 50 Hz en Europa.
- 480 V a 60 Hz en América, Asia, etc.

El uso de corriente trifásica a bordo presenta las siguientes ventajas:

- Posibilidad de conectarse a la red eléctrica en puerto.
- Menor costes de mantenimiento.
- Los generadores serán de menor peso.
- Se permiten tensiones mayores, por tanto, se reduce la sección de cableado y el peso, empacho y coste será menor.
- Menor control de velocidad de régimen, pues al tener mayor frecuencia, la velocidad de giro de los motores generadores será mayor a igualdad de polos, de forma que estos serán de menor tamaño y precio.

Así pues, dado que este buque operará fundamentalmente en Asia, se escoge una red eléctrica de corriente alterna trifásica y tensión de la red de fuerza 480 V- 60 Hz.

Para el suministro de alumbrado, luces de navegación y electrodomésticos, se instalan transformadores que reducen la tensión a 240 V en el secundario. La instalación secundaria será entonces de 240 V a 60Hz. Se dispondrá de transformadores reductores para tal fin.

Cabe destacar en este punto que el sistema de distribución será de tipo radial, también conocido como sistema de derivaciones sucesivas, la cual proporciona mayor flexibilidad y un mejor empleo y ahorro en el cobre de los conductores.

Se instalan también dos transformadores, uno de respeto, y aumentar así la fiabilidad en la instalación.

Para las tensiones de red anteriormente definidas, se empleó como referencia la tabla de la Norma UNE 21-135-93/201, donde se muestran las tensiones y frecuencias en función del tipo de consumidor.

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 <sup>1)</sup>	50	60	1 000
	240 <sup>1)</sup>	50	-	1 000
	380 <sup>2)</sup>	50	-	1 000
	415 <sup>2)</sup>	50	-	1 000
	440	-	60	1 000
	660 <sup>3)</sup> *	50	60	1 000
	3 000*/3 300*	50	60	11 000
	6 000*/6 600*	50	60	11 000
	10 000*/11 000*	50	60	
	Monofásica	Monofásica	Monofásica	Monofásica
	120	50	60	500
220 <sup>1)</sup>	50	60	500	
240 <sup>1)</sup>	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 <sup>1)</sup>	50	60	250
	240 <sup>1)</sup>	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.	Monofásico	Monofásico	Monofásico	Monofásico
	24	50	60	55
	120	50	60	250
	220 <sup>1)</sup>	50	60	250
	240 <sup>1)</sup>	50	-	250

## 2.2 Características.

Según la RPA, el tipo de propulsión es un motor convencional de HFO y LNG, es decir una propulsión mecánica compuesta por un motor de HFO acoplado directamente a una hélice de paso fijo que hace referencia a un sistema simple. El sistema será impulsado por un régimen constante o poco variable.

El motor debe soportar una velocidad de servicio de 14,8 nudos en condiciones de servicio del 85% MCR, aportando una autonomía total de 18.000 millas. Además, el buque consta con una sola línea de ejes.

Los requisitos que se deben cumplir según la norma IEC 60092-101:2002, para tensión, frecuencia y distorsión armónica son los siguientes:

- Tensión:
  - Tolerancia de la tensión permanente: +6% -10%.
  - Tolerancia de la tensión desequilibrada: 7% (incluyendo desequilibrio de fase).
  - Desequilibrio de la tensión entre fases (permanente): 3%.

- Desviación de la variación cíclica de la tensión (permanente): 2%.
- Transitorios de tensión: +20%-20%.
- Tiempo de recuperación de los transitorios de tensión: 1,5 segundos (máximo).
- Frecuencia:
  - Tolerancia de la frecuencia (permanente): +5%-5%.
  - Desviación de la variación cíclica de la frecuencia (permanente): 0,5%.
  - Tolerancia de los transitorios de frecuencia: +10%-10%.
  - Tiempo de recuperación de los transitorios: 5 segundos (máximo).
- La distorsión armónica total (THD) sirve como medida del contenido total de armónicos en una señal. El contenido máximo de armónicos en la instalación no debe superar el 10%.

### 2.3 Cuadro principal.

El sistema de distribución de la energía eléctrica se lleva a cabo desde el cuadro eléctrico principal situado en la cubierta principal (Nº4), dentro del local eléctrico, que consta de:

- Generadores.
- Servicios de 480 V.
- Servicios de 240 V.
- Control de transformadores.
- Alarmas del cuadro principal.

El cuadro principal recibe la potencia directamente de los generadores y puede hacer que estos funcionen en paralelo. De aquí, se distribuye la corriente a los cuadros secundarios o de distribución.

### 2.4 Cuadro de emergencia.

El generador de emergencia está situado en el local del grupo de emergencia, situado en la cubierta principal (Nº4).

El accionamiento de los circuitos se podrá realizar desde el cuadro principal, pero siempre pasando por el de emergencia, de forma que todos los circuitos de emergencia pasen por ese cuadro.

Se disponen, además, una serie de dispositivos de interrupción automática y conmutadores con el fin de cortar el contacto de los cuadros principales y conectarlos solo con el de emergencias.

Los cables que se dirijan a circuitos que alimenten equipos de emergencia fuera de la cámara de máquinas, no deben pasar por esta.

Se disponen tomas de corriente a ambas bandas del buque para poder hacer conexiones a tierra.

El cuadro de emergencia alimenta fundamentalmente los siguientes equipos:

- Alumbrado de emergencia.
- Servomotor.
- Chigres de botes salvavidas.
- Bomba contra incendios de emergencia.
- Instrumentos náuticos y de comunicaciones.

## **2.5 Transformadores.**

En el buque proyectado existen sistemas que funcionan a tensiones inferiores a la principal. Dicho esto, se instalan transformadores de tensión que alimentarán a los consumidores con 240 V. Se debe disponer de transformado trifásico principal y otro de respecto como mínimo.

Estos transformadores serán de tipo marino, protegidos contra salpicaduras y goteos, disponiendo de ventilación natural y donde la tensión primaria será de 480 V y la secundaria de 240 V.

El grupo de emergencia también alimenta consumidores a 240 V, de forma que en el local de emergencia se deben disponer también de transformadores con las mismas características.

## **2.6 Sistema de cableado.**

### *2.6.1 Cables de distribución.*

Los circuitos que componen los servicios del buque como son los de fuerza, alumbrado, comunicaciones, control y electrónica, han de disponer de un aislamiento adecuado para la temperatura alcanzada por dichos consumidores, no menor de 70°C.

La temperatura de funcionamiento nominal del material será, al menos, un 10% superior a la máxima temperatura ambiente que pueda existir. En caso de que el cable ocupe un lugar susceptible a daños físicos, este debe ser dotado con armadura.

### *2.6.2 Cables de alojamiento.*

Para los espacios de habilitación, los cables eléctricos destinados a alumbrado, enchufes y pequeños motores, se calculan con espesor de aislamiento reducido, serán retardadores de llama y los conductores serán de cobre, trenzados y con secciones transversales de 1,5 mm<sup>2</sup> y mayores, así como dotados de un aislamiento resistente a la humedad, al calor, retardador de la llama, termoplástico y adecuado para una temperatura del conductor de 75°C.

Para el cálculo de secciones de los cables instalados se ha de tener en cuenta los criterios de cálculo en función de la caída de tensión admisible.

### 3 DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES.

Para la obtención de las potencias de los consumidores, se ha recurrido a los cálculos realizados a lo largo de los cuadernos anteriores, concretamente al Cuaderno 10 “Cámara de máquinas” y Cuaderno 12 “Equipos y Servicios”.

A lo largo de este apartado se realizará el desglose de las características de cada consumidor. Se destaca que, en el caso de bombas accionadas por motores eléctricos, se han empleado las eficiencias y potencias normalizadas que se mostrarán en la siguiente tabla:

**Nominal efficiency limits defined in IEC 60034-30-1:2014 (reference values at 50 Hz, based on test methods specified in IEC 60034-2-1:2014).**

Out-put kw	IE1 Standard efficiency				IE2 High efficiency				IE3 Premium efficiency				IE4 Super Premium efficiency			
	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole	2 pole	4 pole	6 pole	8 pole
0.12	45.0	50.0	38.3	31.0	53.6	59.1	50.6	39.8	60.8	64.8	57.7	50.7	66.5	69.8	64.9	62.3
0.18	52.8	57.0	45.5	38.0	60.4	64.7	56.6	45.9	65.9	69.9	63.9	58.7	70.8	74.7	70.1	67.2
0.20	54.6	58.5	47.6	39.7	61.9	65.9	58.2	47.4	67.2	71.1	65.4	60.6	71.9	75.8	71.4	68.4
0.25	58.2	61.5	52.1	43.4	64.8	68.5	61.6	50.6	69.7	73.5	68.6	64.1	74.3	77.9	74.1	70.8
0.37	63.9	66.0	59.7	49.7	69.5	72.7	67.6	56.1	73.8	77.3	73.5	69.3	78.1	81.1	78.0	74.3
0.40	64.9	66.8	61.1	50.9	70.4	73.5	68.8	57.2	74.6	78.0	74.4	70.1	78.9	81.7	78.7	74.9
0.55	69.0	70.0	65.8	56.1	74.1	77.1	73.1	61.7	77.8	80.8	77.2	73.0	81.5	83.9	80.9	77.0
0.75	72.1	72.1	70.0	61.2	77.4	79.6	75.9	66.2	80.7	82.5	78.9	75.0	83.5	85.7	82.7	78.4
1.1	75.0	75.0	72.9	66.5	79.6	81.4	78.1	70.8	82.7	84.1	81.0	77.7	85.2	87.2	84.5	80.8
1.5	77.2	77.2	75.2	70.2	81.3	82.8	79.8	74.1	84.2	85.3	82.5	79.7	86.5	88.2	85.9	82.6
2.2	79.7	79.7	77.7	74.2	83.2	84.3	81.8	77.6	85.9	86.7	84.3	81.9	88.0	89.5	87.4	84.5
3	81.5	81.5	79.7	77.0	84.6	85.5	83.3	80.0	87.1	87.7	85.6	83.5	89.1	90.4	88.6	85.9
4	83.1	83.1	81.4	79.2	85.8	86.6	84.6	81.9	88.1	88.6	86.8	84.8	90.0	91.1	89.5	87.1
5.5	84.7	84.7	83.1	81.4	87.0	87.7	86.0	83.8	89.2	89.6	88.0	86.2	90.9	91.9	90.5	88.3
7.5	86.0	86.0	84.7	83.1	88.1	88.7	87.2	85.3	90.1	90.4	89.1	87.3	91.7	92.6	91.3	89.3
11	87.6	87.6	86.4	85.0	89.4	89.8	88.7	86.9	91.2	91.4	90.3	88.6	92.6	93.3	92.3	90.4
15	88.7	88.7	87.7	86.2	90.3	90.6	89.7	88.0	91.9	92.1	91.2	89.6	93.3	93.9	92.9	91.2
18.5	89.3	89.3	88.6	86.9	90.9	91.2	90.4	88.6	92.4	92.6	91.7	90.1	93.7	94.2	93.4	91.7
22	89.9	89.9	89.2	87.4	91.3	91.6	90.9	89.1	92.7	93.0	92.2	90.6	94.0	94.5	93.7	92.1
30	90.7	90.7	90.2	88.3	92.0	92.3	91.7	89.8	93.3	93.6	92.9	91.3	94.5	94.9	94.2	92.7
37	91.2	91.2	90.8	88.8	92.5	92.7	92.2	90.3	93.7	93.9	93.3	91.8	94.8	95.2	94.5	93.1
45	91.7	91.7	91.4	89.2	92.9	93.1	92.7	90.7	94.0	94.2	93.7	92.2	95.0	95.4	94.8	93.4
55	92.1	92.1	91.9	89.7	93.2	93.5	93.1	91.0	94.3	94.6	94.1	92.5	95.3	95.7	95.1	93.7
75	92.7	92.7	92.6	90.3	93.8	94.0	93.7	91.6	94.7	95.0	94.6	93.1	95.6	96.0	95.4	94.2
90	93.0	93.0	92.9	90.7	94.1	94.2	94.0	91.9	95.0	95.2	94.9	93.4	95.8	96.1	95.6	94.4
110	93.3	93.3	93.3	91.1	94.3	94.5	94.3	92.3	95.2	95.4	95.1	93.7	96.0	96.3	95.8	94.7
132	93.5	93.5	93.5	91.5	94.6	94.7	94.6	92.6	95.4	95.6	95.4	94.0	96.2	96.4	96.0	94.9
160	93.8	93.8	93.8	91.9	94.8	94.9	94.8	93.0	95.6	95.8	95.6	94.3	96.3	96.6	96.2	95.1
200	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.3	95.4
250	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.5	95.4
315	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
355	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
400	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
450	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4
500-1000	94.0	94.0	94.0	92.5	95.0	95.1	95.0	93.5	95.8	96.0	95.8	94.6	96.5	96.7	96.6	95.4

Para ello, se elegirán las potencias y eficiencias normalizadas de motor de 4 polos, trabajando a la misma frecuencia que el buque, es decir, 60 Hz. Esta tabla viene dada según la IEC 60034-30.

Para motores con potencias inferiores a 20 kW, se emplearán motores de eficiencia estándar, sin embargo, para los superiores a 20 kW, se emplearán de alta eficiencia IE-2: High efficiency.

Para el resto de equipos y servicios calculados en cuadernos anteriores, se considerará la potencia calculada con la eficiencia incluida. En aquellos casos que sea necesario, se consultarán sus catálogos comerciales para obtener la potencia real consumida.

En cuanto al desglose de los consumidores se van a considerar tres bloques principales:

- Sistemas auxiliares de cámara de máquinas:
  - Sistemas auxiliares del motor principal generador (Cuaderno 10).
  - Sistemas auxiliares de los grupos electrógenos.
- Equipos y servicios:
  - Servicio de sentinas.
  - Servicio de lastre.
  - Servicio contraincendios.
  - Sistema de Agua Sanitaria.
  - Ventilación y A/C.
  - Sistema de carga y descarga de petroleros.
  - Generador de Gas Inerte.
  - Equipos y sistemas de habilitación.
  - Mantenimiento y provisiones.
  - Navegación.
- Iluminación:
  - Iluminación principal.
  - Iluminación de emergencia.

### 3.1 Sistemas Auxiliares de Cámara de Máquinas.

EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				
	Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			P. Total	
			Útil	ne	Abs.	$N \times P. Abs.$	
PR	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)						
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN						
	Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1
	Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1
	Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8
	TOTAL						462,0
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN						
	Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8
	Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7
	TOTAL						282,46
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE						
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5
	Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6

TOTAL						712,33
5. SERVICIO DE AIRE						
Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4
TOTAL						25,37

### 3.2 Equipos y servicios varios.

EQUIPO	CARACTERISTICAS		CARACTERISTICAS				
	Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			P. Total	
			Útil	ne	Abs.	N x P. Abs.	
PRO PUL	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)						
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN						
	Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1
	Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1
	Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8
	TOTAL						462,0
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN						
	Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8
	Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7
	TOTAL						282,46
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE						
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5
	Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6
	TOTAL						712,33
	5. SERVICIO DE AIRE						
	Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4
	TOTAL						25,37
	SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS					
Bomba de Sentinas		3	105,3	110	0,945	116,40	349,2
TOTAL						349,2	
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE						
	Bomba de Lastre	8	110,3	132,0	0,947	139,39	1115,1
TOTAL						1115,10	
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS						
	Bombas Contraincendios	2	64	75,0	0,94	79,79	159,6
	Bomba Contraincendios de Emergencia	2	36	45	0,931	48,34	96,7

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

		TOTAL					256,24
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA						
	Bomba de Agua Sanitaria Fría	2	114	132	0,947	139,4	278,8
	Bomba de Agua Sanitaria Caliente	1	114	132	0,947	139,4	139,4
	Calentador de Agua Sanitaria	3	40	-	-	40,0	120,0
	Planta TAR	1	8	-	-	8,0	8,0
	Generador de Agua Dulce	1	466,7	-	-	466,7	466,7
	TOTAL					1012,9	
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO						
	A/C	1	30	-	-	30	30,0
	Ventilación de Espacios	12	11	-	-	11	132,0
	Ventilación de Cámara de Máquinas	-	30	-	-	30	30,0
	TOTAL					192,0	
PETROLEROS	11. EQUIPOS GENERALES DE PETROLEROS						
	Bombas de Carga y Descarga	12	353,5	355	0,951	373,2912723	4479,5
	Generador de Gas Inerte	2	250	-	-	250	500,0
	TOTAL					4979,5	
FONDA Y HOTEL	12. FONDA Y HOTEL						
	Cocina Eléctrica	1	2	-	-	2	2,0
	Horno	1	1,8	-	-	1,8	1,8
	Campana Extractora de Gases	1	1,7	-	-	1,7	1,7
	Batidora	1	1	-	-	1	1,0
	Freidora	1	1	-	-	1	1,0
	Tostadora	1	0,8	-	-	0,8	0,8
	Cafetera Eléctrica	3	1	-	-	1	3,0
	Molinillo de Café	1	0,5	-	-	0,5	0,5
	Picadora de Carne	1	0,75	-	-	0,75	0,8
	Cortafiambres	1	0,3	-	-	0,3	0,3
	Frigoríficos	1	1,3	-	-	1,3	1,3
	Lavavajillas	1	1	-	-	1	1,0
	Calienta Platos	1	0,8	-	-	0,8	0,8
	Microondas	2	0,5	-	-	0,5	1,0
	Lavadoras	5	1,5	-	-	1,5	7,5
	Secadoras	3	1,5	-	-	1,5	4,5
	Planchas	6	1	-	-	1	6,0
	Compresores Gambuza	2	5	-	-	5	10,0
	Televisiones	5	0,2	-	-	0,2	1,0
TOTAL					46,0		
MANTENIMIENTO	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO						
	Puntal de Provisiones	2	6	-	-	6	12,0
	Grúa Cámara de Máquinas	1	6	-	-	6	6,0
	Torno	1	3,5	-	-	3,5	3,5



	Taladro	2	1	-	-	1	2,0
	Esmeriladora	1	1	-	-	1	1,0
	Equipo de Soldadura	1	8,5	-	-	8,5	8,5
	Equipo de Corte Oxi.	1	8,5	-	-	8,5	8,5
	Compresor de Aire	4	3,7	-	-	3,7	14,8
	TOTAL						56,3
VARIOS	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO						
	Servomotor	2	691,842	-	-	691,842	691,8
	Chigres de Popa y Proa	4	22,1	-	-	22,1	88,4
	Chigres de Zona Central	2	22,1	-	-	22,1	44,2
	Molinetes	1	1165,35	-	-	1165,35	1165,4
	TOTAL						780,2
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA						
	Equipos de Radio	1	5	-	-	5	5
	Equipo de Navegación	1	12	-	-	12	12
	Comunicaciones Interiores	1	2	-	-	2	2
	Comunicaciones Exteriores	1	4	-	-	4	4
	TOTAL						23

### 3.3 Sistema de iluminación.

El buque del presente proyecto dispone de una instalación de iluminación formada por el conjunto de estos tres tipos:

- Alumbrado general: consiste en el alumbrado común de los distintos compartimentos del buque. Los puntos de iluminación se deben distribuir de forma que la iluminación proporcionada sea adecuada para la actividad o actividades desarrolladas en los distintos locales. Este sistema está alimentado por los motores generadores principales, desapareciendo cuando estos dejan de funcionar.
- Alumbrado exterior: constituido por todas las luces necesarias para la iluminación de la cubierta principal, zonas de botes de rescate, etc.
- Alumbrado de emergencia: para tener iluminación en caso de fallo o avería. Deberá poder iluminar la cámara de máquinas y puestos de maniobra, puente, local de aparato de gobierno, puntos de evacuación y proyectores de botes.

El alumbrado de emergencia deberá saltar de manera automática si, por cualquier causa, ocurre un fallo en la fuente de energía principal. Es común la instalación de un grupo de baterías que permita mantener alumbradas las partes esenciales del buque.

Para el cálculo de la potencia necesaria para la iluminación se siguen los apuntes de la asignatura "Proyectos del Buque II". Se muestra la iluminación adecuada (luminancia) para cada local en luxes, datos recogidos en la siguiente tabla:

ESPACIOS	ILUMINACIÓN (lux)	
	MÍNIMO	MÁXIMO
CAMAROTE OFICIALES	200	250
CAMAROTE TRIPULACIÓN	150	200
PASILLOS TRIPULACIÓN	100	150
LOCAL REUNIÓN TRIPULACIÓN	120	250
LOCAL SERVICIO	250	300
ENFERMERÍA	500	1000
PUENTE DESCUBIERTO	20	40
PUENTE DE BOTES	10	20
MÁQUINAS	300	450
PUESTO DE MANIOBRAS	500	750
CALDERAS	250	350
TÚNELES	100	150
TALLER DE MONTAJE	1000	2000
TALLER DE MAQUINARIA	500	1000
SALA DE DIBUJO	750	1500
OFICINA	400	750

A partir de estos valores y con las superficies de cada local a iluminar, se obtiene el flujo luminoso mediante la siguiente expresión:

$$L = 0,03 \times E \times S \times \frac{F_d}{F_u}$$

Donde:

L: flujo luminoso en lúmenes.

E: iluminancia en luxes.

S: superficie iluminada en m<sup>2</sup>.

F<sub>d</sub>: factor de suciedad, que puede oscilar entre 1,25 y 2,5. En este caso se considera 1,5.

F<sub>u</sub>: factor de utilización que es función de si el alumbrado es directo o indirecto y de un factor k que depende de las dimensiones del local iluminado. Para simplificar los cálculos, se decide emplear solamente alumbrado directo, por lo que se puede estimar un factor de utilización de 0,55 para cualquiera de los espacios disponibles.

Para hallar el valor de potencia que se consume se necesita saber el rendimiento luminoso (lumen/Watt) de la lámpara, que dependerá del tipo empleado. En este caso se instalarán lámparas LED en toda la iluminación interior del buque con un rendimiento de 15 lumen/Watt.

La potencia consumida en cada espacio se define por la siguiente expresión:

$$P(kW) = \frac{L}{\eta}$$

En el caso del alumbrado interior en la zona de habitación y cámara de máquinas será:

	ÁREA (m <sup>2</sup> )	E (lux)	Fd	Fu	Flujo Luminoso (lm)	Lámpara	Rendimiento	P (kW)
<b>CAMARTOTES DE OFICIALES</b>	162,41	200,00	1,50	0,55	2657,65	LED	150,00	17,72
<b>CAMARTOTES DE TRIPULACIÓN</b>	406,16	150,00	1,50	0,55	4984,74	LED	150,00	33,23
<b>PASILLOS TRIPULACIÓN</b>	329,40	100,00	1,50	0,55	2695,09	LED	150,00	17,97
<b>LOCAL REUNIÓN DE TRIPULACIÓN</b>	30,63	120,00	1,50	0,55	300,75	LED	150,00	2,01
<b>LOCAL SERVICIO</b>	680,76	250,00	1,50	0,55	13924,64	LED	150,00	92,83
<b>ENFERMERÍA</b>	75,85	500,00	1,50	0,55	3102,75	LED	150,00	20,69
<b>PUENTE</b>	230,88	20,00	1,50	0,55	377,80	LED	150,00	2,52
<b>MÁQUINAS</b>	2203,16	300,00	1,50	0,60	49571,16	LED	150,00	330,47
<b>TALLER DE MONTAJE</b>	370,98	500,00	1,50	0,55	15176,47	LED	150,00	101,18
<b>TALLER DE MAQUINARIA</b>	84,88	500,00	1,50	0,55	3472,16	LED	150,00	23,15
<b>OFICINAS</b>	262,34	400,00	1,50	0,55	8585,80	LED	150,00	57,24
<b>TOTAL</b>								<b>698,99</b>
<b>TOTAL/2</b>								<b>349,50</b>

*\*Dadas las grandes superficies a iluminar, el mínimo de luminancia para algunas zonas bajará del mínimo recomendado según la tabla para no llegar a una potencia requerida de iluminación muy alta.*

*Además, se considera la mitad de la potencia de iluminación dado que no todos los espacios a iluminar se iluminarán a la vez, sino que estarán en posición de Stand-By (apagado) y se encenderán con sensores de presencia según la tripulación esté o no en los respectivos habitáculos.*

Para el alumbrado exterior, se consideran luces de proyección, para maniobras de amarre, accesos y cubiertas de botes, además de las luces de navegación y fondeo. Se estima una potencia de 15 kW, por tanto:

$$P_{\text{alumbrado general}} = 349,50 + 15 = 364,5 \text{ kW}$$

Para el alumbrado de emergencia, la alimentación se realiza mediante un grupo de baterías, las cuales saltan automáticamente cuando se detecta una caída de potencia. Los espacios que requieren este tipo de iluminación son la Cámara de Máquinas, el Puente de Gobierno, los pasillos de acceso y cubiertas de botes:

	ÁREA (m <sup>2</sup> )	E (lux)	Fd	Fu	Flujo Luminoso (lm)	Lámpara	Rendimiento	P (kW)
<b>PASILLOS TRIPULACIÓN</b>	329,40	100,00	1,50	0,55	2695,09	LED	150,00	17,97
<b>PUENTE</b>	230,88	20,00	1,50	0,55	377,80	LED	150,00	2,52
<b>MÁQUINAS</b>	2203,16	300,00	1,50	0,55	54077,63	LED	150,00	360,52
<b>TOTAL</b>								<b>381,00</b>
<b>TOTAL/2</b>								<b>190,50</b>

Entonces el apartado de alumbrado queda como:

16. ALUMBRADO						
Alumbrado Interno	1	364,50	-	-	364,50	364,50
Alumbrado Exterior	1	15	-	-	15	15
Alumbrado de emergencia	1	191	-	-	191	191
<b>TOTAL</b>						<b>570,00</b>

## 4 BALANCE ELÉCTRICO.

El balance eléctrico evalúa las necesidades relacionadas con la energía eléctrica durante las distintas condiciones de carga. Se estima la potencia promedio requerida por cada consumidor, se hace un estudio probabilístico y se evalúa en comparación con la potencia total instalada en el buque.

El objetivo principal es el de determinar la potencia de los generadores instalados, comprobando que satisfaga la potencia absorbida por los consumidores en su situación más desfavorable. Consiste en un estudio de las necesidades energéticas en las diferentes situaciones de carga.

A continuación, se describen las situaciones consideradas.

- **Navegación a plena carga en modo HFO:** Se estudiará el balance para el buque navegando a plena carga, con los sistemas que necesite operativos, a 14,8 nudos durante 24 h. El fuel empleado será el HFO.
- **Situación de estancia en puerto:** en la que el consumo energético es debido a elementos ajenos a la propulsión y al manejo de la carga.
- **Condición de maniobra de atraque o desatraque:** Se estudia la potencia que necesita el buque para realizar las tareas oportunas de atraque o desatraque.
- **Condición de emergencia:** En esta situación se ha de estudiar la potencia que demandan los consumidores que deben funcionar durante la emergencia. Esta condición está regulada y se dimensiona en base al SOLAS, Parte D, Regla 43. Esta regla diferencia entre los buques de pasaje y los buques de carga. En el caso del buque proyecto, la fuente de energía eléctrica de emergencia tendrá la capacidad de alimentar simultáneamente como mínimo y durante los periodos que se especifican a los servicios que se detallan a continuación:
  - Durante un período de 18 h:
    - Alumbrado de emergencia (Apartado 6.3)
    - Luces de navegación Instalación radioeléctrica de ondas métricas
    - Equipo de comunicaciones interiores.
    - Aparatos náuticos a bordo Sistema de detección de incendios y alarmas.
    - Lámpara de señales diurnas, el claxon, avisadores de accionamiento manual y todas las señales interiores.
    - Bombas contraincendios
    - Bombas de emergencia de achique de sentinas.
  - Durante un período de 30 minutos:
    - Toda puerta estanca
    - Dispositivos de emergencia que impulsan los ascensores hasta la cubierta.

En apartados sucesivos se va a comentar con detalle como funciona el buque en cada una de las condiciones de carga anteriormente mencionadas. Para la realización del balance, se dividen los consumidores como se comentó en el apartado anterior. En el balance se ha utilizado la potencia absorbida por cada consumidor, la cual viene dada por la expresión:

$$P_{absorbida} = \frac{P_{\acute{u}til}}{\eta_e}$$

Donde:

$P_{\acute{u}til}$ : viene dada por la potencia calculada o bien la potencia normalizada.

$\eta_e$ : rendimiento efectivo de cada consumidor.

$$P_{TOTAL} = P_{absorbida} \times N^{\circ}_{EQUIPOS}$$

Para la estimación de la potencia consumida por cada equipo o conjunto de equipos se empleará la siguiente ecuación:

$$P_{necesaria} = K_u \times P_{TOTAL}$$

Donde:

$K_u$ : factor de utilización.

$P_{TOTAL}$ : potencia total instalada.

#### 4.1 Justificación de coeficientes.

Para obtener la potencia demandada en cada situación de carga, tal como se estudió en la asignatura de Sistemas Eléctricos y Electrónicos del buque, es necesario multiplicar las potencias totales por un coeficiente de utilización, el cual, se obtiene a partir de diversos factores:

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

Los términos son definidos a continuación:

$K_n$ : Factor de simultaneidad en marcha. Refleja este coeficiente que un cierto número de receptores idénticos puedan permanecer inactivos por tratarse de respectos. Se define por tanto como el cociente entre el número de equipos que están funcionando de manera simultánea entre el número total de equipos.

$$K_n = \frac{n^{\circ} \text{ de equipos en servicio}}{n^{\circ} \text{ de equipos instalados}}$$

$K_{sr}$ : Coeficiente de servicio y régimen. En este caso el factor se obtiene a partir de dos:

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

Donde los términos de los que dependen son:

$K_s$ : Coeficiente de servicio, el cual depende del número de horas que el equipo se encuentre funcionando.

$$K_s = \frac{n^{\circ} \text{ de horas en servicio}}{24 \text{ horas}}$$

$K_r$ : Coeficiente de régimen, depende del régimen al que trabaje el equipo.

$$K_r = \frac{\text{Potencia absorbida}}{\text{Potencia útil}} \times n$$

Es  $K_s=1$  si un único aparato o conjunto de aparatos trabajan de forma continua simultáneamente. Será menor de 1 si:

- El equipo es susceptible de trabajar simultáneamente, de forma discontinua.
- Los aparatos de funcionamiento discontinuo presentan un servicio temporal inferior de una hora.
- El grupo de dispositivos en funcionamiento discontinuo superior a una hora, pero es predecible una puesta en marcha sucesiva de los aparatos que constituyen el conjunto.

La determinación de los factores de simultaneidad y servicio se da en función de las siguientes condiciones:

- La funcionalidad del servicio.
- La operabilidad del buque.
- Las costumbres de uso de la tripulación, etc.

Es común que los constructores marquen un margen de reserva para poder hacer frente a un exceso de potencia demandada, o bien para navegar a máxima velocidad o con condiciones meteorológicas adversas.

Debido al desconocimiento de sus variables, es frecuente que la obtención de este coeficiente de forma matemática sea imposible, es por ello, que su valor en el presente proyecto se base en datos de los buques de referencia, además de en las recomendaciones dadas en la asignatura de Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque.

		$K_n$	$K_{sr}$	$K_u$
Maquinaria de Cubierta	Grúas	1	0,75	0,75
	Molinete	-	0,6-0,1	-
	Cabrestante	1	0,8-0,9	0,8
	Maquinillas de carga	1	0,33 -1	
	Servomotor	0,5	0,25	0,125 (frec. 0,15)
Auxiliares de Propulsión	Bombas auxiliares, purificadores, generadores de agua destilada, etc	1-0,5	0,8-0,9	0,5 -0,9
Otros	Ventiladores y calefacción	-	0,3 - 1	-
	Bombas servicios	-	0,5 - 1	-
	Alumbrado	-	-	0,5-1
	Equipo cocina	-	0,5 - 1	-

#### 4.1.1 Sistema de cámara de máquinas.

Como ha sido comentado, este apartado comprende la potencia requerida por el motor principal y sistemas auxiliares del motor generador principal (lo que se vió en el cuaderno 10).

El motor escogido es uno lento, de dos tiempos, diésel directamente acoplado a una hélice de paso fijo. El buque ha de poder navegar a 14,8 nudos en condiciones de servicio a un

régimen de 85% del MCR y con un margen de mar del 10% y en estas condiciones cumplir con las 18.000 millas de autonomía que exige la RPA.

Se considera para los equipos auxiliares de cámara de máquinas un  $K_{sr}=0,9$ , a servicio continuo las 24 horas y un régimen máximo diseño del 90%.

#### ***4.1.2 Equipos y servicios varios.***

En este bloque se incluyen:

- Servicio de sentinas.
- Servicio de lastre.
- Servicio contra incendios.
- Ventilación y A/C.
- Sistemas y servicios de elevación.
- Equipos de mantenimiento.
- Equipos de cubierta y servo.
- Fonda y hotel.
- Equipos de navegación, comunicaciones y electrónica.

El servicio de lastre se emplea únicamente en la condición de navegabilidad con los tanques vacíos, es decir, en lastre.

Por otra parte, los equipos de cubierta (chigres, molinetes, etc.) serán utilizados tan solo cuando el buque se encuentre en carga/descarga o en maniobras.

Los servicios contra incendios funcionan cuando se detectan situaciones de emergencia.

El coeficiente de régimen oscila, en la gran mayoría de los equipos, entre un 0,7 y un 0,9, dependiendo del equipo.

Se han de tener en cuenta las recomendaciones dadas por Manuel Baquerizo en su libro "Electricidad Marina Práctica".

#### ***4.1.3 Iluminación.***

El cálculo se ha llevado a cabo según las normas descritas en la sección 3.3 de este mismo cuaderno. En condición de emergencia, se tendrán en cuenta las horas de funcionamiento estipuladas por el SOLAS.

### **4.2 Cálculo del balance para las distintas condiciones.**

En esta sección se adjuntan y evalúan los resultados obtenidos del balance de carga para las distintas condiciones presentadas durante la navegación del buque tratado.



### 4.2.1 Situación de navegación en modo HFO.

Para esta condición el motor diésel trabajará con el propósito de ofrecer a la hélice la potencia requerida. Los equipos auxiliares del motor generador, como el servicio de lubricación, refrigeración, combustible, aire comprimido y exhaustación estarán operativos.

Los equipos propios del petrolero de crudo como son el generador de gas inerte o las bobas de carga y descarga no estarán en funcionamiento.

A continuación, se adjunta la tabla de balance con los resultados finales:

POTENCIAS														
EQUIPO		CARACTERISTICAS		CARACTERISTICAS				NAVEGACIÓN NORMAL EN MODO HFO						
		Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			P. Total	Nº ON	Coeficientes				P. necesaria	
				Útil	ne	Abs.			N x P. Abs.	Kn	Ks	Kr		Ku
PRO PUL SIÓ	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)													
	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN													
		Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1	1	0,5	1	0,85	0,43	81,2
		Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1	1	0,5	1	0,85	0,43	81,2
		Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8	1	0,5	1	0,85	0,43	33,9
		TOTAL						462,0			TOTAL			196,35
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN													
		Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8	1	0,5	1	0,85	0,43	118,5
		Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7	0,5	1	1	0,85	0,85	3,1
		TOTAL						282,46			TOTAL			121,6

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE														
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2	1	0,5	1	0,85	0,425	2,2	
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0	1	0,5	1	0,85	0,43	29,8	
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0	1	0,5	1	0,85	0,43	248,2	
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5	1	0,5	1	0,85	0,43	5,3	
	Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6	1	0,5	1	0,85	0,43	17,2	
	TOTAL						712,33						302,7	
5. SERVICIO DE AIRE														
	Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4	1	0,5	1	0,85	0,425	10,8	
	TOTAL						25,37						10,8	
SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS													
		Bomba de Sentinas	3	105,3	110	0,945	116,40	349,2	2	0,666	1	0,8	0,5328	186,1
		TOTAL						349,2						186,1
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE													
		Bomba de Lastre	8	110,3	132,0	0,947	139,39	1115,1	5	1	0	0,8	0	0,0
		TOTAL						1115,10						0,0
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS													
		Bombas Contraincendios	2	64	75,0	0,94	79,79	159,6	2	0,666	0	8	0	0,0
		Bomba Contraincendios de Emergencia	2	36	45	0,931	48,34	96,7	0	0	0	0,8	0	0,0
		TOTAL						256,24						0,0
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA													
		Bomba de Agua Sanitaria Fría	2	114	132	0,947	139,4	278,8	1	0,5	1	0,8	0,4	111,5
		Bomba de Agua Sanitaria Caliente	1	114	132	0,947	139,4	139,4	1	1	0,83	0,8	0,67	92,9
		Calentador de Agua Sanitaria	3	40	-	-	40,0	120,0	1	1	0,83	0,8	0,67	80,0
		Planta TAR	1	8	-	-	8,0	8,0	1	1	0,58	0,8	0,47	3,7
		Generador de Agua Dulce	1	466,7	-	-	466,7	466,7	1	1	0,58	0,8	0,47	217,7

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

		TOTAL						1012,9	TOTAL						505,8
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO														
	A/C	1	30	-	-	30	30,0	1	0,5	1	0,8	0,4	12,0		
	Ventilación de Espacios	12	11	-	-	11	132,0	7	0,875	1	0,85	0,74375	98,2		
	Ventilación de Cámara de Máquinas	-	30	-	-	30	30,0	1	1	1	0,8	0,8	24,0		
	TOTAL						192,0	TOTAL						134,2	
PETROLEROS	11. EQUIPOS GENERALES DE PETROLEROS														
	Bombas de Carga y Descarga	12	353,5	355	0,951	373,29	4479,5	0	0	0	0,8	0	0,0		
	Generador de Gas Inerte	2	250	-	-	250	500,0	1	0,5	0	0,8	0	0,0		
	TOTAL						4979,5	TOTAL						0,0	
FONDA Y HOTEL	12. FONDA Y HOTEL														
	Cocina Eléctrica	1	2	-	-	2	2,0	1	1	0,67	0,8	0,53	1,1		
	Horno	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,2		
	Campana Extractora de Gases	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0,67	0,8	0,53	0,9		
	Batidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1		
	Freidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,33	0,8	0,27	0,3		
	Tostadora	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1		
	Cafetera Eléctrica	3	1	-	-	1	3,0	1	1	0,75	0,8	0,60	1,8		
	Molinillo de Café	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,75	0,8	0,60	0,3		
	Picadora de Carne	1	0,75	-	-	0,75	0,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1		
	Cortafiambres	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0,17	0,8	0,13	0,0		
	Frigoríficos	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	1,00	0,8	2,40	3,1		
	Lavavajillas	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,67	0,8	0,53	0,5		
	Calienta Platos	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,67	0,8	0,53	0,4		
	Microondas	2	0,5	-	-	0,5	1,0	5	2,5	0,75	0,8	1,50	1,5		
Lavadoras	5	1,5	-	-	1,5	7,5	5	1,25	0,58	0,8	0,58	4,4			

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Secadoras	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0,58	0,8	0,47	2,1
	Planchas	6	1	-	-	1	6,0	5	2,5	0,58	0,8	1,17	7,0
	Compresores Gambuza	2	5	-	-	5	10,0	2	1	1,00	0,8	0,80	8,0
	Televisiones	5	0,2	-	-	0,2	1,0	5	1	0,58	0,8	0,47	0,5
	TOTAL						46,0			TOTAL			32,5
	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO												
MANTENIMIENTO	Puntal de Provisiones	2	6	-	-	6	12,0	1	0,5	1,00	0,8	0,40	4,8
	Grúa Cámara de Máquinas	1	6	-	-	6	6,0	1	1	1,00	0,8	0,80	4,8
	Torno	1	3,5	-	-	3,5	3,5	1	1	0,83	0,8	0,67	2,3
	Taladro	2	1	-	-	1	2,0	1	0,5	0,83	0,8	0,33	0,7
	Esmeriladora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,83	0,8	0,67	0,7
	Equipo de Soldadura	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,83	0,8	0,67	5,7
	Equipo de Corte Oxi.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,83	0,8	0,67	5,7
	Compresor de Aire	4	3,7	-	-	3,7	14,8	1	0,75	0,17	0,8	0,10	1,5
	TOTAL						56,3			TOTAL			26,1
	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO												
VARIOS	Servomotor	2	691,84	-	-	691,84	691,8	1	1	1	0,8	0,8	553,5
	Chigres de Popa y Proa	4	22,1	-	-	22,1	88,4	0	0	0	0,8	0	0,0
	Chigres de Zona Central	2	22,1	-	-	22,1	44,2	0	0	0	0,8	0	0,0
	Molinetes	1	1165,35	-	-	1165,35	1165,4	0	0	0	0,5	0	0,0
	TOTAL						780,2			TOTAL			553,5
	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA												
NAVEGACIÓN	Equipos de Radio	1	5	-	-	5	5	1	1	1	0,8	0,8	4,0
	Equipo de Navegación	1	12	-	-	12	12	1	1	1	0,8	0,8	9,6
	Comunicaciones Interiores	1	2	-	-	2	2	1	1	1	0,8	0,8	1,6
	Comunicaciones Exteriores	1	4	-	-	4	4	1	1	1	0,8	0,8	3,2

		TOTAL						23	TOTAL						18,4
ALUMBRADO	16. ALUMBRADO														
	Alumbrado Interno	1	364,50	-	-	364,50	364,50	1	1	0,75	0,8	0,6	218,7		
	Alumbrado Exterior	1	15	-	-	15	15	1	1	0,5	0,8	0,4	6,0		
	Alumbrado de emergencia	1	191	-	-	191	191	0	0	0	0,8	0,0	0,0		
	TOTAL						570,00						TOTAL	224,7	
TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO							10862,5	TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO EN NAVEGACIÓN NORMAL						2312,6	

#### 4.2.2 Situación de carga, descarga y lastre.

En las operaciones de carga y descarga la planta propulsora del buque permanecerá apagada, mientras que la planta eléctrica del mismo se mantendrá en funcionamiento. Las bombas de lastre permanecerán también operativas con el fin de equilibrar el buque durante el proceso. El tiempo estimado para esta operación es de 15 horas.

POTENCIAS														
EQUIPO		CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CONDICIÓN CARGA/DESCARGA						
		Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			P. Total	Nº ON	Coeficientes				P. necesaria	
				Útil	ne	Abs.			N x P. Abs.	Kn	Ks	Kr		Ku
PRO	PUL	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)												
SISTEMAS	NECESARIOS	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
		Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1	1	0,5	0,63	0,85	0,27	50,8
		Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1	1	0,5	0,63	0,85	0,27	50,8

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8	1	0,5	0,63	0,85	0,27	21,2
	TOTAL						462,0						122,72
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
	Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8	1	0,5	0,63	0,85	0,27	74,0
	Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7	0,5	1	0,63	0,85	0,53	2,0
	TOTAL						282,46						76,0
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2	1	0,5	0,63	0,85	0,27	1,4
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0	1	0,5	0,63	0,85	0,27	18,6
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0	1	0,5	0,63	0,85	0,27	155,1
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5	1	0,5	0,63	0,85	0,27	3,3
	Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6	1	0,5	0,63	0,85	0,27	10,8
	TOTAL						712,33						189,2
	5. SERVICIO DE AIRE												
	Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4	1	0,50	0,63	0,85	0,27	6,7
	TOTAL						25,37						6,7
	6. SERVICIO DE SENTINAS												
SENTINAS	Bomba de Sentinas	3	105,3	110	0,945	116,40	349,2	2	0,67	0,63	0,8	0,33	116,3
	TOTAL						349,2						116,3
	7. SERVICIO DE LASTRE												
LASTRE	Bomba de Lastre	8	110,3	132,0	0,947	139,39	1115,1	5	1	0,63	0,8	0,5	557,6
	TOTAL						1115,10						557,6
	8. SERVICIO CONTRA INCENDIOS												
CONTRAINCENDIOS	Bombas Contra incendios	2	64	75,0	0,94	79,79	159,6	2	0,67	0	8	0	0,0
	Bomba Contra incendios de Emergencia	2	36	45	0,931	48,34	96,7	0	0	0	0,8	0	0,0
	TOTAL						256,24						0,0

9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA													
AGUA SANITARIA	Bomba de Agua Sanitaria Fría	2	114	132	0,947	139,4	278,8	1	0,5	1,00	0,8	0,40	111,5
	Bomba de Agua Sanitaria Caliente	1	114	132	0,947	139,4	139,4	1	1	0,63	0,8	0,50	69,7
	Calentador de Agua Sanitaria	3	40	-	-	40,0	120,0	1	1	0,63	0,8	0,50	60,0
	Planta TAR	1	8	-	-	8,0	8,0	1	1	0,29	0,8	0,23	1,9
	Generador de Agua Dulce	1	466,7	-	-	466,7	466,7	1	1	0,29	0,8	0,23	108,9
	TOTAL							1012,9	TOTAL				
10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO													
VENTILACIÓN	A/C	1	30	-	-	30	30,0	1	0,5	1	0,8	0,4	12,0
	Ventilación de Espacios	12	11	-	-	11	132,0	11	0,875	1	0,85	0,74	98,2
	Ventilación de Cámara de Máquinas	-	30	-	-	30	30,0	0	0	0	0	0	0,0
	TOTAL							192,0	TOTAL				
11. EQUIPOS GENERALES DE PETROLEROS													
PETROLEROS	Bombas de Carga y Descarga	12	353,5	355	0,951	373,29	4479,5	12	1	1	0,8	0,8	3583,6
	Generador de Gas Inerte	2	250	-	-	250	500,0	1	0,5	1	0,8	0,4	200,0
	TOTAL							4979,5	TOTAL				
12. FONDA Y HOTEL													
FONDA Y HOTEL	Cocina Eléctrica	1	2	-	-	2	2,0	1	1	0,67	0,8	0,53	1,1
	Horno	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,2
	Campana Extractora de Gases	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0,67	0,8	0,53	0,9
	Batidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1
	Freidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,33	0,8	0,27	0,3
	Tostadora	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1
	Cafetera Eléctrica	3	1	-	-	1	3,0	1	1	0,75	0,8	0,60	1,8
	Molinillo de Café	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,75	0,8	0,60	0,3
	Picadora de Carne	1	0,75	-	-	0,75	0,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Cortafiambres	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0,17	0,8	0,13	0,0
	Frigoríficos	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	1,00	0,8	2,40	3,1
	Lavavajillas	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,67	0,8	0,53	0,5
	Calienta Platos	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,67	0,8	0,53	0,4
	Microondas	2	0,5	-	-	0,5	1,0	5	2,5	0,75	0,8	1,50	1,5
	Lavadoras	5	1,5	-	-	1,5	7,5	5	1,25	0,58	0,8	0,58	4,4
	Secadoras	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0,58	0,8	0,47	2,1
	Planchas	6	1	-	-	1	6,0	5	2,5	0,58	0,8	1,17	7,0
	Compresores Gambuza	2	5	-	-	5	10,0	2	1	1,00	0,8	0,80	8,0
	Televisiones	5	0,2	-	-	0,2	1,0	5	1	0,58	0,8	0,47	0,5
	<b>TOTAL</b>						<b>46,0</b>			<b>TOTAL</b>			<b>32,5</b>
	<b>13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO</b>												
MANTENIMIENTO	Puntal de Provisiones	2	6	-	-	6	12,0	1	0,5	1,00	0,8	0,40	4,8
	Grúa Cámara de Máquinas	1	6	-	-	6	6,0	1	1	1,00	0,8	0,80	4,8
	Torno	1	3,5	-	-	3,5	3,5	1	1	0,83	0,8	0,67	2,3
	Taladro	2	1	-	-	1	2,0	1	0,5	0,83	0,8	0,33	0,7
	Esmeriladora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,83	0,8	0,67	0,7
	Equipo de Soldadura	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,83	0,8	0,67	5,7
	Equipo de Corte Oxi.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,83	0,8	0,67	5,7
	Compresor de Aire	4	3,7	-	-	3,7	14,8	3	0,75	0,17	0,8	0,10	1,5
	<b>TOTAL</b>						<b>56,3</b>			<b>TOTAL</b>			<b>26,1</b>
	<b>14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO</b>												
VARIOS	Servomotor	2	691,842	-	-	691,842	691,8	0	1	0,625	0,8	0,5	345,9
	Chigres de Popa y Proa	4	22,1	-	-	22,1	88,4	2	1	0	0,8	0	0,0
	Chigres de Zona Central	2	22,1	-	-	22,1	44,2	1	1	0,625	0,8	0,5	22,1
	Molinetes	1	1165,35	-	-	1165,35	1165,4	1	1	0,625	0,5	0,31	364,2



		TOTAL						780,2	TOTAL						732,2
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA														
	Equipos de Radio	1	5	-	-	5	5	1	1	0,625	0,8	0,5	2,5		
	Equipo de Navegación	1	12	-	-	12	12	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Comunicaciones Interiores	1	2	-	-	2	2	1	1	0,625	0,8	0,5	1,0		
	Comunicaciones Exteriores	1	4	-	-	4	4	1	1	0,625	0,8	0,5	2,0		
TOTAL								23	TOTAL						5,5
ALUMBRADO	16. ALUMBRADO														
	Alumbrado Interno	1	364,50	-	-	364,50	364,50	1	1	0,625	0,8	0,5	182,2		
	Alumbrado Exterior	1	15	-	-	15	15	1	1	0,21	0,8	0,17	2,5		
	Alumbrado de emergencia	1	191	-	-	191	191	0	0	0	0,8	0	0,0		
TOTAL								570,00	TOTAL						184,7
TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO							10862,5	TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO EN CARGA/DESCARGA						6295,3	

### 4.2.3 Situación de maniobra.

La planta propulsora y los auxiliares estarán operativos, pero funcionarán a menor régimen, pues no se realiza a gran velocidad. El sistema de amarre y fondeo estarán también operativos. Para dicha maniobra se estima un tiempo de 5 horas.

POTENCIAS							
EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS		CONDICIÓN DE MANIOBRA		
	Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)	P. Total	Nº ON	Coeficientes	P. necesaria

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

				Útil	ne	Abs.	N x P. Abs.		Kn	Ks	Kr	Ku	Ku x P. Total	
PRO PUL SIÓ	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)													
	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN													
SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1	1	0,5	0,21	0,85	0,09	16,9	
	Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1	1	0,5	0,21	0,85	0,09	16,9	
	Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8	1	0,5	0,21	0,85	0,09	7,1	
	TOTAL							462,0	TOTAL					40,91
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN													
	Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8	1	0,5	0,21	0,85	0,09	24,7	
	Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7	1	1	0,21	0,85	0,18	0,7	
	TOTAL							282,46	TOTAL					25,3
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE													
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2	1	0,5	0,21	0,85	0,09	0,5	
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0	1	0,5	0,21	0,85	0,09	6,2	
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0	1	0,5	0,21	0,85	0,09	51,7	
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5	1	0,5	0,21	0,85	0,09	1,1	
Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6	1	0,5	0,21	0,85	0,09	3,6		
TOTAL							712,33	TOTAL					63,1	
5. SERVICIO DE AIRE														
Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4	1	0,5	0,21	0,85	0,09	2,2		
TOTAL							25,37	TOTAL					2,2	
SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS													
	Bomba de Sentinas	3	105,3	110	0,945	116,40	349,2	2	0,666	0,21	0,8	0,11	38,8	
TOTAL							349,2	TOTAL					38,8	
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE													
	Bomba de Lastre	8	110,3	132,0	0,947	139,39	1115,1	0	0	0	0,8	0	0,0	

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	TOTAL						1115,10	TOTAL					0,0
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS												
	Bombas Contraincendios	2	64	75,0	0,94	79,79	159,6	2	0,666	0	0,8	0	0,0
	Bomba Contraincendios de Emergencia	2	36	45	0,931	48,34	96,7	0	0	0	0,8	0	0,0
	TOTAL						256,24	TOTAL					0,0
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA												
	Bomba de Agua Sanitaria Fría	2	114	132	0,947	139,4	278,8	1	0,5	1	0,8	0,4	111,5
	Bomba de Agua Sanitaria Caliente	1	114	132	0,947	139,4	139,4	1	1	0,58	0,8	0,47	65,0
	Calentador de Agua Sanitaria	3	40	-	-	40,0	120,0	1	1	0,58	0,8	0,47	56,0
	Planta TAR	1	8	-	-	8,0	8,0	1	1	0,29	0,8	0,23	1,9
	Generador de Agua Dulce	1	466,7	-	-	466,7	466,7	1	1	0,29	0,8	0,23	108,9
TOTAL						1012,9	TOTAL					343,3	
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO												
	A/C	1	30	-	-	30	30,0	1	0,5	1	0,8	0,4	12,0
	Ventilación de Espacios	12	11	-	-	11	132,0	11	0,875	1	0,85	0,74	98,2
	Ventilación de Cámara de Máquinas	-	30	-	-	30	30,0	0	0	0	0	0	0,0
TOTAL						192,0	TOTAL					110,2	
PETROLEROS	11. EQUIPOS GENERALES DE PETROLEROS												
	Bombas de Carga y Descarga	12	353,5	355	0,951	373,29	4479,5	0	0	0	0,8	0	0,0
	Generador de Gas Inerte	2	250	-	-	250	500,0	1	0,5	0	0,8	0	0,0
TOTAL						4979,5	TOTAL					0,0	
FONDA Y HOTEL	12. FONDA Y HOTEL												
	Cocina Eléctrica	1	2	-	-	2	2,0	1	1	0,67	0,8	0,53	1,1
	Horno	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,2
	Campana Extractora de Gases	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0,67	0,8	0,53	0,9
	Batidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Freidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,33	0,8	0,27	0,3
	Tostadora	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1
	Cafetera Eléctrica	3	1	-	-	1	3,0	1	1	0,75	0,8	0,60	1,8
	Molinillo de Café	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0,75	0,8	0,60	0,3
	Picadora de Carne	1	0,75	-	-	0,75	0,8	1	1	0,17	0,8	0,13	0,1
	Cortafiambrés	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0,17	0,8	0,13	0,0
	Frigoríficos	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	1,00	0,8	2,40	3,1
	Lavavajillas	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,67	0,8	0,53	0,5
	Calienta Platos	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0,67	0,8	0,53	0,4
	Microondas	2	0,5	-	-	0,5	1,0	5	2,5	0,75	0,8	1,50	1,5
	Lavadoras	5	1,5	-	-	1,5	7,5	5	1,25	0,58	0,8	0,58	4,4
	Secadoras	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0,58	0,8	0,47	2,1
	Planchas	6	1	-	-	1	6,0	5	2,5	0,58	0,8	1,17	7,0
	Compresores Gambuza	2	5	-	-	5	10,0	2	1	1,00	0,8	0,80	8,0
	Televisiones	5	0,2	-	-	0,2	1,0	5	1	0,58	0,8	0,47	0,5
	TOTAL						46,0			TOTAL			32,5
	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO												
MANTENIMIENTO	Puntal de Provisiones	2	6	-	-	6	12,0	1	0,5	1	0,8	0,4	4,8
	Grúa Cámara de Máquinas	1	6	-	-	6	6,0	1	1	1	0,8	0,8	4,8
	Torno	1	3,5	-	-	3,5	3,5	1	1	0,83	0,8	0,67	2,3
	Taladro	2	1	-	-	1	2,0	1	0,5	0,83	0,8	0,33	0,7
	Esmeriladora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0,83	0,8	0,67	0,7
	Equipo de Soldadura	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,83	0,8	0,67	5,7
	Equipo de Corte Oxi.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	1	1	0,83	0,8	0,67	5,7
	Compresor de Aire	4	3,7	-	-	3,7	14,8	3	0,75	0,17	0,8	0,10	1,5
	TOTAL						56,3			TOTAL			26,1

VARIOS	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO												
	Servomotor	2	691,842	-	-	691,842	691,8	1	1	0	0,8	0	0,0
	Chigres de Popa y Proa	4	22,1	-	-	22,1	88,4	4	1	0,21	0,8	0,17	14,7
	Chigres de Zona Central	2	22,1	-	-	22,1	44,2	2	1	0,21	0,8	0,17	7,4
	Molinetes	1	1165,35	-	-	1165,35	1165,4	1	1	0,21	0,5	0,10	121,4
TOTAL							780,2	TOTAL					143,5
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA												
	Equipos de Radio	1	5	-	-	5	5	1	1	0,21	0,8	0,17	0,8
	Equipo de Navegación	1	12	-	-	12	12	1	1	0,21	0,8	0,17	2,0
	Comunicaciones Interiores	1	2	-	-	2	2	1	1	0,21	0,8	0,17	0,3
	Comunicaciones Exteriores	1	4	-	-	4	4	1	1	0,21	0,8	0,17	0,7
TOTAL							23	TOTAL					3,8
ALUMBRADO	16. ALUMBRADO												
	Alumbrado Interno	1	364,50	-	-	364,50	364,50	1	1	0,85	0,8	0,68	248,8
	Alumbrado Exterior	1	15	-	-	15	15	1	1	0,21	0,8	0,17	2,5
	Alumbrado de emergencia	1	191	-	-	191	191	0	0	0,00	0,8	0,00	0,0
TOTAL							570,00	TOTAL					251,3
TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO							10862,5	TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO EN MANIOBRA					1081,0

#### 4.2.4 Situación de emergencia.

Como ya ha sido definido con anterioridad, esta situación presenta el siguiente balance:

POTENCIAS													
EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CONDICIÓN DE EMERGENCIA						
	Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			P. Total	Nº ON	Coeficientes				P. necesaria	
			Útil	ne	Abs.			N x P. Abs.	Kn	Ks	Kr		Ku
PRO PUL SIÓN N  SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)												
	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN												
	Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1	0	0	1	0,85	0	0,0
	Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1	0	0	1	0,85	0	0,0
	Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8	0	0	1	0,85	0	0,0
	TOTAL						462,0	TOTAL				0,00	
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN												
	Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8	0	0	1	0,85	0	0,0
	Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7	0	0	1	0,85	0	0,0
	TOTAL						282,46	TOTAL				0,0	
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE												
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2	0	0	1	0,85	0	0,0
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0	0	0	1	0,85	0	0,0
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0	0	0	1	0,85	0	0,0
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5	0	0	1	0,85	0	0,0
	Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6	0	0	1	0,85	0	0,0
	TOTAL						712,33	TOTAL				0,0	
	5. SERVICIO DE AIRE												
	Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4	0	0	0,8	0,85	0	0,0

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	TOTAL						25,37	TOTAL						0,0
SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS													
	Bomba de Sentinas	3	105,3	110	0,945	116,40	349,2	2	0,666	0,21	0,8	0,11	38,8	
	TOTAL						349,2	TOTAL						38,8
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE													
	Bomba de Lastre	8	110,3	132,0	0,947	139,39	1115,1	0	0	1	0,8	0	0,0	
	TOTAL						1115,10	TOTAL						0,0
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS													
	Bombas Contraincendios	2	64	75,0	0,94	79,79	159,6	2	1	1	1	1	159,6	
	Bomba Contraincendios de Emergencia	2	36	45	0,931	48,34	96,7	2	1	1	1	1	96,7	
	TOTAL						256,24	TOTAL						256,2
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA													
	Bomba de Agua Sanitaria Fría	2	114	132	0,947	139,4	278,8	1	0,5	0	0,8	0	0,0	
	Bomba de Agua Sanitaria Caliente	1	114	132	0,947	139,4	139,4	1	1	0	0,8	0	0,0	
	Calentador de Agua Sanitaria	3	40	-	-	40,0	120,0	1	1	0	0,8	0	0,0	
	Planta TAR	1	8	-	-	8,0	8,0	1	1	0	0,8	0	0,0	
	Generador de Agua Dulce	1	466,7	-	-	466,7	466,7	1	1	0	0,8	0	0,0	
	TOTAL						1012,9	TOTAL						0,0
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO													
	A/C	1	30	-	-	30	30,0	0	0	1	0,8	0	0,0	
	Ventilación de Espacios	12	11	-	-	11	132,0	11	0,875	1	0,8	0,7	92,4	
	Ventilación de Cámara de Máquinas	-	30	-	-	30	30,0	0	0	0	0	0	0,0	
	TOTAL						192,0	TOTAL						92,4
PETROLEROS	11. EQUIPOS GENERALES DE PETROLEROS													
	Bombas de Carga y Descarga	12	353,5	355	0,951	373,29	4479,5	0	0	0	0,8	0	0,0	
	Generador de Gas Inerte	2	250	-	-	250	500,0	1	0,5	0	0,8	0	0,0	

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

		TOTAL						4979,5	TOTAL						0,0
FONDA Y HOTEL	12. FONDA Y HOTEL														
	Cocina Eléctrica	1	2	-	-	2	2,0	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Horno	1	1,8	-	-	1,8	1,8	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Campana Extractora de Gases	1	1,7	-	-	1,7	1,7	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Batidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Freidora	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Tostadora	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Cafetera Eléctrica	3	1	-	-	1	3,0	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Molinillo de Café	1	0,5	-	-	0,5	0,5	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Picadora de Carne	1	0,75	-	-	0,75	0,8	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Cortafiambres	1	0,3	-	-	0,3	0,3	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Frigoríficos	1	1,3	-	-	1,3	1,3	3	3	0	0,8	0	0,0		
	Lavavajillas	1	1	-	-	1	1,0	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Calienta Platos	1	0,8	-	-	0,8	0,8	1	1	0	0,8	0	0,0		
	Microondas	2	0,5	-	-	0,5	1,0	5	2,5	0	0,8	0	0,0		
	Lavadoras	5	1,5	-	-	1,5	7,5	5	1,25	0	0,8	0	0,0		
	Secadoras	3	1,5	-	-	1,5	4,5	3	1	0	0,8	0	0,0		
	Planchas	6	1	-	-	1	6,0	5	2,5	0	0,8	0	0,0		
	Compresores Gambuza	2	5	-	-	5	10,0	2	1	0	0,8	0	0,0		
	Televisiones	5	0,2	-	-	0,2	1,0	5	1	0	0,8	0	0,0		
TOTAL							46,0	TOTAL						0,0	
MANTENIMIENTO	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO														
	Puntal de Provisiones	2	6	-	-	6	12,0	0	0	1	0,8	0	0,0		
	Grúa Cámara de Máquinas	1	6	-	-	6	6,0	0	0	1	0,8	0	0,0		
	Torno	1	3,5	-	-	3,5	3,5	0	0	1	0,8	0	0,0		



PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Taladro	2	1	-	-	1	2,0	0	0	1	0,8	0	0,0
	Esmeriladora	1	1	-	-	1	1,0	0	0	1	0,8	0	0,0
	Equipo de Soldadura	1	8,5	-	-	8,5	8,5	0	0	1	0,8	0	0,0
	Equipo de Corte Oxi.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	0	0	1	0,8	0	0,0
	Compresor de Aire	4	3,7	-	-	3,7	14,8	0	0	1	0,8	0	0,0
	TOTAL							56,3	TOTAL				
VARIOS	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO												
	Servomotor	2	691,842	-	-	691,842	691,8	1	1	1	1	1	691,8
	Chigres de Popa y Proa	4	22,1	-	-	22,1	88,4	4	1	1	0,8	0,8	70,7
	Chigres de Zona Central	2	22,1	-	-	22,1	44,2	2	1	1	0,8	0,8	35,4
	Molinetes	1	1165,35	-	-	1165,35	1165,4	1	1	1	0,5	0,5	582,7
	TOTAL							780,2	TOTAL				
NAVEGACIÓN	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA												
	Equipos de Radio	1	5	-	-	5	5	1	1	1	0,8	0,8	4,0
	Equipo de Navegación	1	12	-	-	12	12	1	1	1	0,8	0,8	9,6
	Comunicaciones Interiores	1	2	-	-	2	2	1	1	1	0,8	0,8	1,6
	Comunicaciones Exteriores	1	4	-	-	4	4	1	1	1	0,8	0,8	3,2
	TOTAL							23	TOTAL				
ALUMBRADO	16. ALUMBRADO												
	Alumbrado Interno	1	364,50	-	-	364,50	364,50	1	1	0,75	0,8	0,6	218,7
	Alumbrado Exterior	1	15	-	-	15	15	1	1	0,5	0,8	0,4	6,0
	Alumbrado de emergencia	1	191	-	-	191	191	1	1	1	0,8	0,8	152,4
	TOTAL							570,00	TOTAL				
TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO							10862,5	TOTAL DEL BALANCE ELÉCTRICO EN EMERGENCIA					2163,5

### 4.3 Resultados del balance eléctrico.

A continuación, se muestra la tabla resumen de la potencia resultante para las diferentes condiciones de navegación.

SISTEMA	POTENCIA TOTAL	NAVEGACIÓN NORMAL	CARGA/DESCARGA	MANIOBRA	EMERGENCIA
PROPULSIÓN	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
REFRIGERACIÓN	462,0	196,3	122,7	40,9	0,0
LUBRICACIÓN	282,5	121,6	76,0	25,3	0,0
COMBUSTIBLE	712,3	302,7	189,2	63,1	0,0
AIRE	25,4	10,8	6,7	2,2	0,0
SENTINAS	349,2	186,1	116,3	38,8	38,8
LASTRE	1115,1	0,0	557,6	0,0	0,0
CONTRAINCENDIOS	256,2	0,0	0,0	0,0	256,2
AGUA SANITARIA	1012,9	505,8	352,0	343,3	0,0
VENTILACIÓN Y A/C	192,0	134,2	110,2	110,2	92,4
EQUIPOS DE PETROLEROS	4979,5	0,0	3783,6	0,0	0,0
FONDA Y HOTEL	46,0	32,5	32,5	32,5	0,0
MANTENIMIENTO	56,3	26,1	26,1	26,1	0,0
CUBIERTA Y SERVO	780,2	553,5	732,2	143,5	1380,6
NAVEGACIÓN Y COMUNICACIONES	23,0	18,4	5,5	3,8	18,4
ALUMBRADO	570,0	224,7	184,7	251,3	377,1
TOTAL	10862,5	2312,6	6295,3	1081,0	2163,5

Se observa que la condición en la que más potencia se requiere es la de carga y descarga con una potencia requerida de 6.295,3 kW. Por tanto, se dimensionará de manera que se pueda hacer frente a esta demanda.

## 5 PLANTA GENERADORA.

Una vez se conoce la potencia requerida para cada situación de carga se deben dimensionar los generadores que se instalarán en el buque proyectado. Los cuales han de responder a la demanda de potencia de la situación más desfavorable, en este caso la de carga y descarga.

Se debe considerar que el envejecimiento de los aparatos produce un aumento Enel consumo de los mismos, además de incrementar las posibles pérdidas. Se tratará de evitar que los generadores trabajen a su máxima potencia para aumentar así su vida útil.

Atendiendo al SOLAS, en todos los buques se debe instalar al menos dos generadores de energía eléctrica de forma que se pueda asegurar el funcionamiento de los equipos auxiliares del buque aún en caso de avería de uno de ellos. Para la determinación de la capacidad de los generadores principales debemos tener en cuenta que (N-1) generadores funcionando al 90% deben ser capaces de proporcionar la potencia necesaria.

A continuación, se dimensionará la potencia de los motores generadores escogidos en función de la demanda de potencia.

### 5.1 Planta generadora principal.

La instalación de un conjunto de máquinas que, combinadas, conforman la planta eléctrica del buque son las responsables de la generación de la energía eléctrica necesaria para el mismo. Se compone fundamentalmente por los grupos electrógenos principales y de emergencia en función de la red a la que den servicio.

Se sabe que la mayor demanda corresponde a la situación de carga y descarga, por tanto:

$$P_{normal} = 6.295,3 \text{ kW}$$

Se deben tener en cuenta las siguientes consideraciones:

- Espacio disponible en cámara de máquinas (en petroleros generalmente presentan cámaras de máquinas considerablemente largas).
- Dificultad de puesta en paralelo a mayor número de generadores.

Si tenemos en cuenta buques similares de la base de datos, se puede deducir que lo más adecuado es poner 3 motores generadores, según la disposición de por ejemplo el buque petrolero "Hunter Atla". Sin embargo, en esta ocasión podremos 4 para establecer una simetría en cámara de máquinas que no afecte a la estabilidad del buque, además de que, con este número de generadores, se consigue mayor versatilidad a la hora de satisfacer menores demandas de potencia.

Así pues:

$$(N - 1) \times P_{generadores} = 6.295,3 \text{ kW}$$

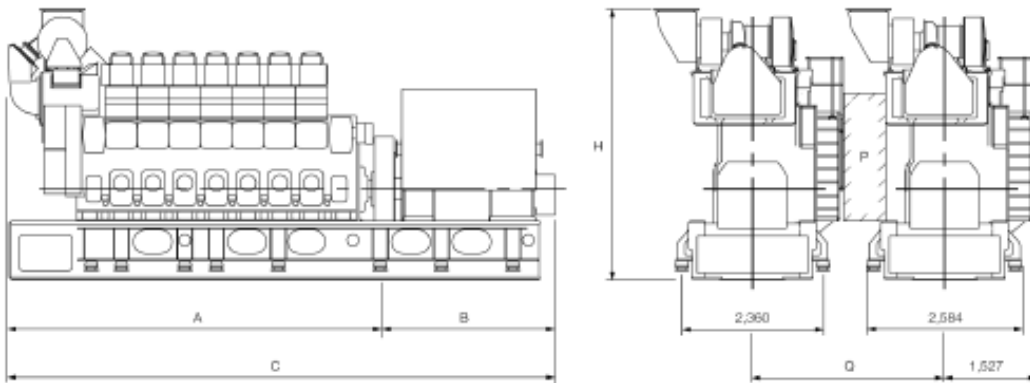
$$(4 - 1) \times P_{generadores} = 6.295,3 \text{ kW}$$

$$P_{generadores} = 2.098,43 \text{ kW}$$

Para esta potencia y si indagamos en la "Project Guide" del motor escogido, concretamente en la página 105, podemos elegir el generador modelo L32/40, cuyas características vemos a continuación:

### L32/40 GenSet Data

	Bore: 320 mm		Stroke: 400 mm	
	Power layout			
	720 r/min	60 Hz	750 r/min	50 Hz
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
6L32/40	3,000	2,895	3,000	2,895
7L32/40	3,500	3,380	3,500	3,380
8L32/40	4,000	3,860	4,000	3,860
9L32/40	4,500	4,345	4,500	4,345



179-23 10-2.0.0

No of Cyl.	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	**Dry weight GenSet (t)
6 (720 r/min)	6,340	3,415	9,755	4,622	75.0
6 (750 r/min)	6,340	3,415	9,755	4,622	75.0
7 (720 r/min)	6,870	3,415	10,285	4,622	79.0
7 (750 r/min)	6,870	3,415	10,285	4,622	79.0
8 (720 r/min)	7,400	3,635	11,035	4,840	87.0
8 (750 r/min)	7,400	3,635	11,035	4,840	87.0
9 (720 r/min)	7,930	3,635	11,565	4,840	91.0
9 (750 r/min)	7,930	3,635	11,565	4,840	91.0

Se instalan entonces cuatro generadores con motor MAN L32/40 de 7 cilindros con las características anteriores. Considerando un rendimiento del alternador de 0,94 la potencia activa será, por unidad, de 3.290 kW con un factor de potencia de 0,8. Teniendo que trabajar 1 de ellos en la situación de navegación, 3 en la de carga, descarga y lastre y 1 en la de maniobra.

La selección del número de generadores trabajando por situación se basa en obtener un MCR favorable, el cual se recomienda siempre próximo al 70%. La prioridad de que se mantenga este MCR es para la situación en la que más tiempo estará el buque, es decir, en nuestro caso, la situación de navegación.

A continuación, se comprueba el MCR:

	POTENCIA ÚTIL INSTALADA	POTENCIA ELÉCTRICA TOTAL (x0,94)	POTENCIA REQUERIDA	4x7L27/38		RESERCA Pick-up (%)
				Nº Generadores	P	
Navegación Normal	14000	13160	2312,6	1	3290	0,70
Carga/Descarga	14000	13160	6295,3	2	9870	0,64
Maniobra	14000	13160	1081,0	1	3290	0,33

*\*La potencia útil de cada generador es de 3.500 kW , juntando los 4 generadores suman un total de 14.000 kW. Si tenemos un rendimiento de los alternadores de 0,94, la potencia eléctrica total instalada será de 13.160 kW.*

*Por su parte, las potencias requeridas se calculan en el apartado 4 y el número de generadores para cada situación se elige en función del MCR(%) más recomendable, en estos casos el 70%.*

## 5.2 Planta generadora de emergencia.

El proceso de cálculo será análogo a lo que se hizo en el apartado anterior. La potencia para situación de emergencia para el mismo buque es de 2.163,5 kW.

Según el SOLAS, el generador de emergencia de buques de carga debe cumplir los requisitos técnicos y de generación de energía suficiente para alimentar a los receptores de dicha situación de carga.

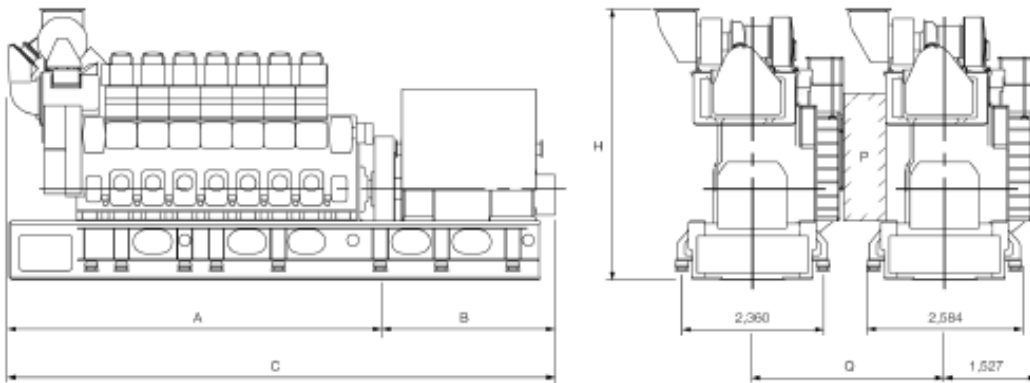
El grupo de emergencia se instalará en la cubierta principal, será independiente y debe cumplir lo siguiente:

- Debe estar refrigerado mediante un radiador y un ventilador directamente acoplados.
- Debe ser alimentado por una bomba acoplada que aspira de un tanque de servicio de Diesel y se llena directamente desde la descarga de la centrifugadora de Diesel Oil.
- Se debe poder poner en marcha en menos de 45 segundos.
- El sistema de arranque será neumático, mediante baterías alimentadas por una botella acoplada a un compresor auxiliar, disponiéndose también de un arranque hidráulico manual de emergencia para el caso de fallo de los grupos principales.
- Debe funcionar como mínimo durante 18 horas.

Dicho esto, para esta potencia (2.163,5 kW) se debe escoger un generador que como mínimo disponga de un 30% de MCR, por tanto, si indagamos en la "Project Guide" del motor escogido, concretamente en la página 105, podemos elegir el generador modelo L38/40, cuyas características vemos a continuación:

### L32/40 GenSet Data

	Bore: 320 mm		Stroke: 400 mm	
	Power layout			
	720 r/min	60 Hz	750 r/min	50 Hz
	Eng. kW	Gen. kW	Eng. kW	Gen. kW
6L32/40	3,000	2,895	3,000	2,895
7L32/40	3,500	3,380	3,500	3,380
8L32/40	4,000	3,860	4,000	3,860
9L32/40	4,500	4,345	4,500	4,345



179-23 10-2.0.0

No of Cyl.	A (mm)	* B (mm)	* C (mm)	H (mm)	**Dry weight GenSet (t)
6 (720 r/min)	6,340	3,415	9,755	4,622	75.0
6 (750 r/min)	6,340	3,415	9,755	4,622	75.0
7 (720 r/min)	6,870	3,415	10,285	4,622	79.0
7 (750 r/min)	6,870	3,415	10,285	4,622	79.0
8 (720 r/min)	7,400	3,635	11,035	4,840	87.0
8 (750 r/min)	7,400	3,635	11,035	4,840	87.0
9 (720 r/min)	7,930	3,635	11,565	4,840	91.0
9 (750 r/min)	7,930	3,635	11,565	4,840	91.0

Se instala entonces un generador de emergencia MAN L32/40 de 7 cilindros con las características anteriores y una capacidad de generación de energía de 3.500 kW. Considerando un rendimiento del alternador de 0,94 la potencia activa será, por unidad, de 3.290 kW con un factor de potencia de 0,8.

Comprobamos su porcentaje de carga:

$$\%LOAD = \frac{2.163,5}{3.290} \times 100 = 65,76 \%$$

## 6 DEFINICIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LOS CABLES.

En este apartado, se realizará la caracterización del sistema de cableados que ha de llevar el buque proyecto.

Los cables que se van a utilizar, se componen de los siguientes elementos:

- **Conductor:** Cobre clase 2, IEC 60228.
- **Aislamiento:** Polietileno reticulado libre de alógenos (XLPE), IEC 600392-351.
- **Recubrimiento interno:** Poliolefina termoplástica, libre de alógenos.
- **Cubierta exterior:** Poliolefina termoplástica, libre de alógenos (SHF1), IEC 60092-359.

El XLPE, normalmente llamado polietileno reticulado, es un material termoestable, el cual presenta una escasa deformación con la temperatura. Tiene propiedades mecánicas y eléctricas óptimas, admitiendo que los espesores sean inferiores al etileno reticulado. Además, este material, por las propiedades anteriormente mencionadas, admite altas temperaturas (90°C) y su aislamiento podrá soportar hasta 10°C más. Si los cables están a la intemperie o en locales con humedad, deberán llevar un recubrimiento impermeable. Para el cálculo realizado para los cables, se utilizan las expresiones que se muestra a continuación.

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) $\eta_{Motor}$ : typically = 0.96 $\eta_{Converter}$ : typically = 0.97
Motor outgoing (Induction motor started: DoL, Y/ $\Delta$ , 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) $\eta_{Motor}$ : typically = 0.96

Para el cálculo de la sección nominal normalizada de los cables, se empleará la tabla siguiente. En los buques, se trata de instalar cables de sección nominal no mayor de 120 mm<sup>2</sup>.

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

Nominal cross-section [mm <sup>2</sup> ]	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

Las ecuaciones para la selección de los cables son:

- Primero se calcula la intensidad absorbida de la instalación mediante el coseno de phi normalizado de 0,9:

$$I_{abs} = \frac{P_{abs} \times 1000}{\sqrt{3} \times V \times \cos(\varphi)}$$

$$I_{adm} = 1,25 \times I_{abs}$$

- A continuación, se escoge la sección nominal, en función de la intensidad normalizada de la tabla anterior y se comprueba que la caída de tensión es inferior al 2,5%.

$$\Delta V = \frac{0,023 \times \sqrt{3} \times L \times I_{abs} \times 1,25 \times \cos(\varphi)}{S \times N^{\circ}_{cables}} < 2,5\%$$

- Cabe destacar en este apartado que se calculara el  $\Delta V$  por cada 100 metros de cable, es decir, para los cálculos se tratarán de 100 metros para cada unidad.



EQUIPO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CABLEADO DEL SISTEMA ELÉCTRICO									
	Nº Inst	P. Ca. (kW)	P. Unitaria (kW)			P. Total	V	cos(phi)	Iabs	Iadm	S(mm²)	Cable XLPE Nº cables/tipo	Nº CABLES	ΔV (cada 100m)	Caída de Tensión (%)	
			Útil	ne	Abs.	N x P. Abs.										
PROPULSIÓN  SISTEMAS NECESARIOS PARA EL MOTOR GENERADOR PRINCIPAL	1. SERVICIO DE PROPULSIÓN (NO SE INCLUYE EL MOTOR PRINCIPAL EN EL BALANCE ELÉCTRICO)															
	2. SERVICIO DE REFRIGERACIÓN															
	Bomba de Agua Salada	2	89,9	90	0,942	95,5	191,1	480	0,90	127,69	159,61	25	2/3x25	2	9,16	1,91
	Bomba de Agua Dulce de Baja Tª	2	87,53	90	0,942	95,5	191,1	480	0,90	127,69	159,61	25	2/3x26	2	9,16	1,91
	Bomba de Agua Dulce de Alta Tª	2	32,6	37	0,927	39,9	79,8	480	0,90	53,34	66,68	35	1/3x35	1	5,46	1,14
	TOTAL						462,0									
	3. SERVICIO DE LUBRICACIÓN															
	Bomba de Lubricación	2	128,06	132	0,947	139,39	278,8	480	0,90	186,29	232,86	50	2/3x50	2	6,68	1,39
	Separadora de Aceite	1	2,6	3	0,815	3,68	3,7	480	0,90	4,92	6,15	16	1/3x16	1	1,10	0,23
	TOTAL						282,46									
	4. SERVICIO DE COMBUSTIBLE															
	Bomba de Suministro	2	1,5	2,2	0,843	2,61	5,2	480	0,90	3,49	4,36	16	1/3x16	1	0,78	0,16
	Separadora	2	-	35	-	35,00	70,0	480	0,90	46,78	58,47	16	2/3x16	2	5,24	1,09
	Calentador HFO	2	-	292	-	292,00	584,0	480	0,90	390,25	487,81	50	3/3x50	3	9,33	1,94
	Bomba de Circulación	2	4,24	5,5	0,877	6,27	12,5	480	0,90	8,38	10,48	16	1/3x16	1	1,88	0,39
	Bomba de trasiego	2	17,4	18,5	0,912	20,29	40,6	480	0,90	27,11	33,89	16	1/3x16	1	6,07	1,27
	TOTAL						712,33									
	5. SERVICIO DE AIRE															
	Compresor de Aire	3	-	7,5	0,887	8,46	25,4	480	0,90	11,30	14,13	16	1/3x16	1	2,53	0,53
	TOTAL						25,37									
	SENTINAS	6. SERVICIO DE SENTINAS														
		Bomba de Sentinas	3	105,3	110	0,945	116,40	349,2	480	0,90	155,57	194,46	50	2/3x50	2	5,58

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	TOTAL						349,2									
LASTRE	7. SERVICIO DE LASTRE															
	Bomba de Lastre	8	110,3	132,0	0,947	139,39	1115,1	480	0,90	186,29	232,86	35	2/3x35	2	9,54	1,99
	TOTAL						1115,10									
CONTRAINCENDIOS	8. SERVICIO CONTRAINCENDIOS															
	Bombas Contraincendios	2	64	75,0	0,94	79,79	159,6	480	0,90	106,63	133,29	35	2/3x35	2	5,46	1,14
	Bomba Contraincendios de Emergencia	2	36	45	0,931	48,34	96,7	480	0,90	64,60	80,75	25	1/3x25	1	9,26	1,93
	TOTAL						256,24									
AGUA SANITARIA	9. SERVICIO DE AGUA SANITARIA															
	Bomba de Agua Sanitaria Fría	2	114	132	0,947	139,4	278,8	480	0,90	186,29	232,86	50	2/3x50	2	6,68	1,39
	Bomba de Agua Sanitaria Caliente	1	114	132	0,947	139,4	139,4	480	0,90	186,29	232,86	50	2/3x50	2	6,68	1,39
	Calentador de Agua Sanitaria	3	40	-	-	40,0	120,0	480	0,90	53,46	66,82	25	1/3x25	1	7,67	1,60
	Planta TAR	1	8	-	-	8,0	8,0	480	0,90	10,69	13,36	16	1/3x16	1	2,40	0,50
	Generador de Agua Dulce	1	466,7	-	-	466,7	466,7	480	0,90	623,73	779,66	70	4/3x70	4	7,99	1,66
	TOTAL						1012,9									
VENTILACIÓN	10. VENTILACIÓN Y AIRE ACONDICIONADO															
	A/C	1	30	-	-	30	30,0	480	0,90	40,09	50,12	16	1/3x16	1	8,98	1,87
	Ventilación de Espacios	12	11	-	-	11	132,0	480	0,90	14,70	18,38	16	1/3x16	1	3,29	0,69
	Ventilación de Cámara de Máquinas	-	30	-	-	30	30,0	480	0,90	40,09	50,12	16	1/3x16	1	8,98	1,87
	TOTAL						192,0									
PETROLEROS	11. EQUIPOS GENERALES DE PETROLEROS															
	Bombas de Carga y Descarga	12	353,5	355	0,951	373,291272	4479,5	480	0,90	498,89	623,61	95	2/3x95	2	9,41	1,96
	Generador de Gas Inerte	2	250	-	-	250	500,0	480	0,90	334,11	417,64	70	2/3x70	2	8,56	1,78
	TOTAL						4979,5									
FONDA Y HOTEL	12. FONDA Y HOTEL															
	Cocina Eléctrica	1	2	-	-	2	2,0	240	0,90	5,35	6,68	16	1/3x16	1	1,20	0,50

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Horno	1	1,8	-	-	1,8	1,8	240	0,90	4,81	6,01	16	1/3x16	1	1,08	0,45	
	Campana Extractora de Gases	1	1,7	-	-	1,7	1,7	240	0,90	4,54	5,68	16	1/3x16	1	1,02	0,42	
	Batidora	1	1	-	-	1	1,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Freidora	1	1	-	-	1	1,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Tostadora	1	0,8	-	-	0,8	0,8	240	0,90	2,14	2,67	16	1/3x16	1	0,48	0,20	
	Cafetera Eléctrica	3	1	-	-	1	3,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Molinillo de Café	1	0,5	-	-	0,5	0,5	240	0,90	1,34	1,67	16	1/3x16	1	0,30	0,12	
	Picadora de Carne	1	0,75	-	-	0,75	0,8	240	0,90	2,00	2,51	16	1/3x16	1	0,45	0,19	
	Cortafiambres	1	0,3	-	-	0,3	0,3	240	0,90	0,80	1,00	16	1/3x16	1	0,18	0,07	
	Frigoríficos	1	1,3	-	-	1,3	1,3	240	0,90	3,47	4,34	16	1/3x16	1	0,78	0,32	
	Lavavajillas	1	1	-	-	1	1,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Calienta Platos	1	0,8	-	-	0,8	0,8	240	0,90	2,14	2,67	16	1/3x16	1	0,48	0,20	
	Microondas	2	0,5	-	-	0,5	1,0	240	0,90	1,34	1,67	16	1/3x16	1	0,30	0,12	
	Lavadoras	5	1,5	-	-	1,5	7,5	240	0,90	4,01	5,01	16	1/3x16	1	0,90	0,37	
	Secadoras	3	1,5	-	-	1,5	4,5	240	0,90	4,01	5,01	16	1/3x16	1	0,90	0,37	
	Planchas	6	1	-	-	1	6,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Compresores Gambuza	2	5	-	-	5	10,0	240	0,90	13,36	16,71	16	1/3x16	1	2,99	1,25	
	Televisiones	5	0,2	-	-	0,2	1,0	240	0,90	0,53	0,67	16	1/3x16	1	0,12	0,05	
	TOTAL						46,0										
	13. EQUIPOS DE MANTENIMIENTO																
MANTENIMIENTO	Puntal de Provisiones	2	6	-	-	6	12,0	240	0,90	16,04	20,05	16	1/3x16	1	3,59	1,50	
	Grúa Cámara de Máquinas	1	6	-	-	6	6,0	240	0,90	16,04	20,05	16	1/3x16	1	3,59	1,50	
	Torno	1	3,5	-	-	3,5	3,5	240	0,90	9,36	11,69	16	1/3x16	1	2,10	0,87	
	Taladro	2	1	-	-	1	2,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Esmeriladora	1	1	-	-	1	1,0	240	0,90	2,67	3,34	16	1/3x16	1	0,60	0,25	
	Equipo de Soldadura	1	8,5	-	-	8,5	8,5	240	0,90	22,72	28,40	16	2/3x16	2	2,55	1,06	

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM  
 CUADERNO XI: DISEÑO DE LA PLANTA ELÉCTRICA

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

	Equipo de Corte Oxi.	1	8,5	-	-	8,5	8,5	240	0,90	22,72	28,40	16	2/3x16	2	2,55	1,06	
	Compresor de Aire	4	3,7	-	-	3,7	14,8	240	0,90	9,89	12,36	16	1/3x16	1	2,22	0,92	
	TOTAL						56,3										
	14. EQUIPOS DE CUBIERTA Y SERVO																
VARIOS	Servomotor	2	691,842	-	-	691,842	691,8	480	0,90	924,62	1155,77	120	3/3x120	3	9,21	1,92	
	Chigres de Popa y Proa	4	22,1	-	-	22,1	88,4	480	0,90	29,54	36,92	16	1/3x16	1	6,62	1,38	
	Chigres de Zona Central	2	22,1	-	-	22,1	44,2	480	0,90	29,54	36,92	16	1/3x16	1	6,62	1,38	
	Molinetes	1	1165,35	-	-	1165,35	1165,4	480	0,90	1557,44	1946,80	120	4/3x120	4	11,63	2,42	
	TOTAL						780,2										
	15. EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA																
NAVEGACIÓN	Equipos de Radio	1	5	-	-	5	5	240	0,90	13,36	16,71	16	1/3x16	1	2,99	1,25	
	Equipo de Navegación	1	12	-	-	12	12	240	0,90	32,08	40,09	16	2/3x16	2	3,59	1,50	
	Comunicaciones Interiores	1	2	-	-	2	2	240	0,90	5,35	6,68	16	1/3x16	1	1,20	0,50	
	Comunicaciones Exteriores	1	4	-	-	4	4	240	0,90	10,69	13,36	16	1/3x16	1	2,40	1,00	
	TOTAL						23										
	16. ALUMBRADO																
ALUMBRADO	Alumbrado Interno	1	364,50	-	-	364,50	364,50	480	0,90	487,13	608,92	70	3/3x70	3	8,32	1,73	
	Alumbrado Exterior	1	15	-	-	15	15	240	0,90	40,09	50,12	35	1/3x35	1	4,11	1,71	
	Alumbrado de emergencia	1	191	-	-	191	191	240	0,90	509,20	636,49	70	6/3x70	6	4,35	1,81	
	TOTAL						570,00										
	BALANCE ELÉCTRICO						10863										

## 6.1 Intensidad de corte de los interruptores automáticos.

Los interruptores automáticos de la instalación han de presentar una intensidad de corte tal que:

$$I_{cu} > \frac{I_g \times 100}{x_d''} \times (n - 1)$$

Donde:

$$I_g = \frac{S}{\sqrt{3} \times V}$$

La potencia activa de los generadores instalados es de:

$$P = 3.500 \times 0,94 = 3290 \text{ kW}$$

Lo que corresponde con una potencia aparente de:

$$S = \frac{P}{\cos(\varphi)} = \frac{3.290}{0,8} = 4.112,5 \text{ kVA}$$

Se obtiene pues, lo siguiente:

$$I_g = \frac{4.112,5}{\sqrt{3} \times 480} = 4,95 \text{ kA}$$

A este valor se le debe aplicar la reactancia transitoria, que para el caso estudiado ha de tener un valor del 16%. Además, se debe considerar la existencia de 4 generadores, aunque el cuadro unifilar se dividirá en dos ramas, por tanto:

$$I_{cu} > \frac{I_g \times 100}{x_d''} \times (n - 1) = \frac{4,95 \times 100}{16} \times (2 - 1)$$
$$I_{cu} > 30,94 \text{ kA}$$

Se escogen por tanto como interruptores los correspondientes al modelo de bastidor abierto SACE Emax 2, el cual, según el fabricante (ABB), protege al circuito eléctrico y, al mismo tiempo, reduce el consumo energético en función de las necesidades del usuario y que, por lo tanto, conlleva una gran reducción de pérdidas de energía.

## 7 DIAGRAMA UNIFILAR Y CONFIGURACIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.

El esquema unifilar es un modo de representación de la planta eléctrica del buque. En él se muestran los generadores instalados, así como los diferentes equipos que componen la planta del buque.

Los servicios se clasifican:

- Servicios esenciales, aquellos imprescindibles para mantener el buque autopropulsado. Estos servicios son los prioritarios frente al resto de elementos del barco, se encuentran alimentados directamente desde los bornes de los generadores, sin imposición de ningún interruptor automático, con el fin de evitar posibles saltos de tensión que provocasen una caída de energía del sistema.
- Servicios no esenciales, su funcionamiento no depende de la propulsión del buque, por lo que, en caso de fallo, la navegabilidad del buque no se ve afectada.
- Servicios de emergencia, compuesto por aquellos servicios que permanecen operativos en caso de accidente o avería. Estos pueden ser alimentados tanto por un generador como por medio de los generadores principales con un conmutador instantáneo.

Las tensiones de los consumidores se dividen en:

- Consumidores 480 V: bombas, sistemas auxiliares del motor...
- Consumidores 240 V: equipos de navegación y comunicaciones, alumbrado...

El buque ha de contar con una distribución que garantice la continuidad del servicio, con etapas de potencia segregadas. Los generadores están repartidos en secciones y cada sección está formada por su propio embarrado y con la posibilidad de interconectar varias secciones si fuese necesario. Por lo tanto, se presenta un suministro redundante.

El buque debe operar con, al menos, un generador en cada sección de potencia, hecho de especial importancia durante las situaciones de riesgo. Si se produce un fallo en una de las secciones, no caerá el sistema totalmente.

### 7.1 Descripción del diagrama unifilar.

Los motores generadores producen energía eléctrica a 60 Hz y 480 V. A través del cuadro principal a dicha tensión, se alimentan los siguientes consumidores:

- Equipos de carga y descarga y mantenimiento del petrolero de crudo formados por las bombas de carga y descarga y generador de gas inerte.
- Bombas de lastre.
- Sistemas auxiliares del motor principal: Servicios de refrigeración, combustible, lubricación, aire, etc.
- Servicios auxiliares: sentinas, servicio contra incendios, ventilación, A/C, equipos de cubierta, servomotor, etc.

Desde este cuadro se disponen dos transformadores, cuya misión es la de conversión de la tensión de 480 V a 240 V, con el fin de alimentar los equipos de fonda y hotel, iluminación, equipos de navegación y comunicación y equipos de mantenimiento.

Desde el cuadro principal, el cual también presenta una alimentación desde el generador de emergencia, se convierte, mediante un transformador, la tensión de 480 V a 240 V, con el fin de alimentar a los servicios esenciales del buque exigidos por la norma y anteriormente mencionados.

En el anejo I se adjunta el plano del diagrama unifilar.

## 8 BIBLIOGRAFÍA.

- **“Proyectos del buque y artefactos marinos I”, Vicente Díaz Casas y Basilio Puente Varela, Ferrol: Escuela Politécnica Superior, UDC. 2021/2022.**
- **“Proyectos del buque y artefactos marinos II”, Vicente Díaz Casas y Basilio Puente Varela, Ferrol: Escuela Politécnica Superior, UDC. 2021/2022.**
- **Project Guide del motor MAN B&W G95ME-C10.5-TII.**
- **Sociedad de Clasificación: DNV.**
- **SOLAS.**
- **MARPOL.**
- **“Electricidad Marina Práctica”, M. Baquerizo.**
- **Apuntes de la asignatura “Sistemas Eléctricos”, Javier Bouza Fernández.**

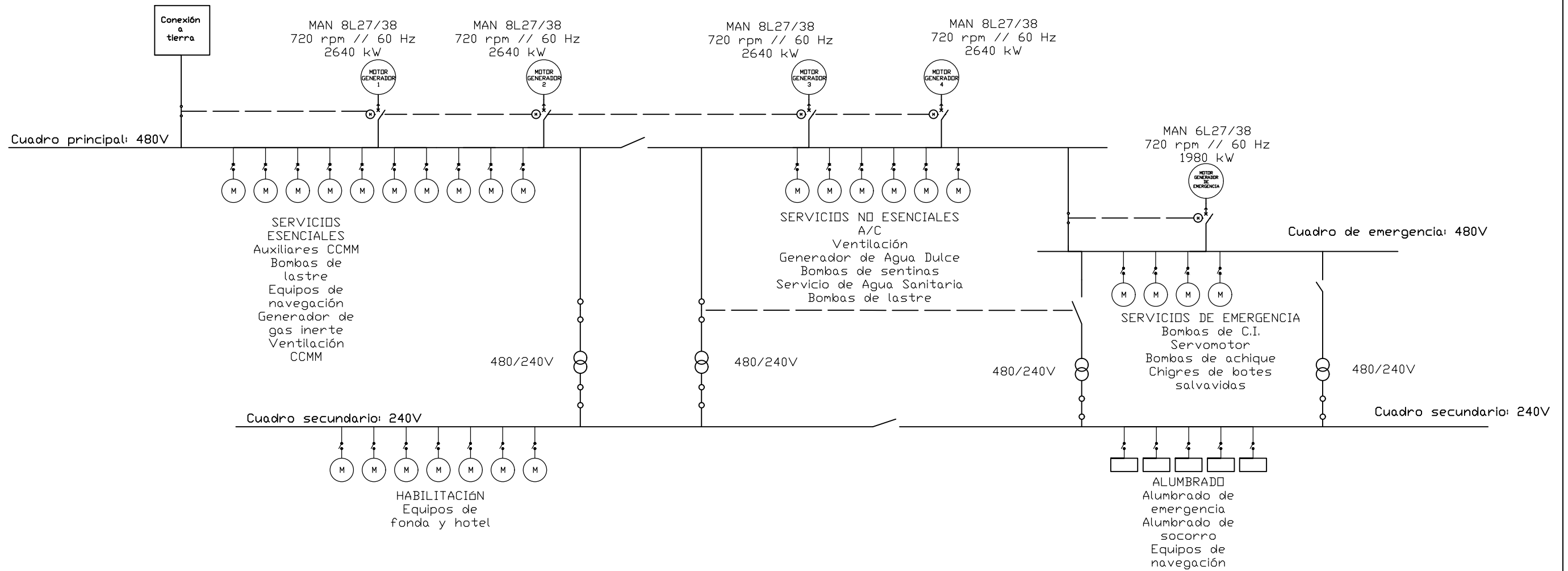
Ferrol, junio de 2022

Fdo.: Pedro Lemos González



## **9 ANEJO I: DIAGRAMA UNIFILAR.**

# ESQUEMA UNIFILAR DE LA PLANTA PROPULSORA



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

TRABAJO DE FIN DE GRADO

PROYECTO:

PETROLERO VLCC DE 300.000 TPM

PLANO:

PLANO DEL ESQUEMA UNIFILAR

AUTOR:

PEDRO LEMOS GONZÁLEZ

FECHA:

JUNIO 2022

ESCALA:

-----

HOJA:

1