



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



## Escola Politécnica Superior

Trabajo Fin de Grado

CURSO 2022/23

---

*PLATAFORMA TLP PARA HABILITACIÓN Y CARGA,  
AUXILIAR A OTRA DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO  
Y GAS EN AGUAS PROFUNDAS*

---

Grado en Ingeniería Naval y Oceánica

ALUMNO

Manuel Martínez Suárez

TUTOR

Vicente Díaz Casás

FECHA

FEBRERO 2023

# 1 TÍTULO Y RESUMEN

## 1.1 O Proxecto

Nas seguintes páxinas desenvolverase o deseño dunha plataforma TLP que servirá de apoio a outra de extracción e produción en augas profundas, servindo para a acomodación do persoal técnico e para a estiba da carga na cuberta.

O proxecto comezará cunha análise do mercado do oil&gas para coñecer o estado do arte do sector offshore e así comezar a valorar unha posible xeometría inicial da unidade; cun estudo sobre o emprazamento, e recompilando unha base de datos de plataformas similares para o seu posterior estudo.

Unha vez analizada a base de datos, e atendendo aos requirimentos esixidos nos RPA, áchase os elementos que conforman a xeometría da unidade, describindo os pesos e empuxes que producen.

Realizarase mediante simulación un estudo hidrodinámico sobre as forzas que actúan na plataforma para coñecer así as esixencias de cargas sobre o sistema de tendóns. Por último, describiranse os equipos e servizos da plataforma, o sistema de xeración e distribución de electricidade e a localización e volume dos tanques de consumibles e lastre.

## 1.2 El proyecto

En las siguientes páginas se desarrollará el diseño de una plataforma TLP que servirá de apoyo a otra de extracción y producción en aguas profundas, sirviendo para la acomodación del personal técnico y para la estiba de carga en cubierta.

El proyecto comenzará con un análisis del mercado del oil&gas para conocer el estado del arte del sector offshore y así comenzar a valorar una posible geometría inicial de la unidad; con un estudio sobre el emplazamiento, y recopilando una base de datos de plataformas similares para su posterior estudio.

Una vez analizada la base de datos, y atendiendo a los requerimientos exigidos en los RPA, se hallan los elementos que conforman la geometría de la unidad, describiendo las fuerzas que y empujes que producen.

Se realiza mediante simulación un estudio hidrodinámico sobre las fuerzas que actúan en la plataforma para conocer así las exigencias de carga sobre el sistema de tendones. Por último, se describirán los equipos y servicios de la plataforma, el sistema de generación y distribución de electricidad y la ubicación y volumen de los tanques de consumibles y lastre.

### **1.3 The project**

In the following pages will be developed the design of a TLP platform that will support another extraction and production in deep waters, serving for the accommodation of technical personnel and for the stowage of cargo on deck.

The project will begin with an analysis of the oil&gas market to know the state of the art of the offshore sector and thus begin to assess a possible initial geometry of the unit; with a study on the site and collecting a database of similar platforms for further study.

Once the database has been analyzed, and according to the requirements demanded in the RPA, the distribution and size of the roof is found and, from that, the rest of the elements that make up the geometry of the unit, describing the forces that and the pushes that they produce.

A hydrodynamic study on the forces acting on the platform is carried out by means of simulation to determine the load requirements on the tendon system. Finally, the equipment and services of the platform, the electricity generation and distribution system and the location and volume of consumable and ballast tanks will be described.



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



## **Escola Politécnica Superior**

**Trabajo Fin de Grado**

**CURSO 2022/23**

---

*PLATAFORMA TLP PARA HABILITACIÓN Y CARGA,  
AUXILIAR A OTRA DE EXTRACCIÓN DE PETRÓLEO  
Y GAS EN AGUAS PROFUNDAS*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**CAPÍTULO 6**

**DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA**

## 2 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD

### GRADO EN INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

#### TRABAJO FIN DE GRADO

#### CURSO 2022/23

- **TIPO DE UNIDAD**

Plataforma TLP para habilitación y carga, auxiliar a otra de extracción oil&gas en aguas profundas.

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

Bureau Veritas, API, AISC, MODU y Convenio MARPOL.

- **CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA**

Espacio de 550 m<sup>2</sup> de carga general en cubierta.

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

Grúas de cubierta para carga y descarga.

- **TRIPULACIÓN Y PASAJE**

40 tripulantes.

- **OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES**

Los habituales en este tipo de unidades.

## ÍNDICE

1 TÍTULO Y RESUMEN .....	2
1.1 O Proxecto .....	2
1.2 El proyecto .....	2
1.3 The project .....	3
2 REQUISITOS PREVIOS DE ACTIVIDAD .....	5
3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA .....	8
3.1 Tensión y frecuencia de la red .....	8
3.2 Componentes y sus características .....	8
4 CONSUMIDORES Y SUS CARACTERÍSTICAS.....	10
4.1 Equipos, servicios, maquinaria y dispositivos .....	11
4.2 Iluminación .....	12
4.2.1 Tipo de iluminación .....	13
4.2.2 Cálculos del sistema de alumbrado general .....	13
4.2.3 Luces del helipuerto .....	16
5 BALANCE ELÉCTRICO DE LA PLATAFORMA.....	18
5.1 Métodos y reglamentación .....	18
5.2 Cálculo del balance eléctrico .....	19
5.2.1 Condición Normal de Funcionamiento.....	20
5.2.2 Condición de Emergencia .....	24
5.2.3 Condición de lastrado.....	27
5.3 Resumen del Balance Eléctrico .....	30
6 PLANTA GENERADORA .....	31
6.1 Especificaciones del reglamento.....	31
6.2 Planta Generadora Principal .....	31

Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

6.3 Planta generadora de emergencia.....	33
7 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CABLEADO .....	34
7.1 Normativa y consideraciones previas .....	34
7.2 Cálculo de las secciones de los cables.....	35
8 DIAGRAMA UNIFILAR Y CONFIGURACIÓN .....	38
Bibliografía .....	40
ANEXO I.....	41
ANEXO II.....	43
ANEXO III.....	45
ANEXO IV .....	48

## 3 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

Antes de proceder con los cálculos, para conocer qué equipo de generación de electricidad se debe instalar, es necesario una definición previa sobre el tipo de corriente elegida.

### 3.1 Tensión y frecuencia de la red

La corriente más adecuada para este tipo de unidades es la alterna trifásica, pues permite el uso de tensiones más elevadas y, por tanto, menores intensidades, reduciendo así la sección de los cables, su peso y su coste económico. Además, los generadores y motores de corriente trifásica necesitan menos mantenimiento y pueden ser conectados a redes de barcos auxiliares.

Con respecto a la frecuencia, se plantean dos posibilidades: 50 y 60 Hz. Si bien es cierto que la plataforma se ha diseñado considerando que opere en diferentes localizaciones a lo largo de su vida útil, y aunque en la mayor parte del mundo se use un voltaje a 50 Hz, su principal ubicación será en las costas brasileñas, por lo que optaremos por la segunda frecuencia mencionada.

De esta manera, la tensión del buque será 480/240 V; utilizándose el voltaje más alto para los consumidores mayores, como bombas y motores, y el menor para los equipos de cocina o alumbrado, y utilizando transformadores para su conversión. La definición de estas tensiones se referencia a través de la tabla de la NORMA UNE-EN ISO 21-135-93/201.

### 3.2 Componentes y sus características

La instalación eléctrica está formada por un conjunto de equipos que tienen funciones de generación, consumo y/o distribución, y que hacen funcionar a la red.

La energía eléctrica será generada por generadores diésel y distribuida gracias a los dos cuadros eléctricos, el principal y el de emergencia. Estos cuadros de distribución son los encargados de recibir esta potencia eléctrica,

albergar los dispositivos de protección y distribuirla a los diferentes sistemas de la plataforma.

En función de los equipos, se instalarán variadores de frecuencia para mejorar su rendimiento y/o aumentar su par. Por otra parte, ciertas instalaciones, como los equipos de bombas, pueden necesitar motores eléctricos para funcionar.

## 4 CONSUMIDORES Y SUS CARACTERÍSTICAS

Para saber qué cantidad de energía eléctrica se debe generar, parece obvio que es necesario conocer cuánta demanda la unidad. Para ello, en este punto se desglosarán los diferentes tipos de consumidores dimensionados en el Capítulo 5.

La siguiente tabla muestra los rendimientos normalizados de los motores eléctricos, que se han utilizado para hallar la potencia de aquellos que hacen funcionar a las bombas.

Minimum 50 Hz Efficiency [according to IEC/EN 60034-30-1:2014, IEC 60034-2-1:2014]																	
Power kW	IE1 (Standard Efficiency)				IE2 (High Efficiency)				IE3 (Premium Efficiency)				IE4 (Super Premium Efficiency)				
	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	
0,12	45	50	38,3	31	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	45,5	38	60,4	64,7	56,6	45,9	65,9	69,9	63,9	58,7	70,8	74,7	70,1	67,2	
0,2	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	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	74,3	
0,4	64,9	66,8	61,1	50,9	70,4	73,5	68,8	57,2	74,6	78	74,4	70,1	78,9	81,7	78,7	74,9	
0,55	69	70	65,8	56,1	74,1	77,1	73,1	61,7	77,8	80,8	77,2	73	81,5	83,9	80,9	77	
0,75	72,1	72,1	70	61,2	77,4	79,6	75,9	66,2	80,7	82,5	78,9	75	83,5	85,7	82,7	78,4	
1,1	75	75	72,9	66,5	79,6	81,4	78,1	70,8	82,7	84,1	81	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	89,5	87,4	84,5	
3	81,5	81,5	79,7	77	84,6	85,5	83,3	80	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	91,1	89,5	87,1	
5,5	84,7	84,7	83,1	81,4	87	87,7	86	83,8	89,2	89,6	88	86,2	90,9	91,9	90,5	88,3	
7,5	86	86	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	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	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	92,2	90,6	94	94,5	93,7	92,1	
30	90,7	90,7	90,2	88,3	92	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	94,2	93,7	92,2	95	95,4	94,8	93,4	
55	92,1	92,1	91,9	89,7	93,2	93,5	93,1	91	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	94,6	93,1	95,6	96	95,4	94,2	
90	93	93	92,9	90,7	94,1	94,2	94	91,9	95	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	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	96,2	96,4	96	94,9	
160	93,8	93,8	93,8	91,9	94,8	94,9	94,8	93	95,6	95,8	95,6	94,3	96,3	96,6	96,2	95,1	
200	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4	
250	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,5	95,4	
315	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4	
355	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4	
400	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4	
450	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4	
500-1000	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4	

Figura 4-1 Rendimientos normalizados de motores eléctricos

Los motores se han considerado de 4 polos y con su frecuencia nominal de 60 Hz. De la misma manera, la eficiencia se ha determinado como estándar (IE1) para motores de potencias bajas, es decir, menores a 20 kW, y como alta (IE2) para aquellos de potencias altas.

## 4.1 Equipos, servicios, maquinaria y dispositivos

Así, se adjuntan en la siguiente tabla los consumidores descritos en el Capítulo 5 con sus respectivas potencias.

SERVICIO	EQUIPO	UNIDADES	POTENCIA UNITARIA			
			ÚTIL	$\eta$	ABSORBIDA	TOTAL
LASTRE	Bomba de lastre	4	132	0,947	139,39	557,6
CONTRA INCENDIOS	Bomba Contraincendios	2	45	0,931	48,34	96,7
SENTINAS	Bomba de sentinas	1	55	0,935	58,82	58,8
	Separador de sentinas	1	3	-	-	3,0
AGUA SANITARIA	Bomba de suministro	1	0,37	0,927	0,40	0,4
	Bomba de recirculación	1	0,37	0,927	0,40	0,4
	Calentador	1	40	-	-	40,0
	Generador de agua dulce	1	420	-	-	420,0
	Planta de aguas residuales	1	3,3	-	-	3,3
	Planta de basuras	1	9	-	-	9,0
	AIRE	Ventilador	28	0,22	-	-
	Climatizador	1	12,16	-	-	12,2
FONDA Y HOTEL	Cocina eléctrica	2	15	-	-	30,0
	Frigorífico	2	1	-	-	2,0
	Horno	1	5	-	-	5,00
	Microondas	2	4	-	-	8,00
	Freidora	1	5	-	-	5,00
	Lavaplatos	2	4	-	-	8,00
	Cafetera	3	3	-	-	9,00
	Trituradora	1	9	-	-	9,00
	Incineradora	1	14,7	-	-	14,70
	Compactadora	1	3,6	-	-	3,60
	Compresores Gambuzas	2	15	-	-	30,00
	Lavadoras	6	2	-	-	12,00
	Secadoras	6	3	-	-	18,00
	Plancha	3	5	-	-	15,00
	Televisor	22	0,2	-	-	4,40
COMUNICACIÓN	Radio	1,00	5	-	-	5,00
CARGA Y DESCARGA	Grúas	2,00	132	0,95	139,39	264,00
<b>TOTAL (kW)</b>						<b>1650,16</b>

Tabla 1 Desglose de los consumidores

## 4.2 Iluminación

Hasta ahora se han hallado los consumidores que en principio parecen los principales de la unidad, referidos a aquellos cuya función es la auxiliar al principal uso de la unidad.

Normalmente, y al no considerarse un equipo, sino propiamente parte del sistema eléctrico, la iluminación no suele concebirse como un gran receptor de consumo, sobre todo al compararlo con grandes aparatos como generadores de agua o grandes sistemas de bombas.

Sin embargo, la luces que constituyen el sistema de alumbrado de la plataforma son en ocasiones la mayor exigencia del generador eléctrico, pues estas se unen como un conglomerado de pequeños consumidores, que por otra parte son imprescindibles para el funcionamiento y la seguridad de la unidad.

La iluminación principal de la plataforma se diferencia en tres tipos. Por un lado, se encuentra el alumbrado general, que es el común de los distintos espacios de la habilitación. Las lámparas deben estar distribuidas de forma correcta, para que cada zona reciba la luz que necesite, pero sin que suponga un gasto energético innecesario.

Por otra parte, se encuentra el alumbrado exterior, que incluye tanto las lámparas de cubierta que la iluminan y permiten realizar los trabajos oportunos y el tránsito en ella, como la iluminación de los equipos de salvamento estibados.

Finalmente, está el que probablemente sea el más importante: el alumbrado de emergencia. Las luces de emergencia mantienen las condiciones de luminosidad mínimas para mantener la seguridad en caso de avería del generador, activándose de forma automática. Permite la correcta evacuación, al estar instalada en las vías de escape de la unidad y de los medios de salvamento y escape, y los trabajos para mantener la seguridad, en el espacio de máquinas.

### 4.2.1 Tipo de iluminación

Como viene siendo habitual en los proyectos industriales más modernos, el sistema de alumbrado de la plataforma escogido será la iluminación LED, la cual ha ido desplazando a las antiguas bombillas incandescentes o los tubos fluorescentes.

Además de tener una eficiencia mucho mayor y reducir el consumo de la unidad, presentan un mantenimiento casi inexistente y una vida útil de incluso un orden superior, llegando en ocasiones a las 100.000 h.

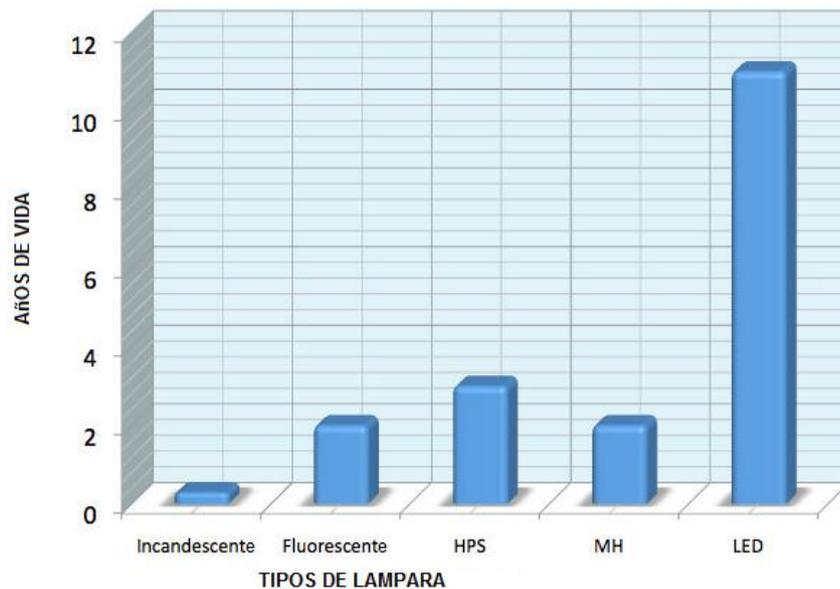


Figura 4-2 Vida útil de diferentes tipos de iluminación (Fuente: Transmagneca)

### 4.2.2 Cálculos del sistema de alumbrado general

La potencia del sistema de iluminación se calculará a partir de la superficie a la que afecte, a partir de la siguiente expresión.

$$P = \frac{L}{n} = \frac{E \cdot S \cdot \left(\frac{F_d}{F_u}\right)}{n}$$

Siendo:

- P: potencia eléctrica en W

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

- n: rendimiento de la lámpara en lm/W. En el caso de los LED es 150 lm/W y en el de las lámparas incandescentes, 15.
- L: flujo luminoso en lm.
- E: iluminancia en lx. Expuesto en la Tabla 4-3.
- S: superficie a iluminar en m<sup>2</sup>.
- F<sub>d</sub>: factor de suciedad. Sus valores varían entre 1,25 y 2,5, por lo que tomaremos para todos los cálculos una aproximación de 2.
- F<sub>u</sub>: factor de utilización. Varía entre 0 y 1y establece el tiempo de uso de la iluminación. Se tomará el valor 0,5, que corresponde a la luz directa.

Locales Iluminancias (lx)	
Camarotes de pasajeros y oficialidad	200-250
Camarotes de tripulación	150-200
Camarotes de lujo	250-300
Pasillos del pasaje	100-150
Pasillos de la tripulación	100-150
Locales de reunión:	100-150
Pasaje	200-400
Tripulación	120-250
Locales sanitarios	200-250
Locales de servicios	250-300
Enfermería	500-1000
Puentes de paseo y puentes descubiertos	20-40
Puentes de botes	10-20
Salas de máquinas	300-450
Puestos de maniobra	500-750
Salas de calderas	250-350
Bocas de calderas	500-750
Túneles y compartimientos < 200 m <sup>3</sup>	100-150
Talleres de montaje y precisión	1000-2000
Talleres de maquinaria	500-1000
Salas de dibujo	750-1500
Oficinas normales	400-750
Salas de espera, archivos, etc...	75-150

Figura 4-3 Iluminancia en los locales de artefactos marinos (Fuente: UDC)

Como no se conocen exactamente los requerimientos de iluminancia en los espacios de la unidad, se toma una medida media de las iluminancias de los espacios expuestos en la tabla anterior, resultando de la siguiente forma:

LOCAL	E (lx)	LOCAL	E (lx)
Aseos	200	Salón	185
Camarotes	225	Gambuzas	300
Cocina	200	Gimnasio	300
Comedor	185	Lavandería	300
Enfermería	750	Pasillos	150
Espacio de máquinas	750	Vestuario	300

Tabla 2 Iluminancias consideradas para los cálculos

En función de esto y de las áreas sobradamente calculadas, se obtienen mediante los cálculos anteriormente expuestos, las potencias requeridas por la iluminación interior de los cuatro espacios existentes.

ESPACIO	$\sum E \cdot S$	L (lm)	P (W)
HAB PRINCIPAL	44946,75	179787	1198,58
HAB C1	34583	138332	922,21
HAB C2	34583	138332	922,21
MÁQUINAS	47925,00	191700	1278
<b>TOTAL (kW)</b>			<b>4,32</b>

Tabla 3 Potencia de las luces interiores

La iluminación exterior, por su parte, se considerará tanto la de la Cubierta Principal de carga como de la Cubierta -1, donde se ubican los tanques, y la Cubierta 3, por albergar el helipuerto. Así, con la anterior relación, y tomando una iluminancia de 30 lx, la potencia del alumbrado exterior será:

$$P_{il\ exterior} = \frac{30 \cdot (4286,57 + 515,88 + 592,13) \cdot \left(\frac{2}{0.5}\right)}{150} = 3,84\ kW$$

Por último, encontramos la necesidad de hallar las necesidades de potencia eléctrica del alumbrado de emergencia. Ciñéndonos al Código MODU, las luces de emergencia deben estar correctamente instaladas en: los puestos de embarco y laterales de las cubiertas, pasillos, escaleras, salidas, espacios de máquinas, salas de control, zonas de bombas contraincendios e hidrantes y helipuerto.

Como las necesidades de potencia de estos espacios ya se ha calculado, se obtiene:

$$P_{il\ emergencia} = 5,1\ kW$$

### 4.2.3 Luces del helipuerto

Una de las particularidades que presentan las plataformas petrolíferas es la presencia prácticamente obligada de un helipuerto, provocando ciertas particularidades en el diseño, y la parte eléctrica no podría ser la excepción. El reglamento detalla con precisión las necesidades de indicación luminosa este tipo de estructuras, que, por supuesto, formará parte del alumbrado de emergencia y exterior.

Lo primero que exige el Código MODU es que se instale un indicador luminoso de la dirección del viento sobre la TLOF (el área de toma de contacto y elevación inicial) que debe ser iluminado cuando la unidad lleve a cabo operaciones nocturnas con el helicóptero (lo cual consideraremos como afirmativo). Se estima en 50 W.

A su vez, el perímetro de la TLOF debe estar delimitado por luces verdes visibles en todas las direcciones desde el área de aterrizaje o por encima de este, iluminadas durante todo el día, y con una intensidad luminosa máxima de 60 cd. Las luces deben estar espaciadas 3 m, lo que, sabiendo que el perímetro de la TLOF es de 56,89 m, nos indica que el número total de lámparas es 18.

Al tener en esta ocasión requerimientos sobre la intensidad luminosa podemos optar por aproximar la intensidad a 40 cd, tomando como referencia una bombilla incandescente, y calcular a partir de ahí la potencia necesaria.

Las 40 cd a una inclinación máxima de 90° resultan un total 73,61 lm. Conociendo la iluminancia y que el rendimiento de estas lámparas es de 15 lm/W, se calcula una potencia demandada por bombilla de 4,9 W.

Es necesario también una señalización de los obstáculos que puedan suponer un peligro para el funcionamiento del helicóptero, como brazos de grúas. Esta indicación luminosa debe ser de color rojo y de al menos 10 cd por norma general. Además, en el punto más elevado de la plataforma se debe instalar una luz también roja de 200 cd que, al ser también los brazos de las grúas, prevalecerá esta condición.

Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

Tomando como referencia las lámparas incandescentes también, las 200 cd suponen como mucho 368,06 lm, lo que suponen 24,54 W cada una.

Por último, deberá existir una señal luminosa llamada *de estado*, para advertir a un helicóptero que se quiera aproximar de un peligro para su aterrizaje. Debe ser de luz roja e intermitente, y debe verse desde cualquier punto del sobrevuelo de un helicóptero, y de una intensidad mínima de 700 cd hasta 10° y 176 cd en los demás ángulos. La luz consumirá, por tanto, 21,95 W.

De esta manera, el consumo total de las luces del helipuerto será:

$$P_{il \text{ helipuerto}} = 50 + 4,9 \cdot 18 + 24,54 \cdot 2 + 21,95 = 209,33 \text{ W} = \mathbf{0,2 \text{ kW}}$$

Como vemos, el consumo de esta iluminación es ridículo en comparación con los grandes consumidores. Aun así, es muy importante en la seguridad de la unidad y un hecho diferencial con la mayoría de buques; y es por esto que se ha decidido detallarlo de esta manera.

## 5 BALANCE ELÉCTRICO DE LA PLATAFORMA

### 5.1 Métodos y reglamentación

En el apartado anterior, se han hallado las potencias eléctricas que necesitan los consumidores. Sin embargo, en el normal funcionamiento de la plataforma, quizás no sea necesario que todos ellos estén en funcionamiento.

Realizar un balance eléctrico puede definirse como el estudio de diversas condiciones de funcionamiento de la unidad, referidas como diferentes situaciones que se han previsto, para conocer qué consumidores estarán encendidos y qué cantidad de potencia eléctrica se demandará.

El balance eléctrico se basa en cálculos estadísticos sobre un promedio del uso de los equipos electrónicos, de manera que se puede obtener una aproximación de la potencia eléctrica en cada momento. Lo que esta aproximación se acerque a la realidad dependerá de cuán detallado sea el proyecto; en este caso, importará más la explicación del método que encontrar una estimación precisa, pues no se disponen de datos exactos a un nivel real.

Existen cuatro métodos principales para realizar el balance eléctrico de una unidad offshore:

- Estimación mediante relaciones matemáticas, obteniendo aproximaciones simples, que pueden ser tomadas como un dimensionamiento preliminar o como una visión global antes de realizar cálculos más precisos.
- Estimación a partir de una base de datos y estudiando las plataformas de referencia similares.
- Estimación clásica en profundidad, donde se hallan todas las potencias de los consumidores en distintas situaciones.
- Cálculo exacto avanzado, realizando con detenimiento los cálculos de los diferentes tipos de potencias de los consumidores, considerando todos los factores de potencia.

Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

Debido al motivo antes expuesto, la falta de información precisa y al ser éste un anteproyecto de fin académico se optará por realizar una estimación clásica en profundidad, pues es lo máximo que se podría alcanzar con los datos que se han obtenido.

Se estudiarán, por tanto, las tres condiciones para las cuales la plataforma está diseñada: la Condición de Funcionamiento Normal, la Condición de Emergencia y la Condición de Lastre.

Con respecto a la Condición de Emergencia, el Código MODU establece ciertas directrices sobre el tiempo que los equipos deben estar en funcionamiento y que, más adelante, cuando se realicen los cálculos, será muy importante conocer. Dicho reglamento establece que: el generador de emergencia deberá poder suministrar energía eléctrica durante:

- 18 h para alumbrado de emergencia, señales sonoras y luces antiabordajes (con referimiento al *Reglamento Internacional para la Prevención de Abordajes en el Mar*), sistemas de comunicaciones, sistemas contraincendios (tanto de detección como de combate) y sistemas de sentinas.
- 4 días para las luces de señalización.

## 5.2 Cálculo del balance eléctrico

Una vez se conocen las condiciones previas y las consideraciones reglamentarias se puede obtener el balance eléctrico de la plataforma, con los datos del desglose de los consumidores.

La potencia demandada por cada consumidor se relaciona con la absorbida de todos los equipos (la total) mediante la relación:

$$P_{necesaria} = P_T \cdot k_u$$

Siendo

- $k_u$  el factor de utilización, que varía dependiendo del equipo a través de la siguiente expresión.

$$k_u = k_n \cdot k_{sr}$$

Donde:

- $k_n$  es el factor de simultaneidad en marcha. Refleja la cantidad de equipos inactivos por considerarse de respeto. Se obtiene de la siguiente manera.

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

- $k_{sr}$  es el producto de dos coeficientes, el coeficiente de servicio ( $k_s$ ) y el coeficiente de régimen ( $k_r$ ), los cuales indican el número de horas en funcionamiento y el régimen al que trabaja el equipo, respectivamente.

$$k_{sr} = k_s \cdot k_r$$

$$k_s = \frac{n^{\circ} \text{ de horas en funcionamiento}}{24 \text{ h}}$$

$$k_r = \frac{\text{Potencia absorbida}}{\text{Potencia útil}} \cdot n$$

### 5.2.1 Condición Normal de Funcionamiento

Se adjuntan en la siguiente tabla los valores obtenidos del balance eléctrico en la condición de funcionamiento normal, en donde todos los equipos se deben de encontrar disponibles y en funcionamiento excepto las luces de emergencia y el servicio de lastre.

CONDICIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO														
SERVICIO	EQUIPO	UNIDADES TOTALES	POTENCIA UNITARIA				POTENCIA NECESARIA							
			ÚTIL	$\eta$	ABSORBIDA	TOTAL	UDS. ON	Kn	Nº horas en servicio / día	Ks	Kr	Ksr	Ku	TOTAL
LASTRE	Bomba de lastre	4	132	0,95	139,39	557,55	0	0	0	0,00	1,06	0,00	0,00	0,00
CONTRA INCENDIOS	Bomba Contraincendios	2	45	0,93	48,34	96,67	1	1	24	1,00	1,07	1,07	0,54	51,92
SENTINAS	Bomba de sentinas	1	55	0,94	58,82	58,82	1	1	24	1,00	1,07	1,07	1,07	62,91
	Separador de sentinas	1	3	-	-	3,00	1	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00
AGUA SANITARIA	Bomba de suministro	1	0,37	0,93	0,40	0,40	1	1	24	1,00	1,08	1,08	1,08	0,43
	Bomba de recirculación	1	0,37	0,93	0,40	0,40	1	1	24	1,00	1,08	1,08	1,08	0,43
	Calentador	1	40	-	-	40,00	1	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	40,00
	Generador de agua dulce	1	420	-	-	420,00	1	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	420,00
	Planta de aguas residuales	1	3,3	-	-	3,30	1	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	3,30
	Planta de basuras	1	9	-	-	9,00	1	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	9,00
AIRE	Ventilador	28	0,22	-	-	6,16	28	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	6,16

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

	<b>Climatizador</b>	1	12,16	-	-	12,16	1	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	12,16
<b>FONDA Y HOTEL</b>	<b>Cocina eléctrica</b>	2	15	-	-	30,00	2	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	7,50
	<b>Frigorífico</b>	2	1	-	-	2,00	2	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00
	<b>Horno</b>	1	5	-	-	5,00	1	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	1,25
	<b>Microondas</b>	2	4	-	-	8,00	2	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	2,00
	<b>Freidora</b>	1	5	-	-	5,00	1	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	1,25
	<b>Lavaplatos</b>	2	4	-	-	8,00	2	1	3	0,13	1,00	0,13	0,13	1,00
	<b>Cafetera</b>	3	3	-	-	9,00	3	1	3	0,13	1,00	0,13	0,13	1,13
	<b>Trituradora</b>	1	9	-	-	9,00	1	1	2	0,08	1,00	0,08	0,08	0,75
	<b>Incineradora</b>	1	14,7	-	-	14,70	1	1	2	0,08	1,00	0,08	0,08	1,23
	<b>Compactadora</b>	1	3,6	-	-	3,60	1	1	2	0,08	1,00	0,08	0,08	0,30
	<b>Compresores Gambuzas</b>	2	15	-	-	30,00	2	1	24	1,00	1,00	1,00	1,00	30,00
	<b>Lavadoras</b>	6	2	-	-	12,00	6	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	3,00
	<b>Secadoras</b>	6	3	-	-	18,00	6	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	4,50
	<b>Plancha</b>	3	5	-	-	15,00	3	1	6	0,25	1,00	0,25	0,25	3,75
	<b>Televisor</b>	22	0,2	-	-	4,40	22	1	8	0,33	1,00	0,33	0,33	1,47
<b>COMUNICACIÓN</b>	<b>Radio</b>	1	5	-	-	5,00	1	1	9	0,38	1,00	0,38	0,38	1,88
<b>ILUMINACIÓN</b>	<b>Alumbrado Interior</b>	1	4,32	-	-	4,32	1	1	10	0,42	1,00	0,42	0,42	1,80
	<b>Alumbrado</b>	1	4,04	-	-	4,04	1	1	11	0,46	1,00	0,46	0,46	1,85

	<b>Exterior</b>													
	<b>Alumbrado de Emergencia</b>	1	5,3	-	-	5,30	0	0	12	0,50	1,00	0,50	0,00	0,00
<b>CARGA Y DESCARGA</b>	<b>Grúas</b>	2	132	0,95	139,39	278,78	2	1	24	1,00	1,06	1,06	1,06	294,38
<b>TOTAL (kW)</b>														<b>976,15</b>

### 5.2.2 Condición de Emergencia

En la Condición de Emergencia, por el contrario, la gran mayoría de quipos permanecen apagados.

CONDICIÓN DE EMERGENCIA														
SERVICIO	EQUIPO	UNIDADES TOTALES	POTENCIA UNITARIA				POTENCIA NECESARIA							
			ÚTIL	$\eta$	ABS.	TOTAL	UDS. ON	Kn	Nº horas en servicio/día	Ks	Kr	Ksr	Ku	TOTAL
LASTRE	Bomba de lastre	4	132,00	0,95	139,39	557,55	0	0	0	0	1,06	0,00	0,00	0,00
CONTRA INCENDIOS	Bomba Contraincendios	2	45,00	0,93	48,34	96,67	2	1	18	0,75	1,07	0,81	0,81	77,88
SENTINAS	Bomba de sentinas	1	55,00	0,94	58,82	58,82	1	1	18	0,75	1,07	0,80	0,80	47,18
	Separador de sentinas	1	3,00	-	-	3,00	1	1	18	0,75	1,00	0,75	0,75	2,25
AGUA SANITARIA	Bomba de suministro	1	0,37	0,93	0,40	0,40	0	0	0	0	1,08	0,00	0,00	0,00
	Bomba de recirculación	1	0,37	0,93	0,40	0,40	0	0	0	0	1,08	0,00	0,00	0,00
	Calentador	1	40,00	-	-	40,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

	<b>Generador de agua dulce</b>	1	420,00	-	-	420,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Planta de aguas residuales</b>	1	3,30	-	-	3,30	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Planta de basuras</b>	1	9,00	-	-	9,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>AIRE</b>	<b>Ventilador</b>	28	0,22	-	-	6,16	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Climatizador</b>	1	12,16	-	-	12,16	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>FONDA Y HOTEL</b>	<b>Cocina eléctrica</b>	2	15,00	-	-	30,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Frigorífico</b>	2	1,00	-	-	2,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Horno</b>	1	5,00	-	-	5,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Microondas</b>	2	4,00	-	-	8,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Freidora</b>	1	5,00	-	-	5,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Lavaplatos</b>	2	4,00	-	-	8,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Cafetera</b>	3	3,00	-	-	9,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Trituradora</b>	1	9,00	-	-	9,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Incineradora</b>	1	14,70	-	-	14,70	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Compactadora</b>	1	3,60	-	-	3,60	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Compresores Gambuzas</b>	2	15,00	-	-	30,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Lavadoras</b>	6	2,00	-	-	12,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>Secadoras</b>	6	3,00	-	-	18,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00	

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

	<b>Plancha</b>	3	5,00	-	-	15,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Televisor</b>	22	0,20	-	-	4,40	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>COMUNICACIÓN</b>	<b>Radio</b>	1	5,00	-	-	5,00	1	1	18	0,75	1,00	0,75	0,75	3,75
<b>ILUMINACIÓN</b>	<b>Alumbrado Interior</b>	1	4,32	-	-	4,32	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Alumbrado Exterior</b>	1	4,04	-	-	4,04	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Alumbrado de Emergencia</b>	1	5,30	-	-	5,30	1	1	18	0,75	1,00	0,75	0,75	3,98
<b>CARGA Y DESCARGA</b>	<b>Grúas</b>	2	132,00	0,95	139,39	278,78	0	0	0	0	1,06	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL (kW)</b>														<b>135,04</b>

### 5.2.3 Condición de lastrado

Por su parte, el lastrado o deslastrado se considera una situación excepcional que se prevé, por lo que ha considerado que durante este espacio de tiempo la plataforma no continúa con su funcionamiento normal.

CONDICIÓN DE LASTRADO														
SERVICIO	EQUIPO	UNIDADES TOTALES	POTENCIA UNITARIA				POTENCIA NECESARIA							
			ÚTIL	$\eta$	ABSORBIDA	TOTAL	UNIDADES ON	Kn	Nº horas en servicio/día	Ks	Kr	Ksr	Ku	TOTAL
LASTRE	Bomba de lastre	4	132,00	0,95	139,39	557,55	3	0,75	24	1	1,06	1,06	0,79	441,57
CONTRA INCENDIOS	Bomba Contra incendios	2	45,00	0,93	48,34	96,67	2	1	24	1	1,07	1,07	1,07	103,83
SENTINAS	Bomba de sentinas	1	55,00	0,94	58,82	58,82	1	1	24	1	1,07	1,07	1,07	62,91
	Separador de sentinas	1	3,00	-	-	3,00	1	1	24	1	1,00	1,00	1,00	3,00
AGUA SANITARIA	Bomba de suministro	1	0,37	0,93	0,40	0,40	0	0	0	0	1,08	0,00	0,00	0,00
	Bomba de recirculación	1	0,37	0,93	0,40	0,40	0	0	0	0	1,08	0,00	0,00	0,00
	Calentador	1	40,00	-	-	40,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	Generador de agua dulce	1	420,00	-	-	420,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

	<b>Planta de aguas residuales</b>	1	3,30	-	-	3,30	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Planta de basuras</b>	1	9,00	-	-	9,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>AIRE</b>	<b>Ventilador</b>	28	0,22	-	-	6,16	28	1,00	24	1	1,00	1,00	1,00	6,16
	<b>Climatizador</b>	1	12,16	-	-	12,16	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>FONDA Y HOTEL</b>	<b>Cocina eléctrica</b>	2	15,00	-	-	30,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Frigorífico</b>	2	1,00	-	-	2,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Horno</b>	1	5,00	-	-	5,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Microondas</b>	2	4,00	-	-	8,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Freidora</b>	1	5,00	-	-	5,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Lavaplatos</b>	2	4,00	-	-	8,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Cafetera</b>	3	3,00	-	-	9,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Trituradora</b>	1	9,00	-	-	9,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Incineradora</b>	1	14,70	-	-	14,70	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Compactadora</b>	1	3,60	-	-	3,60	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Compresores Gambuzas</b>	2	15,00	-	-	30,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Lavadoras</b>	6	2,00	-	-	12,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
	<b>Secadoras</b>	6	3,00	-	-	18,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>Plancha</b>	3	5,00	-	-	15,00	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00	

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

	<b>Televisor</b>	22	0,20	-	-	4,40	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>COMUNICACIÓN</b>	<b>Radio</b>	1	5,00	-	-	5,00	1	1	24	1	1,00	1,00	1,00	5,00
<b>ILUMINACIÓN</b>	<b>Alumbrado Interior</b>	1	4,32	-	-	4,32	1	1	24	1	1,00	1,00	1,00	4,32
	<b>Alumbrado Exterior</b>	1	4,04	-	-	4,04	1	1	12	0,5	1,00	0,50	0,50	2,02
	<b>Alumbrado de Emergencia</b>	1	5,30	-	-	5,30	0	0	0	0	1,00	0,00	0,00	0,00
<b>CARGA Y DESCARGA</b>	<b>Grúas</b>	2	132,00	0,95	139,39	278,78	0	0	0	0	1,06	0,00	0,00	0,00
<b>TOTAL (kW)</b>														<b>628,81</b>

### 5.3 Resumen del Balance Eléctrico

Una vez se han calculado las necesidades energéticas de los consumidores en las dos situaciones posibles se debe comprar cuál es más exigente, para tomarla como válida a la hora de dimensionar el generador.

SISTEMA	FUNCIONAMIENTO NORMAL	EMERGENCIA	LASTRADO
Lastre	0,00	0,00	441,57
Contraincendios	51,92	77,88	103,83
Sentinas	65,91	49,43	65,91
Agua Sanitaria	473,16	0,00	0,00
Aire	18,32	0,00	6,16
Fonda y Hotel	61,12	0,00	0,00
Comunicación	5,00	3,75	5,00
Iluminación	6,34	3,98	6,34
Carga y Descarga	294,38	0,00	0,00
<b>TOTAL (kW)</b>	<b>976,15</b>	<b>135,04</b>	<b>628,81</b>

*Tabla 4 Necesidades en cada situación*

Como era obvio pensar, la condición más exigente es la de normal funcionamiento, que ahora vemos estimada en 976,15 kW, y que se tomará como punto de referencia para el diseño de la planta generadora.

## 6 PLANTA GENERADORA

### 6.1 Especificaciones del reglamento

El Reglamento da una serie de indicaciones sobre las plantas generadoras de la unidad que forman la base sobre la cual dimensionar todo el sistema eléctrico.

Se exige que existan dos plantas generadoras: una principal y otra de emergencia. La planta principal debe ser capaz de suministrar energía suficiente para cubrir por sí sola las necesidades de la plataforma, sin depender de la de emergencia.

Deben estar ambas plantas correctamente instaladas, sin suponer ningún peligro para la seguridad del personal ni de la propia unidad, y lo más alejadas posible una de la otra, para evitar la pérdida completa del suministro en caso de incendio, estando la de emergencia siempre por encima de la línea de flotación de la avería más grande prevista.

En caso de producirse un fallo en la planta generadora principal, la planta de emergencia debe activarse de forma automática. Ésta, a su vez, no tiene por qué permanecer siempre inactiva; puede usarse para suministrar energía de equipos, eso sí, que no sean de emergencia.

Por último, los principios de seguridad de la plataforma exigen que ambos generadores funcionen con combustibles cuyo punto de inflamación sea a partir de los 43 °C.

### 6.2 Planta Generadora Principal

Estudiando las plataformas existentes y el estado actual de la industria naval, se ha decidido instalar a bordo generadores diésel (cuyo punto de inflamación se encuentra en los 52 °C) de la misma marca y modelo, lo que reduce las piezas de recambio y mantenimiento a bordo y resulta más sencillo para el personal técnico.

SISTEMA	FUNCIONAMIENTO NORMAL	EMERGENCIA	LASTRADO
Lastre	0,00	0,00	441,57
Contra incendios	51,92	77,88	103,83
Sentinas	65,91	49,43	65,91
Agua Sanitaria	473,16	0,00	0,00
Aire	18,32	0,00	6,16
Fonda y Hotel	61,12	0,00	0,00
Comunicación	5,00	3,75	5,00
Iluminación	6,34	3,98	6,34
Carga y Descarga	294,38	0,00	0,00
<b>TOTAL (kW)</b>	<b>976,15</b>	<b>135,04</b>	<b>628,81</b>
<b>MARGEN (+20%)</b>	<b>1171,37</b>	<b>162,04</b>	<b>754,58</b>

Tabla 5 Potencias requeridas sobredimensionadas

Se muestra en la tabla anterior las situaciones de funcionamiento con un margen de sobredimensionamiento estándar del 20%, para dotar al sistema de seguridad y considerar así situaciones extraordinarias (como equipos trabajando más horas de las previstas) u otros elementos que no se han considerado y que pueden conectarse a la red, como equipos de mantenimiento.

La potencia exigida al generador es, por tanto, 1164,4 kW, y tendrá que ser suministrada por  $n-1$  generadores, siendo  $n$  el número total de generadores de la planta principal.

Se debe recurrir ahora al catálogo de un fabricante y valorar qué modelos se ajustan mejor a las necesidades de la unidad. Se ha optado por los modelos de la corporación americana Caterpillar Inc. *D1250C*, *C18* y *C13*, cuyos catálogos se adjuntan en los ANEXOS I, II y III, respectivamente.

Se procede ahora a valorar los generadores en la condición más exigente, la de normal funcionamiento, y en el número necesario de cada uno para cumplir con la demanda de potencia.

Se adjuntan en la tabla siguiente los resultados de los cálculos para hallar el porcentaje de utilización de cada modelo, para que cumplan la condición exigida de  $n-1$  generadores.

CONDICIÓN NORMAL DE FUNCIONAMIENTO					
MODELO	Nº GENERADORES	POTENCIA UNITARIA (kW)	POTENCIA TOTAL (kW)	POTENCIA n-1 (kW)	MCR
D1250C	2	1250	2500	1250	93,15%
C18	3	750	2250	1500	77,63%
C13	4	400	1600	1200	97,03%

Tabla 6 Generadores en la condición normal

La opción más adecuada es la 4 generadores del modelo C13, pues es la que mejor porcentaje de utilización tiene. Por este motivo, se decide instalar 3 generadores de dicho modelo, los cuales conformarán la planta generadora principal.

### 6.3 Planta generadora de emergencia

Como se ha mencionado anteriormente, el reglamento exige que el generador de emergencia ha de ser capaz de suplir la demanda en la condición de emergencia, que sobredimensionada se sitúa en los 162,04 kW.

En el catálogo del fabricante de los generadores principales encontramos un modelo que satisface nuestras necesidades, el D175 GC, cuyo factor de utilización, calculado en la tabla que continúa, es excelente. Sus ficha técnica se adjunta en el ANEXO IV.

POTENCIA REQUERIDA (kW)	POTENCIA GENERADA (kW)	MCR
162,04	175	92,60%

Tabla 7 MCR del generador de emergencia

## 7 DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA DE CABLEADO

### 7.1 Normativa y consideraciones previas

La norma de Bureau Veritas sobre plataformas offshore NR 445 Pt C, Ch 2, Sec 9, sobre el sistema de cableado nos dirige principalmente a las normas UNE-IEC, concretamente las número 60228, 60092-351 y 60092-359.

Este reglamento especifica que los cables deben ser de conductor de cobre recocido Clase 2, tener un aislamiento de polietileno reticulado libre de alógenos (XLPE) y un recubrimiento interno de poliolefina termoplástica también libre de alógenos (SHF1).

Estas normas también nos proporcionan la siguiente tabla, para el cálculo de las secciones nominales de los cables.

1	2	3	4	5	6
Sección nominal	PVC para uso general	PVC resistente al calor	Caucho butílico	EPR y polietileno reticulado	Caucho de silicona con aislamiento mineral
mm <sup>2</sup>	60°C*	75°C*	80°C*	85°C*	95°C*
1	8	13	15	16	20
1,5	12	17	19	20	24
2,5	17	24	26	28	32
4	22	32	35	38	42
6	29	41	45	48	55
10	40	57	63	67	75
16	54	76	84	90	100
25	71	100	110	120	135
35	87	125	140	145	165
50	105	150	165	180	200
70	135	190	215	225	255
95	165	230	260	275	310
120	190	270	300	320	360
150	220	310	340	365	410
185	250	350	390	415	470
240	290	415	460	490	—
300	335	475	530	560	—

\* Temperatura máxima admisible en el conductor.

UNE 21-135-83 (3)

Figura 7-1 Secciones nominales de cables (Fuente: UNE-IEC)

A la hora de realizar los cálculos, se asume una caída máxima de tensión de un 2,5%, lo que supone 12 y 5,5 V para las redes de 480 y 220V, respectivamente. Se considerará también que en el caso de que 6 o más

cables del mismo circuito y a la misma carga se coloquen juntos sin permitir la circulación del aire, se aplique un factor de corrección de 0,85, y éstos no sean nunca de una sección menos a 10 mm<sup>2</sup>.

## 7.2 Cálculo de las secciones de los cables

Se procederá ahora a calcular las secciones de los cables, con las relaciones siguientes.

$$I_{abs} = \frac{P_{abs} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos\varphi}$$

$$I_{adm} = \frac{I_{abs} \cdot 1,25}{0,7}$$

$$\Delta V = \frac{0,023 \cdot \sqrt{3} \cdot L \cdot I_{abs} \cdot 1,25 \cdot \cos\varphi}{S \cdot n_{cables}}$$

El criterio establecido a la hora de escoger un número determinado de cables ha sido minimizar las secciones y, por tanto, el peso y el costo. La siguiente tabla muestra los resultados con todos los cables de los consumidores.

## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

SERVICIO	EQUIPO	UNIDADES TOTALES	POTENCIA UNITARIA			V	I abs (A)	Nº CABLES	S (mm)	$\Delta V$ (V/100m)	CABLE XLPE
			ÚTIL	$\eta$	ABSORBIDA						
LASTRE	Bomba de lastre	4	132	0,947	139,39	480	209,57	1	120	6,96	1//3x120 XLPE
CONTRA INCENDIOS	Bomba Contraincendios	2	45	0,931	48,34	480	72,67	1	25	11,58	1//3x25 XLPE
SENTINAS	Bomba de sentinas	1	55	0,935	58,82	480	88,44	1	35	10,07	1//3x25 XLPE
	Separador de sentinas	1	3	-	3,00	480	4,51	1	2,5	7,19	1//3x2,5 XLPE
AGUA SANITARIA	Bomba de suministro	1	0,37	0,927	0,40	480	0,60	1	1	2,39	1//3x1 XLPE
	Bomba de recirculación	1	0,37	0,927	0,40	480	0,60	1	1	2,39	1//3x1 XLPE
	Calentador	1	40	-	40,00	480	60,14	1	25	9,58	1//3x25 XLPE
	Generador de agua dulce	1	420	-	420,00	480	631,48	3	120	6,99	3//3x120 XLPE
	Planta de aguas residuales	1	3,3	-	3,30	480	4,96	1	2,5	7,91	1//3x2,5 XLPE
	Planta de basuras	1	9	-	9,00	480	13,53	2	2,5	10,78	2//3x2,5 XLPE
AIRE	Ventilador	28	0,22	-	0,22	480	0,33	1	1	1,32	1//3x1 XLPE
	Climatizador	1	12,16	-	12,16	480	18,28	3	2,5	9,71	3//3x2,5 XLPE
FONDA Y HOTEL	Cocina eléctrica	2	15	-	15,00	480	22,55	2	4	11,23	2//3x4 XLPE
	Frigorífico	2	1	-	1,00	480	1,50	1	1	5,99	1//3x1 XLPE

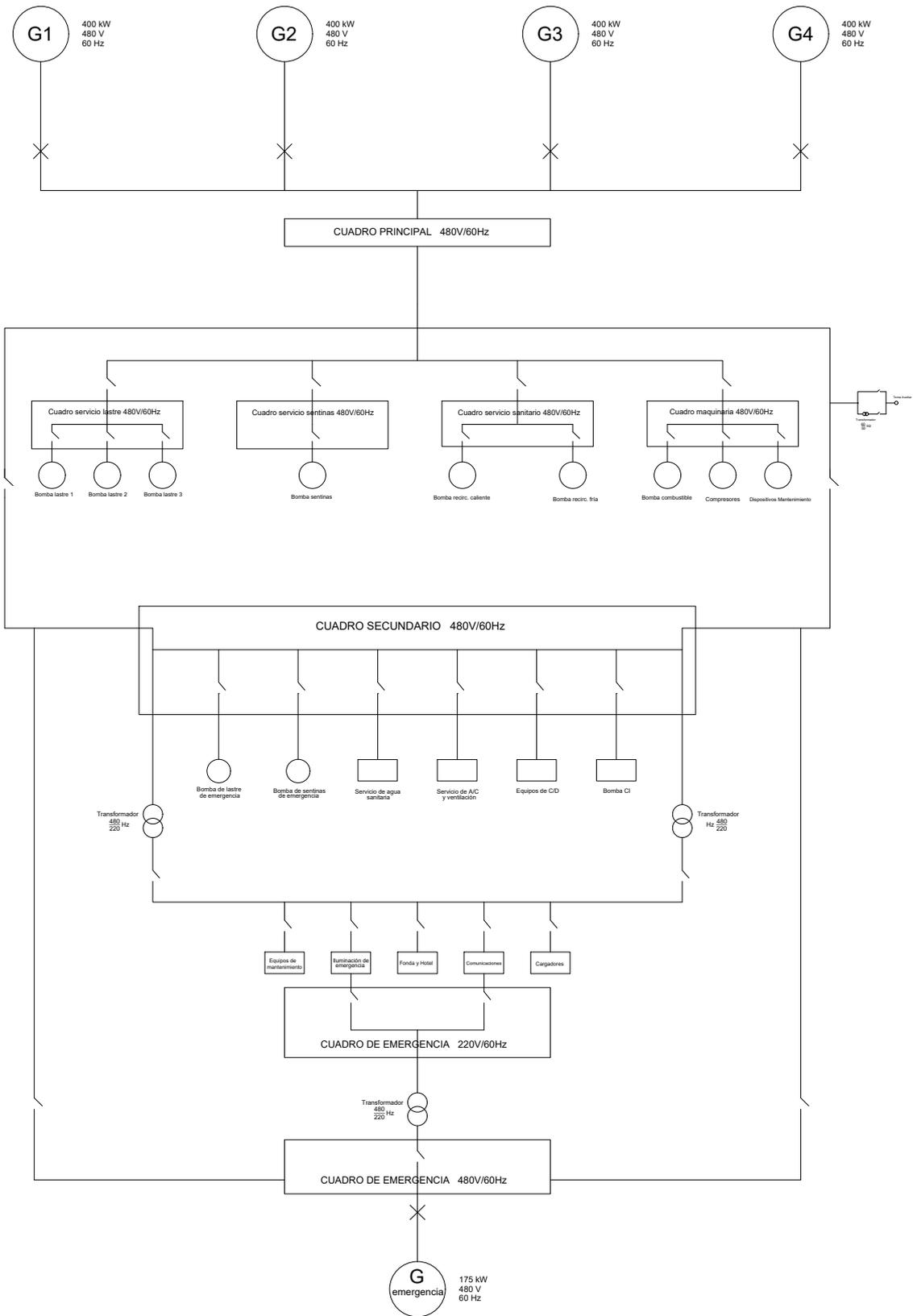
## Plataforma offshore TLP para habilitación y carga

	<b>Horno</b>	1	5	-	5,00	480	7,52	1	2,5	11,98	1//3x2,5 XLPE
	<b>Microondas</b>	2	4	-	4,00	480	6,01	1	2,5	9,58	1//3x2,5 XLPE
	<b>Freidora</b>	1	5	-	5,00	480	7,52	1	2,5	11,98	1//3x2,5 XLPE
	<b>Lavaplatos</b>	2	4	-	4,00	480	6,01	1	2,5	9,58	1//3x2,5 XLPE
	<b>Cafetera</b>	3	3	-	3,00	480	4,51	1	1,5	11,98	1//3x1,5 XLPE
	<b>Trituradora</b>	1	9	-	9,00	480	13,53	2	2,5	10,78	2//3x2,5 XLPE
	<b>Incineradora</b>	1	14,7	-	14,70	480	22,10	2	4	11,01	2//3x4 XLPE
	<b>Compactadora</b>	1	3,6	-	3,60	480	5,41	1	2,5	8,63	1//3x1,5 XLPE
	<b>Compresores Gambuzas</b>	2	15	-	15,00	480	22,55	3	2,5	11,98	3//3x2,5 XLPE
	<b>Lavadoras</b>	6	2	-	2,00	480	3,01	1	1	11,98	1//3x1 XLPE
	<b>Secadoras</b>	6	3	-	3,00	480	4,51	1	1,5	11,98	1//3x1,5 XLPE
	<b>Plancha</b>	3	5	-	5,00	480	7,52	1	2,5	11,98	1//3x1,5 XLPE
	<b>Televisor</b>	22	0,2	-	0,20	480	0,30	1	1	1,20	1//3x1 XLPE
<b>COMUNICACIÓN</b>	<b>Radio</b>	1	5,00	-	5,00	220	15,04	2	6	5,45	2//3x6 XLPE
<b>ILUMINACIÓN</b>	<b>Alumbrado Interior</b>	1	4,32	-	4,32	220	12,99	2	6	4,70	2//3x6 XLPE
	<b>Alumbrado Exterior</b>	1	4,04	-	4,04	220	12,15	2	6	4,40	2//3x6 XLPE
	<b>Alumbrado de Emergencia</b>	1	5,30	-	5,30	220	15,94	3	6	3,85	3//3x6 XLPE
<b>CARGA Y DESCARGA</b>	<b>Grúas</b>	2	132	0,947	139,39	480	209,57	1	120	6,96	1//3x120 XLPE

## 8 DIAGRAMA UNIFILAR Y CONFIGURACIÓN

Una vez se ha completado el dimensionamiento de todo el sistema eléctrico principal es conveniente realizar un esquema unifilar; esto es, un plano en el que se observa un diagrama general de la planta eléctrica.

En este sistema, adjuntado en el plano que sigue, se muestran los generadores con sus características, los consumidores principales y secundarios y los cuadros de la unidad. También se muestran los transformadores, incluyendo un transformador auxiliar para convertir la frecuencia, en una toma auxiliar, disponible para conectarse a un buque a frecuencia 50 Hz si fuese el caso.



<b>UNIVERSIDADE DA CORUÑA</b> ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR		
PROYECTO: <b>PLATAFORMA TLP PARA HABILITACIÓN Y CARGA EN CUBIERTA</b>		
PLANO: <b>ESQUEMA UNIFILAR DE LA PLANTA ELÉCTRICA</b>	FIRMA:	ESCALA: <b>1:1</b>
AUTOR <b>MANUEL MARTÍNEZ SUÁREZ</b>		FECHA: <b>ENERO 2023</b>
		Nº DE PLANO: <b>01/01</b>

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] BAQUERIZO PARDO, Manuel (1967). *Lecciones de electricidad aplicada al buque*, ETSIN
- [2] BOUZA FERNÁNDEZ, Javier (2021). *Sistemas Eléctricos y Electrónicos del Buque*, Universidade da Coruña
- [3] DÍAZ CASÁS, Vicente y PUENTE VARELA, Basilio (2022). *Proyecto de buques y artefactos marinos*, Universidade da Coruña
- [4] GARCÍA ÁVILA, Javier (2022). *Buque portacontenedores 16000 TEUs*. Trabajo fin de Grado, Universidade da Coruña.