



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

**Trabajo Fin de Grado**  
**CURSO 2019/20**

---

*OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**ALUMNO**

Antonio Melo Bello

**TUTOR**

Marcos Míguez González

**FECHA**

Septiembre 2020

# 1 RPA

## PROYECTO NÚMERO 1920-28

### TIPO DE BUQUE:

OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL

### CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN:

DNV GL 1 A 1 SELF-ELEVATING WIND TURBINE INSTALLATION, SOLAS, MARPOL

### CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA:

AEROGENERADORES

8000 TPM

### VELOCIDAD Y AUTONOMÍA:

10KN- VELOCIDAD DE TRÁNSITO (85% MCR, 10% MM)

12KN-MÁXIMA

30 DÍAS en operación

### SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:

GRÚA PARA IZAMIENTO DE LA CARGA

JACK UP SYSTEM- DOBLE ANILLO PARA CONTINUAR OPERACIÓN

### PROPULSIÓN:

PRINCIPAL: 4 AZIMUTH THRUSTERS

PROPULSIÓN DIÉSEL ELÉCTRICA

BOW TUNNEL THRUSTERS: 3

### TRIPULACIÓN Y PASAJE:

90 OPERARIOS

### OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:

HELIPUERTO, AUXILIAR DE IZAMIENTO



UNIVERSIDADE DA CORUÑA



Escola Politécnica Superior

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

---

*OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL*

---

**Grado en Ingeniería Naval y Oceánica**

**Cuaderno 11**

**PLANTA ELÉCTRICA Y DISTRIBUCIÓN**

## Contenido

1 RPA .....	2
2 Introducción .....	6
3 Definición de la planta eléctrica.....	8
3.1 Frecuencia y Tensión.....	8
3.2 Características.....	10
4 Desglose y características de los Consumidores.....	12
4.1 Sistema de Cámara de Máquinas.....	13
4.2 Iluminación .....	14
5 Balance Eléctrico .....	19
5.1 Factores de Utilización y Potencias .....	20
5.2 Puerto Amarrando.....	21
5.3 Puerto Cargando .....	21
5.4 Navegación.....	21
5.5 Elevación .....	21
5.6 Montaje- Instalación.....	22
5.7 Carga en Alta mar.....	22
5.8 Emergencia.....	22
5.9 Resumen Resultados.....	23
6 Planta Generadora.....	24
6.1 Generadores Principales.....	24
6.2 Generador de Emergencia.....	27
6.3 Reserva de Energía y Pick Up.....	29
7 Sistema de Cableado.....	32
7.1 Tipología y Dimensionado de Cables.....	32
8 Otros componentes.....	37
8.1 Transformadores .....	37
8.2 Cuadros de Distribución.....	37
8.3 Protecciones de la Planta Eléctrica.....	37
9 Diagrama Unifilar .....	39
9.1 Descripción del Diagrama.....	39
10 Anexo.....	41
10.1 Cálculo de Coeficientes .....	41
10.2 Cálculo potencia por condición .....	43
10.3 Generador de Emergencia.....	45



## 2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno se realizará el balance eléctrico del buque. El objetivo principal de este cuaderno es el diseño y definición de las características de la planta eléctrica.

Se estudiarán las distintas condiciones de trabajo a las que estará sometido el buque, para determinar el número de generadores necesarios para cada condición.

Para calcular la planta del buque, es necesario conocer los diferentes consumidores del buque que se han calculado en cuadernos previos (Cuaderno 6,10 y 12).

El buque con el que se va a trabajar tiene las siguientes características:

DIMENSIONES Y CARACTERÍSTICAS		
ESLORA TOTAL (Loa)	134	m
ESLORA ENTRE PERPENDICUALRES (Lpp)	129,82	m
ESLORA EN LA FLOTACIÓN (Lwl)	133,43	m
MANGA (B)	38,7	m
PUNTAL (D)	11,57	m
CALADO (T)	6,215	m
Cb	0,812	
DESPLAZAMIENTO ( $\Delta$ )	26720	t
SUPERFICIE MOJADA	6203,899	m <sup>2</sup>
Cp	0,813	
Cm	0,999	
Cf	0,894	
VELOCIDAD trántiso	10	kn
VELOCIDAD máxima	12	kn
POTENCIA TOTAL INSTALADA	25200	kW

Se tendrán en cuenta, a parte de estas características, las especificaciones reflejadas en la RPA expuesta previamente, donde caben destacar, que el buque ha de tener una velocidad máxima de 12kn, una velocidad de servicio de 10kn y un 85%MCR para los diésel generadores.

Se instalará un número uniforme de grupos electrógenos para asegurar una distribución de carga simétrica en las secciones de barras colectoras de los cuadros. Los consumidores deberán estar dispuestos y repartidos simétricamente en los cuadros de distribución, el cual determina el nivel de corrientes de CC que debe poder resistir y la capacidad de corte de los interruptores automáticos.

A continuación, se indica el procedimiento a seguir para el cálculo:

- Definición de la planta eléctrica
- Desglose y características de los consumidores
- Cálculo del alumbrado
- Balance eléctrico para las diversas condiciones de trabajo
- Análisis de resultados y cálculo de los generadores
- Diseño del diagrama unifilar y configuración de la planta eléctrica
- Cálculo de los cables y otros componentes

Para el cálculo de este cuaderno, es necesario seguir una serie de normas de cumplimiento y una serie de condiciones a tener en cuenta.

✓ **NORMAS**

- Normas UNE-CEI 21135-XXX
- Convenio SOLAS
- Lo expuesto por la SSCC del buque (DNV)

✓ **Condiciones**

- Condiciones Ambientales
  - Inclinación→ Los equipos eléctricos deberán funcionar en condiciones de buques estáticos en  $-25^{\circ}$  y para buques navegando en  $\pm 25^{\circ}$ . Los equipos de emergencia deberán funcionar a  $\pm 25^{\circ}$  con un grado de trimado de  $10^{\circ}$
  - Vibraciones→ Deberá tolerar rangos de frecuencia de vibraciones de 5Hz a 50Hz y un rango de amplitud de 20mm/s.
  - Temperatura→ La temperatura de ambiente deberá ser como máximo de  $45^{\circ}\text{C}$ , siendo diferente la mínima en función de la zona de operación del buque.
- Grado de Protección
  - Los grados de protección de la instrumentación dependerá de la zona del buque en la que esté situada. Estos grados de protección viene especificados en la sociedad de clasificación, en este caso:  
DNV Part 4 Charter 8 Section 10

### 3 DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA

El buque tendrá una instalación eléctrica trifásica, este tipo de instalaciones, ofrece las siguientes ventajas más importante:

- Permitir la conexión a Puerto.
- Menos componentes, lo que implica menos gastos de mantenimiento y de respetos.
- Permiten el uso de tensión más elevada.
- No exigen un control tan elevado de la velocidad de régimen.

#### 3.1 Frecuencia y Tensión

El buque como se ha explicado en otros cuadernos lleva una propulsión diésel-eléctrica, lo que implica que el alternador y el cuadro de distribución principal sigan una serie de principios de diseño:

- Se debe dividir simétricamente el cuadro principal para una mayor fiabilidad y ayuda a conseguir los requisitos de redundancia.
- Se debe instalar un número par en los alternadores para asegurar una carga simétrica en los embarrados del cuadro. Los consumidores deberán ser también simétricos.
- El diseño del cuadro principal queda determinado por las corrientes de cortocircuito que se deben soportar y por la capacidad de corte de los disyuntores.
- El voltaje hasta el cuadro principal depende de varios factores:

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

En este cuaderno se seleccionará el tipo de motor generador, pero las características de la planta eléctrica del buque se consideran las siguientes:

$$U = 6600 \text{ V}$$

$$\text{Capacidad de corte} = 30 \text{ kA}$$

Se situará el cuadro en la cámara de control de las cámaras de máquinas.



De la Norma UNE 21-135-93/201 se tienen las tensiones de trabajo:

**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

UNE 21-135-93/201

1) En el futuro, solamente 230 V  
2) En el futuro, solamente 400 V  
3) En el futuro, solamente 690 V  
\*Solamente para fuerza motriz

En la RPA no se ha especificado la zona de operación, por tanto, la frecuencia de trabajo se elegirá según las zonas donde pueda operar el buque. Se supondrá una frecuencia de 50Hz que corresponde con las frecuencia Europea.

De la tabla, se seleccionan las tensiones que tendrá el buque:

- 690V ; 50 Hz
- 230V; 50 Hz

El cuadro principal como se ha mencionado previamente está alimentado a 6600V, y este cuadro alimenta a los paneles de los propulsores y alimenta también al panel de baja tensión.

El panel de baja tensión es de 690V que sería el secundario. Este panel, es el de distribución, que alimenta una red trifásica a la cual se conectan todos los consumidores.

Se tendrá también una red de 230V para la iluminación y pequeños consumidores de la habitación.

### 3.2 Características

El tipo de propulsión especificada en la RPA es diésel eléctrica como se ha mencionado previamente. La propulsión diésel eléctrica es un tipo de propulsión en la cual se dispone de unos motores principales con generadores, y estos suministran energía eléctrica a todo el buque, incluyendo energía eléctrica para la propulsión. El combustible de estos motores generadores es diésel.

Los motores generadores han de poder ser capaces de suministrar la potencia necesaria para la propulsión al porcentaje de carga especificada en la RPA (85%MCR).

La propulsión diésel eléctrica es una solución flexible y eficiente para una amplia y variada gama de potencia de propulsión. La hélice es accionada por un motor eléctrico a través de una cadena de engranajes de reducción. La potencia se entrega desde un sistema de suministro eléctrico del barco (desde los generadores mencionados previamente). La solución más eficiente se logra a través de RPM variables del motor eléctrico, para garantizar que la hélice tenga condiciones de trabajo optimizadas en todo el rango de potencia.

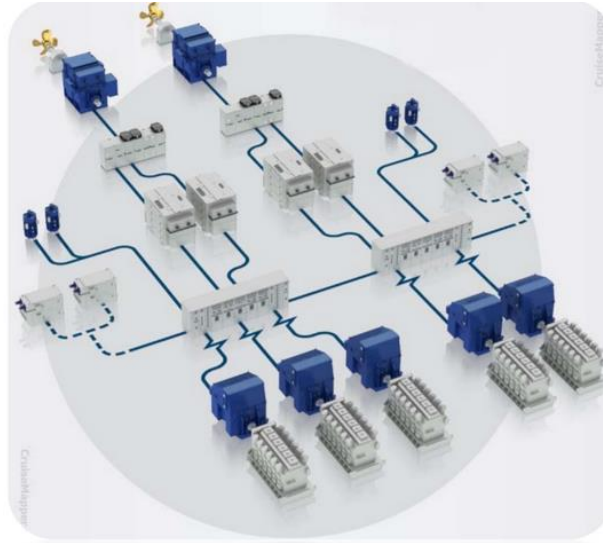
Los propulsores son Azimutales, como se han especificado en cuadernos previos:

- ABB HIGH SPEED DRIVE 500
- 4 motores propulsores
- 2050 kW
- 900 RPM

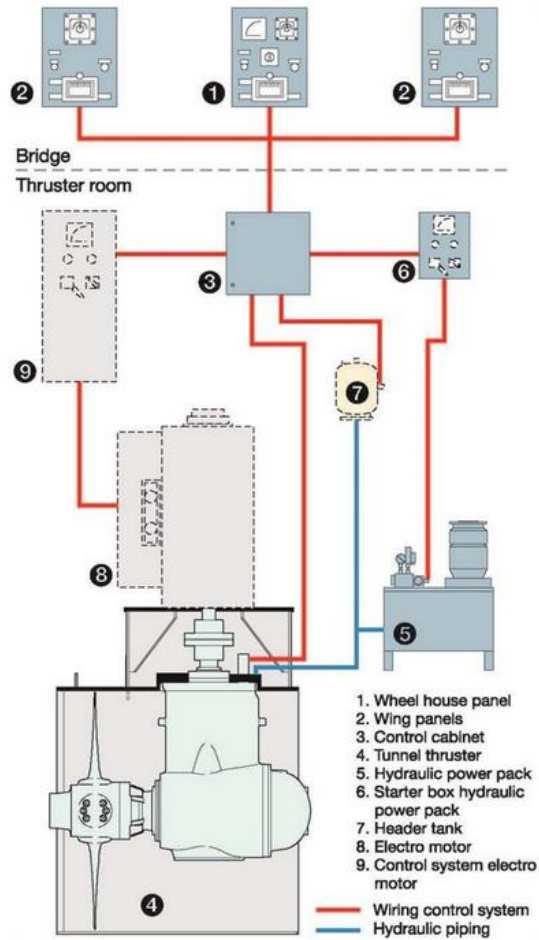
La planta propulsora diésel eléctrica consta de los siguientes componentes principales:

- Generadores Diésel: Son los encargados de generar la energía eléctrica necesaria para alimentar los motores eléctricos y para el resto de consumidores del buque.
- Cuadros de Distribución: Se dispone de un cuadro principal y otro de emergencia. Estos cuadros serán los encargados de recibir la potencia directamente de los generadores y alojar los dispositivos necesarios para el acoplamiento de los alternadores y elementos de protección y distribuir la corriente a los demás servicios del buque.
- Transformadores: Son necesarios para aquellos sistemas que produzcan tensiones inferiores a las nominales de la instalación correspondiente a los sistemas de fuerza.
- Convertidores de frecuencia: No son siempre necesarios, solo para aquellos casos en los que los consumidores trabajen a diferentes frecuencias.
- Motores eléctricos: Son los encargados de la propulsión.

A continuación, se muestra un esquema del suministro de potencia desde los generadores hasta los motores propulsores (en este caso, serían los motores de los Thrusters):



Se muestra el esquema para el funcionamiento de los azimutales



## 4 DESGLOSE Y CARACTERÍSTICAS DE LOS CONSUMIDORES

Para la determinación de los consumos, es necesario conocer las características de los equipos y motores eléctricos empleados. Para ello:

- Se ha fundamentado en las potencias obtenidas en los cálculos en el Cuaderno 10 de Cámara de Máquinas y en el Cuaderno 12 de Equipos y Servicios.
- En el caso de motores eléctricos sin control mediante de convertidores de potencia se han empleado las potencias normalizadas que se muestran a continuación. De esta forma, obtendremos los valores del factor de potencia, rendimiento y la potencia consumida por los equipos eléctricos.
- Con el apartado anterior y determinando la forma de arranque se determina la aparamenta y la sección de cable de los equipos eléctricos del buque.

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

kW	HP	IE-1 - Standard efficiency						IE2 - High efficiency						IE3 - Premium efficiency					
		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole		2 pole		4 pole		6 pole	
		50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz	50 Hz	60 Hz
0.75	1	72.1	77.0	72.1	78.0	70.0	73.0	77.4	75.5	79.6	82.5	75.9	80.0	80.7	77.0	82.5	85.5	78.9	82.5
1.1	1.5	75.0	78.5	75.0	79.0	72.9	75.0	79.6	82.5	81.4	84.0	78.1	85.5	82.7	84.0	84.1	86.5	81.0	87.5
1.5	2	77.2	81.0	77.2	81.5	75.2	77.0	81.3	84.0	82.8	84.0	79.8	86.5	84.2	85.5	85.3	86.5	82.5	88.5
2.2	3	79.7	81.5	79.7	83.0	77.7	78.5	83.2	85.5	84.3	87.5	81.8	87.5	85.9	86.5	86.7	89.5	84.3	89.5
3	3	81.5	81.5	81.5	81.5	79.7	79.7	84.6	85.5	85.5	83.3	83.3	87.1	87.1	87.7	87.7	85.6	85.6	85.6
3.7	5	84.5	84.5	84.5	84.5	83.5	83.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	87.5	88.5	88.5	89.5	89.5	89.5	89.5
4	4	83.1	83.1	83.1	83.1	81.4	81.4	85.8	85.8	86.6	86.6	84.6	84.6	88.1	88.1	88.6	88.6	86.8	86.8
5.5	7.5	84.7	86.0	84.7	87.0	83.1	85.0	87.0	88.5	87.7	89.5	86.0	89.5	89.2	89.5	89.6	91.7	88.0	91.0
7.5	10	86.0	87.5	86.0	87.5	84.7	86.0	88.1	89.5	88.7	89.5	87.2	89.5	90.1	90.2	90.4	91.7	89.1	91.0
11	15	87.6	87.5	87.6	88.5	86.4	89.0	89.4	90.2	89.8	91.0	88.7	90.2	91.2	91.0	91.4	92.4	90.3	91.7
15	20	88.7	88.5	88.7	89.5	87.7	89.5	90.3	90.2	90.6	91.0	89.7	90.2	91.9	91.0	92.1	93.0	91.2	91.7
18.5	25	89.3	89.5	89.3	90.5	88.6	90.2	90.9	91.0	91.2	92.4	90.4	91.7	92.4	91.7	92.6	93.6	91.7	93.0
22	30	89.9	89.5	89.9	91.0	89.2	91.0	91.3	91.0	91.6	92.4	90.9	91.7	92.7	91.7	93.0	93.6	92.2	93.0
30	40	90.7	90.2	90.7	91.7	90.2	91.7	92.0	91.7	92.3	93.0	91.7	93.0	93.3	92.4	93.6	94.1	92.9	94.1
37	50	91.2	91.5	91.2	92.4	90.8	91.7	92.5	92.4	92.7	93.0	92.2	93.0	93.7	93.0	93.9	94.5	93.3	94.1
45	60	91.7	91.7	91.7	93.0	91.4	91.7	92.9	93.0	93.1	93.6	92.7	93.6	94.0	93.6	94.2	95.0	93.7	94.5
55	75	92.1	92.4	92.1	93.0	91.9	92.1	93.2	93.0	93.5	94.1	93.1	93.6	94.3	93.6	94.6	95.4	94.1	94.5
75	100	92.7	93.0	92.7	93.2	92.6	93.0	93.8	93.6	94.0	94.5	93.7	94.1	94.7	94.1	95.0	95.4	94.6	95.0
90	125	93.0	93.0	93.0	93.2	92.9	93.0	94.1	94.5	94.2	94.5	94.0	94.1	95.0	95.0	95.2	95.4	94.9	95.0
110	150	93.3	93.0	93.3	93.5	93.3	94.1	94.3	94.5	94.5	95.0	94.3	95.0	95.2	95.0	95.4	95.8	95.1	95.8
132	180	93.5	93.5	93.5	93.5	93.5	94.6	94.6	94.7	94.7	94.6	94.6	95.4	95.4	95.6	95.6	95.4	95.4	95.4
150	200	94.1	94.1	94.1	94.5	94.1	94.1	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.0	95.4	95.4	95.8	95.8	95.8	95.8
160	220	93.8	93.8	93.8	93.8	93.8	94.8	94.8	94.9	94.9	94.8	94.8	95.6	95.6	95.8	95.8	95.6	95.6	95.6
185	250	94.1	94.1	94.1	94.5	94.1	94.1	95.4	95.4	95.4	95.4	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.2	95.8	95.8
200	270	94.0	94.0	94.0	94.0	94.0	95.0	95.0	95.1	95.1	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.0	95.8	95.8	95.8
220	300	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
250	350	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
300	400	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
330	450	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8
375	500	94.0	94.1	94.0	94.5	94.0	94.1	95.0	95.4	95.1	95.4	95.0	95.0	95.8	95.8	96.0	96.2	95.8	95.8

- Para el resto de los equipos y en especial unidades de gran potencia controladas por convertidores de potencia, se han consultado sus fichas técnicas para determinar la potencia real consumida en punto de trabajo.
- Se elegirán las potencias y eficiencias normalizadas de motores de 4 polos, trabajando a la frecuencia citada previamente, 50 Hz.
- Para motores con potencia inferior a 20kW, se emplearán motores de eficiencia estándar, y para motores con potencias superiores, se emplearán de alta eficiencia.
  - o P < 20 kW- IE-1 Standard efficiency
  - o P > 20 kW- IE-2 High efficiency
- Para el resto de los equipos y servicios calculados en cuadernos previos, se considerará la potencia calculada con la eficiencia incluida. En los casos en los que sea preciso, se consultarán los catálogos comerciales para obtener la potencia consumida.

Los consumidores se dividen en los siguientes grandes grupos:

1. Sistema de Cámara de máquinas
  - a. Servicio de propulsión
  - b. Sistema de refrigeración
  - c. Sistema de combustible
  - d. Sistema de lubricación
  - e. Sistema de aire de arranque
2. Equipos y servicios
  - a. Sistema de Elevación
  - b. Sistema de lastre
  - c. Sistema CI
  - d. Sistema de fonda y hotel
  - e. Equipos de navegación...
  - f. Sistema de aire AC y ventilación
  - g. Equipos de cubierta
  - h. Servicio de sentinas
3. Sistema de Iluminación
  - a. Definición y características
  - b. Cálculo de alumbrado principal
  - c. Cálculo de alumbrado de emergencia

#### **4.1 Sistema de Cámara de Máquinas**

Como se ha desglosado previamente, en el sistema de cámara de máquinas se incluirá el sistema de propulsión a pesar de que el sistema de propulsión no esté situado en la cámara de máquinas.

A continuación, se muestran los sistemas correspondientes para:

- Servicio de propulsión
  - o Azimutales popa
  - o Bow tunnel thusters
- Sistema de refrigeración
  - o Bombas de accionamiento mecánico LT y HT
  - o Bomba de agua salada
- Sistema de combustible
  - o Bombas de trasiego de combustible
  - o Bombas de alimentación
- Sistema de lubricación
  - o Bomba de cebado de aceite
  - o Separador de aceite
- Sistema de aire de arranque
  - o Compresores de aire

## 4.2 Iluminación

En el sistema de iluminación, se han de diferenciar 3 instalaciones que se deben de tener en el buque:

- Alumbrado Exterior: Es el alumbrado que se dispone en el exterior del buque para permitir el trabajo de la instalación de los aerogeneradores y para alumbrar la cubierta principal,
- Alumbrado General: Es el alumbrado que se dispondrá en la habitación y los diferentes espacios por debajo de la cubierta principal.
- Alumbrado de Emergencia: Es el alumbrado que permite la iluminación en caso de fallo de los generadores principales. Este alumbrado deberá funcionar de forma automática y este alumbrado está normalmente alimentado por baterías para mantener los servicios esenciales del buque.

Para el sistema de iluminación, se emplea la siguiente fórmula:

$$L = E * S * \frac{F_D}{F_U}$$

Donde:

$L =$  flujo luminoso en lúmenes (Lm)

$E =$  Iluminación en luxes

$S =$  Superficie a iluminar

$F_D =$  Factor de suciedad; se toma un valor medio (2)

$F_U = 0,5$ ; Factor de utilización

Las iluminancias se tomarán diferentes en función de los espacios en los que se disponga la iluminación. Las iluminancias se toman según la siguiente tabla:

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
Locales de reunión:	
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 compartimentos < 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

Las superficies para iluminar han sido medidas de la disposición general del cuaderno 7:

Los espacios son los siguientes:

- **Habilitación**
  - 1º Cubierta
    - Pasillo
    - Gambuza -18°C
    - Gambuza Seca
    - Cocina
    - Aseos
    - Local de Ropa
    - Lavandería
    - Local gen. Emergencia
    - Local CO2
    - Sistema CI
    - Aire AC
  
  - 2º Cubierta
    - Gimnasio
    - Comedor Oficiales
    - Comedor Marinería
    - Sala de Reuniones
    - Aseos
    - Sala descanso Oficiales
    - Sala descanso Marinería
  
  - 3º Cubierta
    - Camarotes Tripulantes
    - Pasillo
    - Locales de Limpieza
  
  - 4º Cubierta
    - Camarotes Tripulación
    - Camarotes Oficiales
    - Despachos Camarotes
    - Pasillo
  
  - Puente
    - Puente
    - Aseos
    - Alumbrado Navegación
  
  - Hospital
    - Aseos
    - Consultas
    - Pasillo
    - Hospital
  
- **Sala de Máquinas**
  - Cámara de máquinas
  - Cámara de Bomba

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

A continuación, se muestra la potencia de iluminación de las cubiertas:

ZONA	CANTIDAD	ILUMINANCIA(lx)	SUPERFICIE	Factor Suciedad	Factor Utilización	FLUJO LUMINOSO(lm)	LÁMPARA	RENDIMIENTO LUMINOSO (lm/W)	POTENCIA (kW)
<b>1º CUBIERTA</b>									
PASILLO	1	150	124	2	0,5	74400	LED	150	496
GAMBUZA -18	1	100	15,3	2	0,5	6120	LED	150	40,8
GAMBUZA SECA	1	100	18,4	2	0,5	7360	LED	150	49,0666667
COCINA	1	250	54,6	2	0,5	54600	LED	150	364
ASEOS	1	250	21	2	0,5	21000	LED	150	140
LOCAL DE ROPA	1	250	31,1	2	0,5	31100	LED	150	207,3333333
LAVANDERÍA	1	250	36,2	2	0,5	36200	LED	150	241,3333333
LOCAL GEN. EMERGENCIA	1	300	42	2	0,5	50400	LED	150	336
LOCAL CO2	1	300	16,56	2	0,5	19872	LED	150	132,48
SISTEMA CI	1	300	12,56	2	0,5	15072	LED	150	100,48
LOCAL	1	250	12,56	2	0,5	12560	LED	150	83,73333333
LOCAL AIRE AC	1	250	12,56	2	0,5	12560	LED	150	83,73333333
<b>TOTAL</b>									2,27496
<b>2º CUBIERTA</b>									
GIMNASIO	1	300	72,3	2	0,5	86760	LED	150	578,4
COMEDOR OFICIALES	1	300	33,6	2	0,5	40320	LED	150	268,8
COMEDOR MARINERÍA	1	300	37,8	2	0,5	45360	LED	150	302,4
SALA DE REUNIONES	1	300	16,8	2	0,5	20160	LED	150	134,4
ASEOS	1	250	21	2	0,5	21000	LED	150	140
SALA DESCANSO OF.	1	300	42	2	0,5	50400	LED	150	336
SALA DESCANSO MAR.	1	300	67,2	2	0,5	80640	LED	150	537,6
<b>TOTAL</b>									2,2976
<b>3º CUBIERTA</b>									
CAMAROTES LARGOS	22	200	10,62	2	0,5	186912	LED	150	1246,08
CAMAROTES CORTOS	21	200	7,97	2	0,5	133896	LED	150	892,64
CAMAROTES 2TRIP.	2	200	27,34	2	0,5	43744	LED	150	291,6266667
PASILLO	1	150	204	2	0,5	122400	LED	150	816
CUARTOS LIMPIEZA	2	150	10,6	2	0,5	12720	LED	150	84,8
<b>TOTAL</b>									3,331146667
<b>4º CUBIERTA</b>									
CAMAROTES LARGOS	20	200	10,62	2	0,5	169920	LED	150	1132,8
CAMAROTES CORTOS	15	200	7,97	2	0,5	95640	LED	150	637,6
CAMAROTES OFICIALES	4	200	9,92	2	0,5	31744	LED	150	211,6266667
DESPACHOS	4	300	16,3	2	0,5	78240	LED	150	521,6
CAMAROTES 2 TRIP.	2	200	27,34	2	0,5	43744	LED	150	291,6266667
PASILLO	1	150	193	2	0,5	115800	LED	150	772
<b>TOTAL</b>									3,567253333
<b>PUENTE</b>									
ASEOS	1	250	12,52	2	0,5	12520	LED	150	83,46666667
PUENTE	1	700	460	2	0,5	1288000	LED	150	8586,666667
<b>TOTAL</b>									8,670133333
<b>HOSPITAL</b>									
BAÑOS	2	250	4,51	2	0,5	9020	LED	150	60,13333333
CONSULTA	1	750	36,3	2	0,5	108900	LED	150	726
PASILLO	1	150	76,3	2	0,5	45780	LED	150	305,2
HOSPITAL	1	1000	53	2	0,5	212000	LED	150	1413,333333
<b>TOTAL</b>									2,504666667
<b>TOTAL</b>									22,646



Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

ZONA INFERIOR CUB. PRINCIPAL									
CM PROA	1	350	501,3	2	0,5	701820	LED	150	4,6788
PISO SUP CM PROA	1	350	365,7	2	0,5	511980	LED	150	3,4132
CM POPA	1	350	501,3	2	0,5	701820	LED	150	4,6788
PISO SUP CM POPA	1	350	365,7	2	0,5	511980	LED	150	3,4132
CÁMARA DE BOMBAS	1	350	177,9	2	0,5	249060	LED	150	1,6604
PISO SUP C. BOMBAS	1	350	106,74	2	0,5	149436	LED	150	0,99624
CÁMARA AZIMUTALES	1	350	342,4	2	0,5	479360	LED	150	3,195733333
TOTAL									22,037

EXTERIOR									
CUBIERTA	1	1000	3800	2	0,5	15200000	LED	150	101,3333333
OPERACIÓN	5					15000	LED	150	0,75
TOTAL									102,084

La potencia de las luces de navegación tiene el siguiente valor:

LUZ	COLOR	ÁNGULO	MILLAS	POTENCIA (Kw)
DE TOPE	BLANCA	225	6	13
COSTADO BABOR	ROJA	112,5	3	4,6
COSTADO ESTRIBOR	VERDE	112,5	3	2,9
DE ALCANCE	BLANCA	135	3	2,8
DE TODO HORIZONTE	BLANCA	360	3	4,8
TOTAL				28,1

A continuación, se muestra la tabla de resumen de potencias de luces calculadas:

TOTAL	
1º CUBIERTA	2,27
2º CUBIERTA	2,30
3º CUBIERTA	3,33
4º CUBIERTA	3,57
PUENTE	8,67
HOSPITAL	2,50
ZONA DEBAJO C.PRAL.	22,04
EXTERIOR	102,08
NAVEGACIÓN	28,10
<b>TOTAL (KW)</b>	<b>146,77</b>

Como se ha visto en las tablas, las bombillas escogidas para la iluminación son de tipo LED, puesto que son las más eficientes ya que la energía empleada es transformada en luz en lugar de en calor.

## 5 BALANCE ELÉCTRICO

El balance eléctrico es un estudio de las necesidades energéticas del buque en las distintas condiciones de carga eléctrica. Es un cálculo más probabilista que determinista, es una estimación del consumo de cada receptor en las diversas situaciones de operación del buque.

Las condiciones de consumo de carga eléctrica se estiman para las siguientes condiciones de trabajo estimadas.

Las condiciones de trabajo del buque estimadas son:

- Puerto Amarrando

Se estudiará la condición del buque de atraque, estimando un tiempo de 4 horas para dicha maniobra.

- Puerto Cargando

Se estudiará la condición del buque en la que estará utilizando las grúas para la carga de los aerogeneradores. El tiempo de carga ha sido explicada en cuadernos previos.

- Navegación

Se estudiará la condición de navegación a máxima velocidad. La velocidad a alcanzar es la definida en la RPA, y es de 12 kn.

- Elevación

Se estudiará la condición en la cual el buque realiza la operación de descenso de las patas para la posterior elevación del buque. En esta condición, opera la posición dinámica del buque y el grupo hidráulico dispuesto para la elevación del buque. Los tiempos para este proceso, están calculados en cuadernos previos.

- Montaje- Instalación

Esta condición es la posterior a la elevación. En este proceso, los consumidores más significativos, serán las grúas dispuestas para la elevación y montaje de los aerogeneradores.

- Carga en alta mar

Para la condición de carga en alta mar, se toman los mismos valores que para el montaje, puesto que se utilizarán los mismos recursos para cargar como para el montaje de los aerogeneradores, pero el tiempo de operación, será ligeramente menor, puesto que solo se requerirá el tiempo necesario para la estiba de los pesos.

- Emergencia

Para esta condición, se estudiarán los consumidores que deben funcionar en condición de emergencia, esta condición viene dada en el SOLAS PARTE D, REGLA 43, y se detallará más adelante.

## 5.1 Factores de Utilización y Potencias

Para el balance será necesario tener en cuenta la potencia absorbida de cada consumidor. La potencia absorbida, se obtiene de la siguiente manera:

$$P_{abs} = \frac{P_{\acute{u}til}}{\eta}$$

Donde:

- $P_{\acute{u}til}$  es la potencia que suministra el consumidor. Será la potencia normalizada.
- $\eta$  es el rendimiento de cada consumidor.

La potencia total para los grupos de consumidores se calculará de la siguiente manera:

$$P_{TOTAL} = P_{abs} * N^{\circ}_{equipos}$$

La estimación de la potencia consumida por cada equipo o conjunto de equipos vendrá dada por la siguiente expresión:

$$P_{necesaria} = K_u * P_{TOTAL}$$

Donde:

- $K_u$  es el coeficiente o factor de utilización

Los coeficientes se calculan de la siguiente manera:

$$K_u = K_n * K_{sr}$$

Donde:

- $K_n$  es el factor de simultaneidad en marcha.

$$K_n = \frac{N^{\circ}_{aparatos.servicio}}{N^{\circ}_{aparatos.instalados}}$$

- $K_{sr}$  es el coeficiente de régimen y servicio.

$$K_{sr} = K_s * K_r$$

- $K_s$  es el coeficiente de servicio, depende del funcionamiento de los aparatos.

$$K_s = \frac{N^{\circ}_{horas.servicio}}{24}$$

- $K_r$  es el coeficiente de régimen, depende del régimen al que trabaja cada máquina.

$$K_r = \frac{\text{Potencia absorbida por el motor en servicio}}{\text{Potencia absorbida en régimen nominal}}$$

$$K_r = \frac{P_{abs}}{P_{\acute{u}til}} * \eta_{el\acute{e}ctrico}$$

El coeficiente de régimen y servicio  $K_{sr} = 1$  cuando el aparato o grupos de aparatos funcionan de manera continua a pleno régimen.

El coeficiente de régimen y servicio  $K_{sr} < 1$  cuando los aparatos funcionen de manera discontinua o intermitente durante un servicio.

La determinación de los factores de simultaneidad y servicio es función de:

- La funcionalidad del servicio, estimada por el diseñador
- La operatividad del buque
- Las costumbres de uso de la tripulación...

Por lo general se reserva un margen a fin de poder hacer frente al exceso de potencia requerida.

La determinación del factor de servicio y régimen en muchas ocasiones no es posible realizarla de manera matemática debido al desconocimiento exacto de sus variables, y el constructor se inspirará en su experiencia y otros diseños.

En este caso, se utilizará el cálculo matemático, utilizando la formulación indicada. Las horas de trabajo de cada equipo se establecen de manera aproximada según los tiempos de operación estimados de cada condición de trabajo. En ciertos casos de operación (como es el caso de la elevación), se tomará el coeficiente de régimen y servicio 1 a pesar de que el aparato o grupo de aparatos no estén en funcionamiento las 24 horas, pero para ese servicio, es necesario calcular el pico de potencia, y esos equipos para dicho servicio, se considerará que trabajan de manera continua a pleno régimen mientras dure el servicio en cuestión.

A continuación, se muestran las diferentes condiciones de trabajo con sus correspondientes coeficientes:

## **5.2 Puerto Amarrando**

En la condición de trabajo de puerto amarrando, se estima que el buque entra a puerto funcionando los propulsores para el desplazamiento del buque y los servicios de alumbrado y servicios de navegación para la entrada del buque a puerto.

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## **5.3 Puerto Cargando**

En la condición del buque cargando en puerto, el buque está conectado a puerto, y se utilizarán los servicios de habilitación, las grúas para la carga de los aerogeneradores, la ventilación de cámara de máquinas...

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## **5.4 Navegación**

En la condición de navegación se utiliza la propulsión de popa a la velocidad máxima establecida en la RPA (12kn), los sistemas de navegación, comunicaciones y electrónico, la iluminación, y los servicios auxiliares de las cámaras de máquinas...

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## **5.5 Elevación**

En el sistema de elevación se utiliza la propulsión de popa y proa en la condición de posicionamiento dinámica a la vez que el buque procede a la bajada de las patas, una vez que las patas penetran en el fondo, el buque comienza a elevarse. El sistema de elevación utiliza un grupo hidráulico para el movimiento de las patas y en consecuencia el casco. A esto hay que añadirle los consumidores como son la iluminación, los sistemas auxiliares, los consumidores de habilitación...

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## 5.6 Montaje- Instalación

Para esta condición de trabajo, se tendrán los consumidores de la habilitación, los del puente como pueden ser los de la comunicación, el alumbrado del buque, y los sistemas auxiliares de la cámara de máquinas. A estos consumidores hay que añadir las grúas, ya que son las responsables del movimiento e instalación de los aerogeneradores.

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## 5.7 Carga en Alta mar

Para la carga en alta mar, se suponen los mismos consumidores que los establecidos en los consumidores de montaje- instalación, puesto que el buque estará elevado y operará con las grúas para la carga de más aerogeneradores en alta mar.

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## 5.8 Emergencia

Para el sistema de emergencia se calculan los consumidores para una condición de emergencia supuesta.

La condición de emergencia se dimensiona en base a los requerido en el SOLAS, PARTE D, Regla 43.

Los servicios que se tienen que alimentar en caso de emergencia, por ser un buque de carga, son los siguientes:

- Durante un periodo de 18h:
  - Alumbrado de Emergencia
  - Instalación Radioeléctrica
  - Aparatos náuticos de a bordo
  - Luces de navegación
  - Bombas CI
- Durante un periodo de 30min:
  - Toda puerta estanca
  - Dispositivos de emergencia que impulsan los ascensores hasta la cubierta

En el Anexo, se calcula la condición de trabajo propuesta, con su respectivo cálculo de coeficientes.

## 5.9 Resumen Resultados

A continuación, se muestran las potencias de cada condición.

Todas las potencias que se muestran en la tabla, están en kW:

SERVICIO	PUERTO AMARRANDO	PUERTO CARGANDO	NAVEGACIÓN	ELEVACIÓN	MONTAJE- INSTALACIÓN	CARGA EN ALTA MAR
SERVICIO DE PROPULSIÓN	1010,83	0,00	8200,00	11805,00	0,00	0,00
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	13,34	0,00	80,03	180,06	80,03	80,03
SERVICIO DE LUBRICACIÓN	4,63	0,00	27,75	32,44	27,75	27,75
SERVICIO DE COMBUSTIBLE	0,37	0,00	4,71	4,94	2,20	2,20
SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE	0,00	0,00	15,00	15,00	0,00	0,00
SERVICIO DE SENTINAS	3,26	0,00	19,59	78,35	19,59	19,59
SERVICIO DE AGUA DE LASTRE	0,00	0,00	13,64	0,00	0,00	0,00
GRÚAS	0,00	4750,00	0,00	0,00	4750,00	4750,00
EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	0,00	9,33	9,33	0,00	2,33	2,33
ILUMINACIÓN	174,12	44,68	174,12	174,87	174,87	174,87
EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA	16,00	5,00	16,00	16,00	16,00	16,00
SERVICIO DE AGUA SANITARIA	78,16	96,00	78,16	78,16	78,16	78,16
SERVICIO CONTRAINCENDIOS	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SISTEMA DE ELEVACIÓN	0,00	0,00	0,00	3260,00	0,00	0,00
SERVICIO DE VENTILACIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y AIRE AC	146,67	146,67	90,42	371,67	146,67	146,67
EQUIPOS DE CUBIERTA	40,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL	49,26	76,69	141,80	24,76	68,66	68,66
TOTAL	1537,00	5129,00	8871,00	16042,00	5367,00	5367,00
TOTAL CON MARGEN (20%)	1844,40	6154,80	10645,20	19250,40	6440,40	6440,40

Se ha decidido incluir un margen de un 20% como sobredimensión, en el que se incluyen consumidores que no han sido considerados en el balance, rendimientos eléctricos, posibles pérdidas de los aparatos eléctricos ocasionados por el tiempo, y con este margen también, se tienen en cuenta posibles modificaciones de algunos consumidores por otros más modernos con el paso del tiempo, de manera que los nuevos consumidores serán más sofisticados y puede que consuman más potencia que los que se han supuesto en este balance.

En cuadernos previos, donde se calculan las capacidades de los tanques, se han utilizado las potencias sobredimensionadas que se indican en la tabla.

## 6 PLANTA GENERADORA

Con los datos de potencia obtenidos previamente de cada condición de carga, se pueden dimensionar los motores generadores. En este caso, al tratarse de un buque de propulsión eléctrica, los generadores serán capaces de alimentar a todos los consumidores del buque aparte de alimentar a la propulsión. Los motores generadores se dimensionarán para la situación más desfavorable, que, según las situaciones estudiadas, será el buque en condición de elevación.

Según lo establecido en la RPA, los motores generadores, deberán funcionar al 85% MCR, por tanto, los motores generadores, tendrán que poder proporcionar la potencia obtenida previamente al 85% de su carga.

Los generadores al no trabajar al 100%, se consigue alargar su vida útil.

En este apartado se hará una selección de los motores generadores más adecuados para la potencia que se ha calculado previamente.

### 6.1 Generadores Principales

Como se ha establecido en cuadernos previos, se dispondrá de dos cámaras de máquinas separadas, con el mismo número de generadores cada uno. Los generadores se pondrán en funcionamiento dependiendo de las necesidades según las diferentes condiciones de trabajo establecidas previamente. Los motores generadores se irán alternando en funcionamiento para que vayan funcionando todos durante la navegación.

En cada cámara de máquinas se dispondrá de 3 motores generadores.

La condición más desfavorable en cuanto a consumo es la denominada como elevación, teniendo la siguiente potencia demandada:

$$P_{elevación} = 19250 \text{ kW}$$

La potencia que se tiene en cuenta para la elevación es la potencia de elevación con la sobredimensión mencionada previamente del 20%.

Esta potencia la tendrán que poder proporcionar los motores generadores en una condición de 85% MCR, condición establecida en la RPA. En caso de que uno de los motores generadores quede inutilizado, se podría seguir funcionando a pesar de que no cumplan con el 85% MCR.

Antes de hacer la selección de los motores generadores, es necesario definir los espacios en los que se dispondrán, puesto que será necesario conocer el espacio disponible para la puesta de los motores.

El dimensionamiento de las cámaras de máquinas se calculó de manera aproximada mediante formulación en cuadernos previos. En el Cuaderno 10, se comprobó que el espacio de cada cámara de máquinas fuera el suficiente para poder albergar los motores generadores y todos los equipos auxiliares para los generadores.

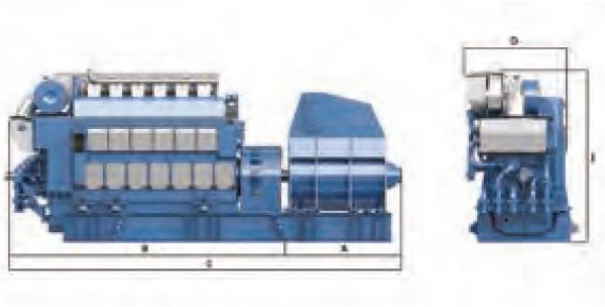
La disposición de los motores generadores se hará en paralelo y quedarán dispuestos de la siguiente manera:

Para tener dos cámaras de máquinas simétricas, se tendrán que disponer el mismo número de motores generadores en cada cámara de máquinas. Se ha optado por disponer de 3 generadores en cada cámara de máquinas, como se ha mencionado previamente.

A continuación, se muestran los motores generadores tenidos en cuenta para la elección del adecuado. Los motores generadores son de ROLLS-ROYCE Bergen B33:45L:



## Bergen B33:45L



## Principal dimensions

Cylinder diameter 330mm. Piston stroke 450mm.

Engine type	A	B	C	D	E	Weights dry		
						Engine**	Alternator	Total
B33:45L6A	3410	5870	9280	2431	4100	46000 kg	18200 kg	64200 kg
B33:45L7A	3410	6405	9815	2431	4100	53100 kg	19600 kg	72700 kg
B33:45L8A	3505	6940	10445	2488	4250	60100 kg	21000 kg	81100 kg
B33:45L9A	3505	7475	10980	2488	4250	67100 kg	22300 kg	89400 kg
B33:45V12A*	4033	6870	10900	3140	4800	85000 kg	25000 kg	110000 kg

## Technical data

Engine type		B33:45L6A	B33:45L7A	B33:45L8A	B33:45L9A	B33:45V12A*
Number of cylinders		6	7	8	9	12
Engine speed	r/min	720/750	720/750	720/750	720/750	720/750
Mean piston speed	m/s	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2	10.8/11.2
Max. cont. rating (MCR)	kW	3600	4200	4800	5400	7200
Max. cont. rating altern, ( $\eta=0.97$ )	kW	3492	4074	4656	5238	6950
Max. cont. rating altern, ( $\text{Cos}\phi=0.8$ )	kVA	4365	5093	5820	6548	8690
Max. cont. rating altern, ( $\text{Cos}\phi=0.9$ )	kVA	3880	4526	5173	5820	7722
Mean effective pressure (BMEP)	bar	26/25	26/25	26/25	26/25	26/25
Specific fuel consumption	g/kWh	177	177	177	177	176
Specific lub. oil consumption	g/kWh	0.5	0.5	0.5	0.5	0.8
Cooling water temp. engine outlet	°C	90	90	90	90	90

Para la elección de los motores generadores, se tendrá en cuenta la normativa SOLAS, que dice lo siguiente: “la capacidad de los grupos electrógenos debe ser tal que, aunque en caso de fallo de uno cualquiera de ellos se pare sea posible alimentar los servicios necesarios para lograr las condiciones operacionales normales de propulsión y seguridad”. Esto quiere decir que se tendrá que poder operar en caso de fallo de uno de los motores generadores, aunque no tendrá que cumplir con el MCR, y podrán trabajar a más del 85% de su capacidad.

A continuación, se muestran las potencias de las diferentes opciones tenidas en cuenta para la disposición de la cámara de máquinas. La potencia para la condición más desfavorable es la condición de elevación, y es de:

$$P_{\text{elevación}} = 19250 \text{ kW}$$

GENERADORES	Nº GENERADORES	POTENCIA CADA UNO	%MCR	POTENCIA AL MCR	POTENCIA CON n-1
B33:45L6A	6	3600	0,85	18360	18000
B33:45L7A	6	4200	0,85	21420	21000
B33:45L8A	6	4800	0,85	24480	24000
B33:45L9A	6	5400	0,85	27540	27000

La elección de motor generador es la de: B33:45L7A.

Con este generador, se tiene una potencia al 85% de MCR que cumple con la condición de trabajo que más demanda requiere y, además, cumple con la condición de poder operar con 5 de los 6 generadores en caso de fallo de uno de ellos.

Se han seleccionado en todos los casos 6 generadores puesto que, al disponer 2 cámaras de máquinas separadas, tendrán que situarse el mismo número de generadores en cada una de ellas, por tanto, si se quieren disponer menos generadores, se tendrían que disponer 2 por cámara de máquinas, y para poder cumplir con la potencia de la situación más desfavorable, la potencia de cada motor generador será muy superior a la que se tiene con 3 motores generadores.

A continuación, se muestran las diferentes condiciones de funcionamiento de los generadores dependiendo de las diferentes condiciones de carga estudiadas previamente:

GENERADORES	POTENCIA INSTALADA	%MCR	POTENCIA AL 85%MCR (kW)	POTENCIA CONDICIÓN (kW)	Nº GEN	%CARGA
PUERTO AMARRANDO	25200	0,85	21420	1844,40	1	44
PUERTO CARGANDO	25200	0,85	21420	6154,80	2	74
NAVEGACIÓN	25200	0,85	21420	10645,20	3	85
ELEVACIÓN	25200	0,85	21420	19250,40	6	77
MONTAJE- INSTALACIÓN	25200	0,85	21420	6440,40	2	77
CARGA EN ALTA MAR	25200	0,85	21420	6440,40	2	77

Con esta selección de motor generador, para las diferentes condiciones con la sobredimensión, se cumple que los motores son capaces de suministrar la potencia sin ningún problema. Una de las razones por las que se ha seleccionado este motor generador es porque para la condición de navegación (10645'20kW) los motores generadores están trabajando al 85% de su potencia (3 generadores), de manera que se cumple con el MCR del 85% establecido en la RPA.

Otra razón por la que se ha seleccionado este motor generador es debido a que la reserva de cada motor generador en la condición de elevación es de un 23% cuando trabajan los 6 a la vez, y trabajando 5, sería capaz de suministrar la potencia necesaria, pero al 92%, de manera que se decide tener algo de margen en la reserva de potencia de los generadores para esta condición, puesto que un fallo en la condición de elevación podría ocasionar graves daños.

## 6.2 Generador de Emergencia

En caso de emergencia se ha estimado una potencia de 357,3 kW para poder suministrar la suficiente energía como se establece en el SOLAS para alimentar a los receptores indispensables en condición de emergencia. Estos consumidores se han reflejado en el apartado de las diferentes condiciones de carga del buque.

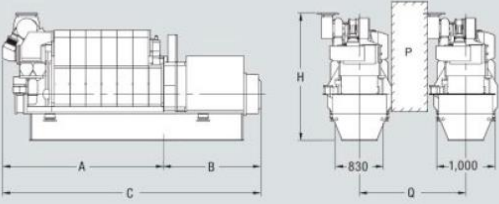
Por lo general, los generadores de emergencia se colocan lo más elevados posibles para protegerlos, así, de una posible inundación. El generador de emergencia se ha de situar en un espacio por encima de la cubierta principal, como no es posible que esté cerca del guardacalor, se dispondrá en la zona de habilitación, en la cubierta más baja.

Estos generadores de emergencia deberán ser independiente al resto de los servicios.

El arranque de estos generadores se debe realizar por aire o baterías. Para el arranque por aire se colocarán 3 botellas y para el arranque por baterías, una sola batería.

El tiempo de alimentación a los servicios establecidos como de emergencia, están dispuestos previamente en la definición de la condición de emergencia del buque.

Para el generador de emergencia se ha decidido montar un MAN L16/24 que tiene el siguiente rango de potencias:



Speed (r/min)	1,200		1,000	
Frequency (Hz)	60		50	
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	760	722
9L16/24	990	940	855	812

Entrando en la tabla, se escoge en primer lugar el generador para 50Hz, y escogemos un generador que tenga una potencia superior a la potencia demandada por los consumidores en la condición de emergencia:

$$P_{emergencia} = 357,3 \text{ kW}$$

A esta potencia de emergencia se le añade un 10% de margen, siendo:

$$P_{emergencia} = 393 \text{ kW}$$

El generador escogido:

$$P_{genemergencia} = 430 \text{ kW}$$

$$\%Carga = 91,4\%$$

Quedando así un 8'6% de carga disponible.

A continuación, se muestran los consumidores supuestos para emergencia:

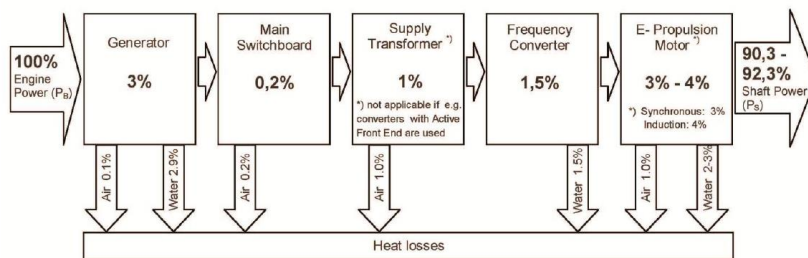
SERVICIO	EMERGENCIA (kW)
SERVICIO DE PROPULSIÓN	0
SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	0
SERVICIO DE LUBRICACIÓN	0
SERVICIO DE COMBUSTIBLE	0
SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE	0
SERVICIO DE SENTINAS	0
SERVICIO DE AGUA DE LASTRE	130,9
GRÚAS	0
EQUIPOS DE MANTENIMIENTO	0
ILUMINACIÓN	17,5
EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA	16
SERVICIO DE AGUA SANITARIA	0
SERVICIO CONTRAINCENDIOS	167,9
SISTEMA DE ELEVACIÓN	0
SERVICIO DE VENTILACIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y AIRE AC	0
EQUIPOS DE CUBIERTA	0
EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL	25
TOTAL	357,3
TOTAL CON MARGEN (10%)	393

### 6.3 Reserva de Energía y Pick Up

La principal función del sistema de gestión de energía es la de iniciar y detener los generadores de acuerdo con la carga de red y capacidad de los alternadores.

En caso de que la potencia disponible por generador disminuya hasta un límite, el propio sistema será capaz de poner en marcha otro generador. Este arranque según la normativa está previsto para un máximo de 15 segundos con la sincronización y los grupos de carga.

Una planta diésel eléctrica cuenta con las siguientes pérdidas:



La potencia que ofrece el alternador tras las pérdidas será la siguiente:

$$P_{\text{generador}} = P * 0,913 = 4200 * 0,913 = 3834,6 \text{ kW}$$

Se tiene que tener en cuenta, que la condición más desfavorable como se ha explicado previamente será la condición de elevación del buque, lo que quiere decir, que, durante otras situaciones, el buque tendrá la mayor parte de los motores en STAND-BY y tendrá mucha reserva de potencia.

- % de carga a los que se somete cada generador según la condición de trabajo del buque:

	CONSUMO	%CARGA					
		GENERADOR 1	GENERADOR 2	GENERADOR 3	GENERADOR 4	GENERADOR 5	GENERADOR 6
PUERTO AMARRANDO	1844,4	49	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY
PUERTO CARGANDO	6154,8	81	STAND-BY	STAND-BY	81	STAND-BY	STAND-BY
NAVEGACIÓN	10645,2	93	93	STAND-BY	93	STAND-BY	STAND-BY
ELEVACIÓN	19250,4	84	84	84	84	84	84
MONTAJE- INSTALACIÓN	6440,4	84	STAND-BY	STAND-BY	84	STAND-BY	STAND-BY
CARGA EN ALTA MAR	6440,4	84	STAND-BY	STAND-BY	84	STAND-BY	STAND-BY

Como se puede comprobar, para la condición de navegación, no se cumple con la condición de la RPA del 85% de MCR como se explicó previamente (apartado 6.1). En este caso no se cumple debido a que el generador no proporciona la potencia que se indica en el catálogo, puesto que hay una serie de pérdidas. Para el cálculo de la potencia de todas las condiciones se ha supuesto un 20% de margen, y estas pérdidas irían incluidas en ese

apartado, de manera que la carga de los generadores para las condiciones de trabajo calculadas, se ajustarán más a la carga que se calculó en el apartado 6.1

- % de reserva de potencia de cada generador y % de reserva de potencia total de todos los generadores. Se indica también la reserva total en kW de todos los generadores.

	CONSUMO	PICK-UP DISPONIBLE						RESERVA	
		GENERADOR 1	GENERADOR 2	GENERADOR 3	GENERADOR 4	GENERADOR 5	GENERADOR 6	RESERVA %	POTENCIA kW
PUERTO AMARRANDO	1844,4	51	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	STAND-BY	51	2235,024
PUERTO CARGANDO	6154,8	19	STAND-BY	STAND-BY	19	STAND-BY	STAND-BY	38	1665,312
NAVEGACIÓN	10645,2	7	7	STAND-BY	7	STAND-BY	STAND-BY	21	920,304
ELEVACIÓN	19250,4	16	16	16	16	16	16	96	4207,104
MONTAJE- INSTALACIÓN	6440,4	16	STAND-BY	STAND-BY	16	STAND-BY	STAND-BY	32	1402,368
CARGA EN ALTA MAR	6440,4	16	STAND-BY	STAND-BY	16	STAND-BY	STAND-BY	32	1402,368

- % de reserva de potencia de los generadores que están en la condición de STAND-BY, y la potencia de reserva en kW de los mismos.

	CONSUMO	PICK-UP DISPONIBLE						RESERVA	
		GENERADOR 1	GENERADOR 2	GENERADOR 3	GENERADOR 4	GENERADOR 5	GENERADOR 6	RESERVA %	POTENCIA kW
PUERTO AMARRANDO	1844,4	0	100	100	100	100	100	500	2191,2
PUERTO CARGANDO	6154,8	0	100	100	0	100	100	400	17529,6
NAVEGACIÓN	10645,2	0	0	100	0	100	100	300	13147,2
ELEVACIÓN	19250,4	0	0	0	0	0	0	0	0
MONTAJE- INSTALACIÓN	6440,4	0	100	100	0	100	100	400	17529,6
CARGA EN ALTA MAR	6440,4	0	100	100	0	100	100	400	17529,6

- % de reserva de potencia total (PICK-UP+STAND-BY) y se muestra la potencia en kW de reserva.

CONDICIÓN	% RESERVA	RESERVA (kW)
PUERTO AMARRANDO	551	24147,02
PUERTO CARGANDO	438	19194,91
NAVEGACIÓN	321	14067,50
ELEVACIÓN	96	4207,10
MONTAJE- INSTALACIÓN	432	18931,97
CARGA EN ALTA MAR	432	18931,97

Como se puede comprobar, la situación de carga que se ha considerado como la de mayor demanda, es la de elevación, que tendría una reserva de potencia relativamente baja en comparación con otras condiciones de operación. Para el resto de las condiciones de

operación del buque, se tiene mucha reserva de potencia ya que el buque no estaría operando en las condiciones de mayor demanda.

La potencia de reserva de cada situación será suficiente como para afrontar una demanda de potencia mayor a la estimada en cada una de ellas.

Estas reservas de potencia son las calculadas con el rendimiento del generador supuesto del 0'913 indicado al principio de este apartado, de manera que la reserva de potencia será un poco mayor puesto que ese rendimiento de alguna manera ya se ha tenido en consideración cuando se sobredimensionaron las potencias de cada condición, de manera que la reserva para cada condición será algo superior a la que se ha calculado.

## 7 SISTEMA DE CABLEADO

En este apartado se realizará el cálculo del sistema de cableado que se instalará en el buque.

Los cables que se instalarán tendrán las siguientes características:

- CONDUCTOR
  - Cobre recocido de clase 2 IEC 60228
  
- AISLAMIENTO
  - Polietileno Reticulado libre de halógenos (HF XLPE) IEC 60092-351
  
- RECUBRIMIENTO INTERNO
  - Poliolefina termoplástica, libre de halógenos
  
- CUBIERTA EXTERIOR
  - Poliolefina termoplástica, libre de halógenos (SHF1) IEC 60092-359

El XLPE es polietileno reticulado, y presenta una reducida deformación frente al aumento de temperaturas, permitiendo hasta aproximadamente 90°C y su aislamiento podrá soportar 10°C más. Este tipo de cables, tienen propiedades mecánicas y eléctricas óptimas y permiten espesores menores que los del etileno reticulado.

Si estos cables van situados a locales húmedos o están a la intemperie, deberán tener una cubierta impermeable o estanca.

### 7.1 Tipología y Dimensionado de Cables

Se recuerda la tensión del cuadro principal con su poder de corte correspondiente indicado en “3.1 Frecuencia y Tensión”:

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

$$Voltaje_{Cuadro.prat} = 6600V$$

$$Capacidad\ de\ corte = 30\ kA$$



Para conocer la sección de los cables, es necesario conocer la intensidad que demanda cada consumidor. Para el cálculo de las intensidades, se utiliza la siguiente tabla:

Máquina	Corriente [kA]	Leyenda
Alternador	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{instal})$	$P_r$ : Potencia [kW] $U_r$ : Voltaje [V] $\cos \varphi$ : Factor de Potencia de la instalación (= 0.9)
Transformador	$S_r / (\sqrt{3} * U_r)$	$S_r$ : Potencia Aparente[kVA] $U_r$ : Voltaje [V]
Motor controlador por Variador de Potencia	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Convertidor} * \eta_{Motor} * \eta_{Convertidor})$	$P_r$ : Potencia [kW] $U_r$ : Voltaje [V] $\cos \varphi$ : Factor de potencia del Convertidor (típico= 0.95) $\eta_{Motor}$ : típico= 0.96 $\eta_{Convertidor}$ : típico = 0.97
Motor (Arranque: Directo, YΔ, Arrancador suave)	$P_r / (\sqrt{3} * U_r * \cos \varphi_{Motor} * \eta_{Motor})$	$P_r$ : Potencia[kW] $U_r$ : Voltaje [V] $\cos \varphi$ : Factor de potencia del Motor (típico= 0.85...0.90) $\eta_{Motor}$ : típico = 0.96

Se utilizará la siguiente fórmula:

$$I_{abs} = \frac{P_{abs}}{\text{raiz}(3) * U * \cos(\varphi)}$$

Se utilizará un coseno de phi normalizado de 0,9.

La intensidad obtenida con esta fórmula será la intensidad absorbida por cada consumidor.

A continuación, se muestran las secciones normalizadas para intensidades absorbidas, según la siguiente tabla:

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

- Se utilizarán cables con un núcleo de 3 cables.
- No se utilizarán secciones superiores a 120 mm<sup>2</sup>
- En casos en los que sea necesaria una sección mayor a la indicada, se dispondrán varios cables de no más de dicha sección que sean capaces de soportar entre todos la intensidad absorbida total de dicho consumidor.

A continuación, se muestran los cálculos:

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

SERVICIO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CABLES								
	Nº INTALADO	P. Ca.	P_UNITARIA			P_total	TENSIÓN	F.D.P	CORRIENTE (A)	CURRENT RATING (3-4 CORE)	CORRIENTE/CURRENT RATING	SECCIÓN (mm²)	Nº CABLES	NOMENCLATURA	
			ÚTIL	η	P_abs	N*P_abs									
<b>SERVICIO DE PROPULSIÓN</b>															
AZIMUTALES DE POPA	4	-	-	-	2050	8200	6600	0,9	797,0155231	237	3,362934697	120	4	4/3x120	
BOW TUNNEL THRUSTERS	3	-	-	-	1475	4425	6600	0,9	430,0967914	169	2,544951429	70	3	3/3x120	
<b>SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>															
BOMBA DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO L.T	6	-	-	-	-	-	690	0,9							
BOMBA DE ACCIONAMIENTO MECÁNICO H.T	6	-	-	-	-	-	690	0,9							
BOMBA DE AGUA SALADA	6	-	29,5	0,983	30,0101729	180,0610376	690	0,9	167,4046515	89	1,88095114	25	2	2/3x25	
<b>SERVICIO DE LUBRICACIÓN</b>															
BOMBA DE CEBADO DE ACEITE	6	-	1,35	0,96	1,40625	8,4375	690	0,9	7,844433005	13	0,603417923	1	1	1/3x16	
SEPARADOR DE ACEITE	2	-	12	1	12	24	690	0,9	22,31305388	13	1,71638876	1	2	2/3x1	
<b>SERVICIO DE COMBUSTIBLE</b>															
BOMBA DE TRASIEGO DE COMBUSTIBLE	6	-	2,4	0,85	2,82352941	16,94117647	690	0,9	15,75039098	13	1,211568537	1	2	2/3x1	
BOMBA DE ALIMENTACIÓN	6	-	0,7	0,85	0,82352941	4,941176471	690	0,9	4,593864034	13	0,353374156	1	1	1/3x1	
<b>SERVICIO DE AIRE DE ARRANQUE</b>															
COMPRESOR DE AIRE	2	-	45	1	45	90	690	0,9	83,67395206	89	0,940156765	25	1	1/3x6	
<b>SERVICIO DE SENTINAS</b>															
BOMBA DE SENTINAS	4	-	19	0,97	19,5876289	78,35051546	690	0,9	72,84330305	89	0,818464079	25	1	1/3x25	
<b>SERVICIO DE AGUA DE LASTRE</b>															
BOMBA DE LASTRE	2	-	65	0,993	65,4582075	130,9164149	690	0,9	121,7143758	137	0,888426101	50	1	1/3x50	
<b>GRÚAS</b>															
GRÚA PRINCIPAL	1	-	-	-	4000	4000	6600	0,9	388,7880601	205	1,896527122	95	2	2/3x95	
GRÚA AUXILIAR	1	-	-	-	750	750	6600	0,9	72,89776126	89	0,819075969	25	1	1/3x25	
<b>EQUIPOS DE MANTENIMIENTO</b>															
TALADRO	2	-	-	-	1	2	230	0,9	5,57826347	13	0,42909719	1	1	1/3x1	
GRUPO DE SOLDADURA	2	-	-	-	8,5	17	230	0,9	47,4152395	50	0,94830479	10	1	1/3x10	
TORNO	2	-	-	-	3,5	7	230	0,9	19,52392215	21	0,929710578	2,5	1	1/3x2,5	
RECTIFICADORA	2	-	-	-	1	2	230	0,9	5,57826347	13	0,42909719	1	1	1/3x1	

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

SERVICIO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CABLES								
	Nº INSTALADO	P. Ca.	P_UNITARIA			P_total	TENSIÓN	F.D.P	CORRIENTE (A)	CURRENT RATING (3-4 CORE)	CORRIENTE/CURRENT RATING	SECCIÓN (mm²)	Nº CABLES	NOMENCLATURA	
			ÚTIL	η	P_abs	N*P_abs									
<b>ILUMINACIÓN</b>															
ZONA INF. CUB PRINCIPAL	1	-	22,037	1	22,037	22,037	230	0,9	61,46409605	67	0,917374568	16	1	1/3x16	
EXTERIOR	1	-	101,333333	1	101,333333	101,333333	230	0,9	282,6320158	169	1,672378792	70	2	2/3x70	
HABILITACIÓN	1	-	22,64576	1	22,64576	22,64576	230	0,9	63,16200788	137	0,461036554	50	1	1/3x50	
NAVEGACIÓN	1	-	28,1	1	28,1	28,1	230	0,9	78,37460176	89	0,880613503	25	1	x/3x25	
INSTALACIÓN	1	-	0,75	1	0,75	0,75	230	0,9	2,091848801	13	0,160911446	1	1	1/3x1	
EMERGENCIA	1	-	17,4866093	1	17,4866093	17,4866093	230	0,9	48,77245703	50	0,975440141	10	1	1/3x10	
<b>EQUIPOS DE NAVEGACIÓN, COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA</b>															
EQUIPOS DE RADIO	1	-	5	1	5	5	230	0,9	13,94565868	16	0,871603667	1,5	1	1/3x1,5	
EQUIPOS DE NAVEGACIÓN	1	-	6	1	6	6	230	0,9	16,73479041	21	0,796894781	2,5	1	1/3x2,5	
AUTOMATIZACIÓN	1	-	5	1	5	5	230	0,9	13,94565868	16	0,871603667	1,5	1	1/3x1,5	
<b>SERVICIO DE AGUA SANITARIA</b>															
BOMBA DE SUMINISTRO	2	-	15	0,932	16,0944206	32,1888412	690	0,9	29,92630617	36	0,831286283	6	1	1/3x6	
BOMBA DE CIRCULACIÓN A.F	1	-	2,5	0,97	2,57731959	2,577319588	690	0,9	2,396161285	13	0,184320099	1	1	1/3x1	
BOMBA DE CIRCULACIÓN A.C	1	-	1,2	0,97	1,2371134	1,237113402	690	0,9	1,150157417	13	0,088473647	1	1	1/3x1	
CALENTADOR	1	-	60	1	60	60	690	0,9	55,7826347	67	0,832576637	16	1	1/3x16	
POTABILIZADORA	1	-	3	1	3	3	690	0,9	2,789131735	13	0,214548595	1	1	1/3x1	
PLANTA TAR	1	-	3,3	1	3,3	3,3	690	0,9	3,068044909	13	0,236003455	1	1	1/3x1	
<b>SERVICIO CONTRAINCENDIOS</b>															
BOMBA CI	3	-	55	0,983	55,9511699	167,8535097	690	0,9	156,0551836	205	0,761244798	95	1	1/3x95	
BOMBA CI EMERGENCIA	1	-	13,8	0,965	14,3005181	14,30051813	690	0,9	13,29534299	67	0,198437955	16	1	1/3x16	
<b>SISTEMA DE ELEVACIÓN</b>															
GRUPO HIDRÁULICO	1	-	-	-	3280	3280	6600	0,9	318,8062092	205	1,55515224	95	2	2/3x95	
<b>SERVICIO DE VENTILACIÓN DE CÁMARA DE MÁQUINAS Y AIRE AC</b>															
VENTILADORES CM	2	-	75	1	75	150	690	0,9	139,4565868	169	0,825186904	70	1	1/3x70	
SERVICIO AC	1	-	215	1	215	215	690	0,9	199,8877744	110	1,817161585	16	2	2/3x16	
<b>EQUIPOS DE CUBIERTA</b>															
CHIGRES	6	-	60	1	60	360	690	0,9	334,6958082	137	2,443035097	50	3	3/3x50	
MOLINETES	2	-	75	1	75	150	690	0,9	139,4565868	169	0,825186904	70	1	1/3x70	

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

SERVICIO	CARACTERÍSTICAS		CARACTERÍSTICAS				CABLES								
	Nº INTALADO	P. Ca.	P_UNITARIA			P_total	TENSIÓN	F.D.P	CORRIENTE (A)	CURRENT RATING (3-4 CORE)	CORRIENTE/CURRENT RATING	SECCIÓN (mm²)	Nº CABLES	NOMENCLATURA	
			ÚTIL	η	P_abs	N*P_abs									
EQUIPOS DE FONDA Y HOTEL															
COCINA	4	-	-	-	2	8	230	0,9	22,31305388	28	0,796894781	4	1	1/3x4	
HORNO	4	-	-	-	2,2	8,8	230	0,9	24,54435927	28	0,87658426	4	1	1/3x4	
LAVAPLATOS	2	-	-	-	2,2	4,4	230	0,9	12,27217963	16	0,767011227	1,5	1	1/3x1,5	
MICROONDAS	2	-	-	-	1,5	3	230	0,9	8,367395206	13	0,643645785	1	1	1/3x1	
CAFETERA	6	-	-	-	3	18	230	0,9	50,20437123	67	0,749318974	16	1	1/3x16	
FREIDORA	2	-	-	-	5	10	230	0,9	27,89131735	28	0,996118477	4	1	1/3x4	
FRIGORÍFICO	4	-	-	-	0,35	1,4	230	0,9	3,904784429	13	0,300368033	1	1	1/3x1	
PLANCHA	2	-	-	-	5	10	230	0,9	27,89131735	28	0,996118477	4	1	1/3x4	
GRUPO DE PLANCHADO Y DOBLADO	2	-	-	-	5	10	230	0,9	27,89131735	28	0,996118477	4	1	1/3x4	
PELAPATATAS	1	-	-	-	1,1	1,1	230	0,9	3,068044909	13	0,236003455	1	1	1/3x1	
PARRILLA	1	-	-	-	2	2	230	0,9	5,57826347	13	0,42909719	1	1	1/3x1	
BATIDORA	3	-	-	-	1,85	5,55	230	0,9	15,47968113	16	0,967480071	1,5	1	1/3x1,5	
MÁQUINA DE HIELO	2	-	-	-	2	4	230	0,9	11,15652694	13	0,85819438	1	1	1/3x1	
AMASADORAS	1	-	-	-	1,1	1,1	230	0,9	3,068044909	13	0,236003455	1	1	1/3x1	
MONTAPLATOS	1	-	-	-	0,287	0,287	230	0,9	0,800480808	13	0,061575447	1	1	1/3x1	
ASCENSOR	1	-	-	-	25	25	230	0,9	69,72829338	89	0,783463971	25	1	1/3x25	
TELEVISOR	100	-	-	-	0,4	40	230	0,9	111,5652694	137	0,814345032	50	1	1/3x50	
LAVADORA	8	-	-	-	2,2	17,6	230	0,9	49,08871854	50	0,981774371	10	1	1/3x10	
SECADORA	4	-	-	-	0,6	2,4	230	0,9	6,693916165	13	0,514916628	1	1	1/3x1	

## 8 OTROS COMPONENTES

Para la planta eléctrica de un buque son necesarios más elementos de los mencionados previamente, de modo que se necesitarán los siguientes elementos:

### 8.1 Transformadores

Los transformadores son utilizados para aquellos sistemas en los que la tensión de funcionamiento es menor que la nominal de la instalación de fuerza.

La instalación del buque ha sido diseñada para 50 Hz, en caso de añadir algún aparato que solo pueda trabajar a 60 Hz, se tendrá que disponer de un convertidor de frecuencia para poder trabajar.

Se dispondrá de 4 transformadores de 6600V/690V a 50 Hz situados en la cámara de azimutales. Teniendo en sus proximidades los azimutales y la grúa principal.

Se dispondrán de 4 transformadores en la cámara de cuadros eléctricos situados a proa de las cámaras de máquinas. Dos de estos transformadores serán de 6600V/690V a 50Hz para los sistemas del buque, y otros dos transformadores de 690V/230V a 50 Hz que serán para los aparatos electrónicos que se puedan utilizar en la habilitación.

Se dispondrá de rectificadores para convertir la corriente alterna en continua y también, convertidores que transformen la corriente continua en alterna.

Los transformadores serán de tipo marino, protegidos contra el goteo y salpicaduras.

### 8.2 Cuadros de Distribución

El sistema eléctrico tendrá dos cuadros principales de 6600V(uno por cámara de máquinas) y se dispondrá de otro cuadro de baja tensión de 690V. Se dispondrá de un cuadro de emergencia.

El cuadro principal de 6600V es el que recibe la potencia directamente de los generadores, y puede acoplarlos haciendo que estos funcionen en paralelo.

El generador de emergencia como se ha explicado previamente irá situado en la cubierta principal alojado en un local de emergencia en la superestructura. El accionamiento de los circuitos se podrá realizar desde el cuadro principal, pero siempre pasando por el de emergencia.

Aquellos cables que sean para emergencia situados fuera del espacio de maquinaria no deberán pasar por las cámaras de máquinas.

Se instalarán tomas de corrientes para permitir la conexión del buque a tierra, con un panel de emergencia a cada banda.

Los cuadros de distribución trabajarán a 50 Hz, y sus tensiones serán de 6600V, 690V y 230V.

### 8.3 Protecciones de la Planta Eléctrica

En una planta eléctrica es necesario asegurar la protección tanto de los equipos como de las personas en caso de fallos. Para estas protecciones se utilizan dispositivos de protección y relés.

El sistema de protección y sus parámetros dependen de la configuración de la planta y los requisitos de operación. Es necesario que todos los dispositivos de selectividad y protección tengan una coordinación con el fin de obtener un buen ajuste de los parámetros y poder actuar de la manera más adecuado en cada tipo de fallo.

Los motores generadores, como se ha indicado previamente, tendrán un poder de corte de 30kA, y se deberá incluir una protección contra cortocircuitos, sobrecargas, bajo voltaje...

El alternador también deberá estar dotado de diversas protecciones, como pueden ser:

- Sobrecargas
- Sobre voltaje
- Bajo voltaje
- Potencia inversa
- Etc.

Según en la zona en la que se sitúen los elementos, deberán tener unos grados de protección IP, estos grados de protección vienen especificados en la sociedad de clasificación:

DNV Part 4 Charter 8 Section 10

**Table 1 Enclosure types in relation to location**

Location		Switchgear and transformers	Luminaries	Rotating machines	Heating appliances	Socket outlets	Miscellaneous such as switches and connection boxes	Instrumentation and communication components
Engine and boiler rooms <sup>15)</sup>	Above the floor <sup>1)</sup>	IP 22	IP 22	IP 22	IP 22	IP 44	IP 44	IP 44
	Below the floor	N	IP 44	IP 44	IP 44	N	IP 44	IP 55
Dry control rooms and switchboard rooms		IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20
Navigation bridge, radio room, control stations		IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X	IP 2X
Closed compartments for fuel oil and lubrication oil separators		IP 44	IP 44	IP 44	IP 44	N	IP 44	IP 44
Fuel oil tanks <sup>2)</sup>		N	N	N	N	N	N	IP 68
Ballast and other water tanks, bilge wells <sup>2)</sup>		N	N	IP 68	IP 68	N	N	IP 68
Ventilation ducts <sup>13)</sup>		N	N <sup>13)</sup>	IP 44 <sup>13)</sup>	N	N	N	<sup>13)</sup>
Deckhouses, forecastle spaces, steering gear compartments and similar spaces		IP 22 <sup>3)</sup>	IP 22	IP 22 <sup>3)</sup>	IP 22	IP 44	IP 44	IP44
Ballast pump rooms, columns below main deck and pontoons and similar rooms below the load line		IP 44 <sup>14)</sup>	IP 34	IP 44 <sup>14)</sup>	IP 44	IP 55 <sup>5)</sup>	IP 55 <sup>5)</sup>	IP 55 <sup>5)</sup>
Cargo holds, keel ducts, pipe tunnels <sup>4)</sup>		IP 55 N	IP 55	IP 55	N	IP 55 <sup>5)</sup>	IP 55 <sup>5)</sup>	IP 56 <sup>5)</sup>
Open deck, keel ducts		IP 56	IP 55	IP 56 <sup>6)</sup>	IP 56	IP 56 <sup>5)</sup>	IP 56 <sup>5)</sup>	IP 56
Battery rooms, paint stores, welding gas bottle stores or areas that may be hazardous due to the cargo or processes onboard <sup>7)</sup>		EX <sup>12)</sup>	EX <sup>12)</sup>	EX <sup>12)</sup>	EX <sup>12)</sup>	EX <sup>12)</sup>	EX <sup>12)</sup>	EX <sup>12)</sup>
Dry accommodation spaces		IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20	IP 20 <sup>8)</sup>	IP 20
Bath rooms and showers		N	IP 34 <sup>11)</sup>	N	IP 44	IP 55 N <sup>9)</sup>	IP 55 <sup>11)</sup>	IP 55 <sup>11)</sup>
Galley, laundries and similar rooms <sup>10)</sup>		IP 44	IP 34	IP 44	IP 44	IP 44	IP 44	IP 55

## 9 DIAGRAMA UNIFILAR

En el diagrama unifilar se muestran los generadores y los diferentes equipos que irán instalados en el buque.

En el buque se diferencian los siguientes servicios, en cuanto a su importancia:

- Servicios Esenciales: Son aquellos servicios esenciales para la propulsión. Estos servicios tienen preferencia al resto y estarán alimentados directamente desde los bornes de los generadores, sin situar ningún interruptor automático.
- Servicios NO Esenciales: Son aquellos que su funcionamiento no afecta al sistema propulsivo, de manera que un fallo en estos equipos no afectaría en la navegabilidad del buque.
- Servicios de Emergencia: Son los servicios necesarios en caso de emergencia, algunos de esos servicios han sido explicados previamente. Pueden ser alimentados tanto por el generador de emergencia, como por los generadores principales con un conmutador instantáneo.

En el esquema se diferencian las tensiones que se han mencionado previamente:

- 6600V; Para consumidores como los motores eléctricos principales y equipos del buque.
- 690V; Equipos restantes del buque.
- 230V; Equipos como son el alumbrado, comunicaciones, navegación...

La distribución deberá garantizar la continuidad de servicio con etapas de potencias segregadas. Los generadores están repartidos en secciones y cada sección dispone con un embarrado y posibilidad de ser interconectadas ambas secciones si fuera necesario, esto quiere decir, que el suministro es redundante.

### 9.1 Descripción del Diagrama

Los generadores producen energía eléctrica a un 6600V y 50Hz, esta energía eléctrica es llevada hasta los cuadros principales de 6600V, y de este cuadro se llevará a los consumidores. En este caso, los cuadros principales suministran la energía eléctrica hasta los transformadores que convertirán los 6600V a 690V para que puedan funcionar los diferentes sistemas del buque, estos sistemas estarán indicados en el diagrama.

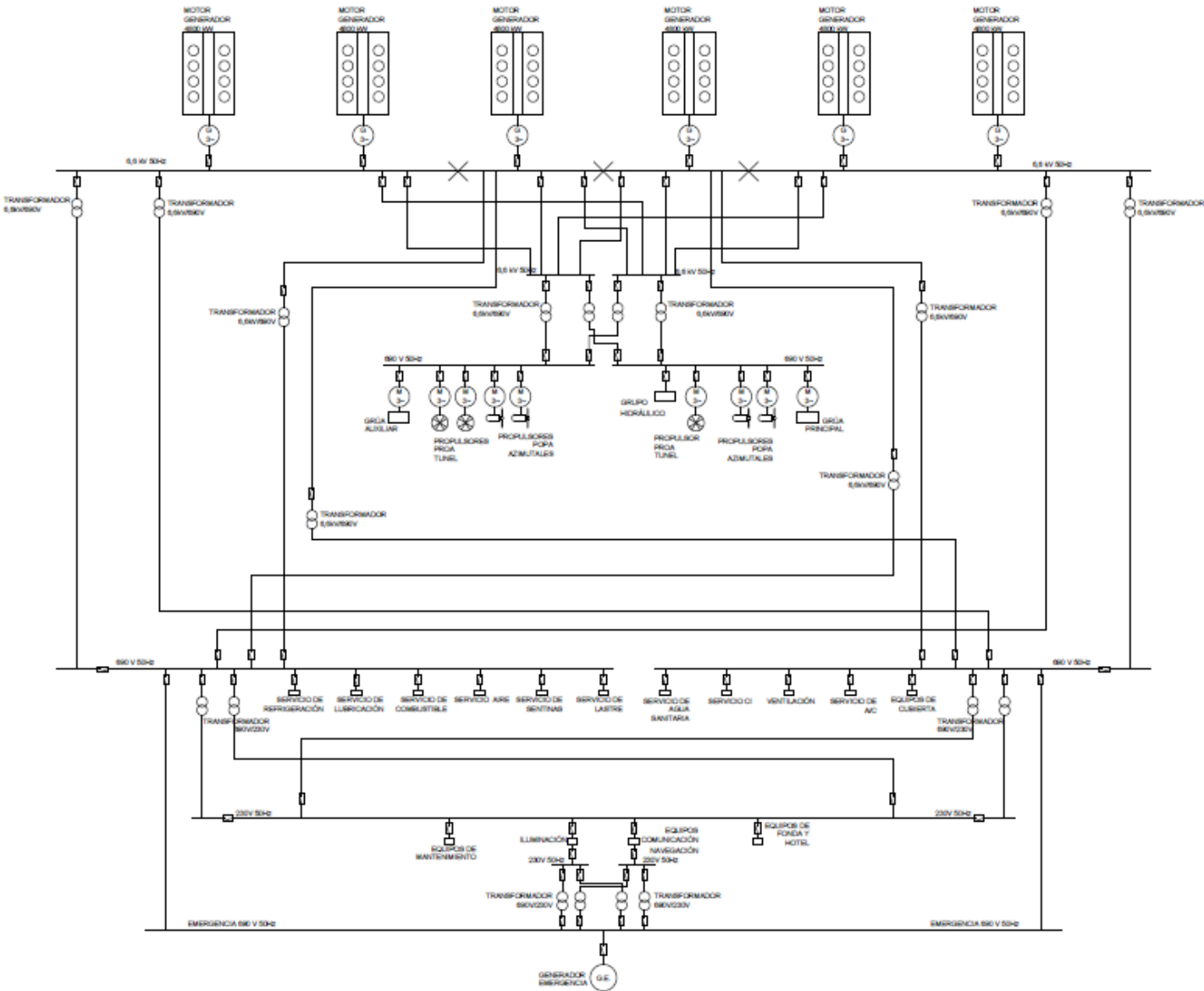
Grandes consumidores de potencia, como pueden ser los propulsores de popa, la grúa auxiliar... llevarán transformadores en sus proximidades para poder suministrar esta potencia sin tener secciones de cable excesivamente grandes, puesto que, al disminuir la tensión de suministro, se aumentará la sección del cable, y con ello, las pérdidas.

Se dispondrá de otros transformadores para pasar de 690V a 230V, con el fin de alimentar la fonda y hotel, la iluminación, equipos de navegación y comunicaciones y los equipos de mantenimiento.

Se dispone de un cuadro de emergencia al que irá conectado el generador de emergencia, a 690V, con un transformador que será el encargado de pasar de esos 690V a 230V, y a esta tensión, irán conectados los servicios esenciales exigidos por la norma explicada previamente. El cuadro de emergencia va conectado al cuadro de 690V como se verá en el diagrama expuesto a continuación:

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28





## **10 ANEXO**

### **10.1 Cálculo de Coeficientes**

## Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

### Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

GRUPO	CANTIDAD		CANTIDAD		PARED DARRAGAN				PARED DARRAGAN				MARCACION				MARCADOR				CARGA EN EL VESSEL				OBSERVACION			
	N° DE DARRAGAN	P. A. D.	P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN		P. DARRAGAN			
			DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.	DES.	TR.
ARMARIOS DE POT.	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	1																											
BARRIL DE ALIMENTACIÓN (MOTOR) LT	4																											
BARRIL DE ALIMENTACIÓN (MOTOR) LT	4																											
BARRIL DE BARRIL ALIMENT.	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											
BARRIL DE TRANSFORMACIÓN	4																											

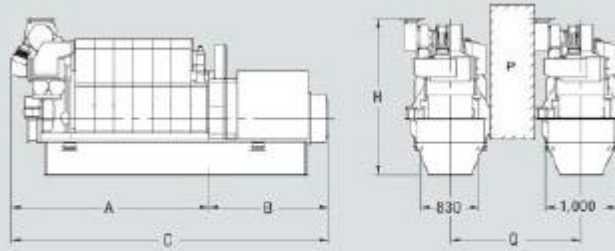
## **10.2 Cálculo potencia por condición**

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

SERVICIO	CANTIDAD			PUNTO CARGANDO				PUNTO CARGANDO				PUNTO CARGANDO				PUNTO CARGANDO				PUNTO CARGANDO				PUNTO CARGANDO			
	P. VAL	P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA		P. CATEGORIA	
		UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD	UNIDAD
ANILLAGAS DE BUNA	4				688	688	4	688	688	4	688	688	4	688	688	4	688	688	4	688	688	4	688	688	4	688	688
BUN CARBON (PULVERIZADA)	1				500	500	1	500	500	1	500	500	1	500	500	1	500	500	1	500	500	1	500	500	1	500	500
TOTAL					1192	1192		1192	1192		1192	1192		1192	1192		1192	1192		1192	1192		1192	1192		1192	1192
BUNAS DE ACCESORIOS/RECORREDORES	4						4					4						4									
BUNAS DE ACCESORIOS/RECORREDORES 1	4						4					4						4									
BUNAS DE ACCESORIOS/RECORREDORES 2	4						4					4						4									
BUNAS DE ACCESORIOS/RECORREDORES 3	4						4					4						4									
TOTAL					16	16		16	16		16	16		16	16		16	16		16	16		16	16		16	16
... (muchas más filas similares)																											

## 10.3 Generador de Emergencia



Speed (r/min)	1,200		1,000	
Frequency (Hz)	60		50	
	Eng. kW	Gen. kW*	Eng. kW	Gen. kW*
5L16/24	500	475	450	430
6L16/24	660	625	570	542
7L16/24	770	730	665	632
8L16/24	880	835	760	722
9L16/24	990	940	855	812

Cyl. No.	5	6	7	8	9
A (mm)	2,751	3,026	3,501	3,776	4,051
B (mm)	1,400	1,490	1,585	1,680	1,680
C (mm)	4,151	4,516	5,095	5,455	5,731
H (mm)	2,457	2,457	2,456/2,457	2,495	2,495
Dry Mass (t)	9.5	10.5	11.4	12.4	13.1

Bore	160 mm
Stroke	240 mm
Cycle	Four-stroke
Cyl. configuration	In-line
Power range	450-990 kW
Speed (60/50 Hz)	1,000/1,200 r/min
Mean piston speed	8.0/9.6 m/s
Mean effective pressure	20.7-23.6 bar
Power per cyl.	90-110 kW
Max combustion pressure	170 bar
Fuel acceptance	MDO, MGO and HFO up to 700 cSt/50°C

\* Based on nominal generator efficiencies of 95%

P: Free passage between the engines, width 600 mm and height 2,000 mm  
Q: Min. distance between centre of engines: 1,800 mm

## **10.4 Lista de Equipos**

Cuaderno 11: Planta Eléctrica y Distribución

Antonio Melo Bello-OFFSHORE JACK-UP INSTALLATION VESSEL-Proyecto 1929-28

GRUPO	SERVICIO	DISPOSICIÓN				SELECCIÓN			FLUJO				DATOS TÉRMICOS			POTENCIA MECÁNICA		POTENCIA ELÉCTRICA		COMENTARIOS
		NUMERO	ELEMENTO	CANTIDAD	MARCAS	CLASE	TIPO	MARCA Y MODELO (NOTA 3)	CAUDAL	ALTURA ELEVACIÓN	FLUIDO	DENSIDAD	POTENCIA CALEFACCIÓN	POTENCIA REFRIGERACIÓN	FUENTE TÉRMICA	RENDIMIENTO MECÁNICO	POTENCIA MECÁNICA	RENDIMIENTO ELÉCTRICO	POTENCIA ELÉCTRICA UNITARIA	
									m3/h	mca		kg/m3	KW	KW	TIPO	KW	KW	Kwe		
PROPULSION Y GENERACION	PROPULSION POPA	26	Motor propulsor	4		Motor AC	Sincrono	ABB HIGH SPEED DRIVE 500 @900RPM	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2050		
	PROPULSION PROA	35	Motor propulsor	3		Motor AC	Sincrono	Wartsila WTT-16 1650KW	--	--	--	--	--	--	--	1650	0,95	1737		
	GENERACION	1	Grupo generador	6		Grupo generador	Diesel AC 50Hz	ROLLS-ROYCE BERGEN B33-45L7P 4200KW @720/750RPM	--	--	--	--	--	--	--	4800	0,97	4656		
AUXILIARES DE LA PROPULSION	REFRIGERACION	24	Bomba agua salada	6		Bomba	Centrífuga	MEGACPK 150-500 @ 960RPM	252,75	30	AGUA SALADA	1025	--	--	--	29,5	0,983	30,01		
			Bomba agua dulce HT	6	--	Bomba	Mecánica	PROPIA DE LOS GENERADORES	84		AGUA DULCE	1000	--	--	--					
			Bomba agua dulce LT	6	--	Bomba	Mecánica	PROPIA DE LOS GENERADORES	55-99		AGUA DULCE	1000	--	--	--					
	3. LUBRICACION	2	Bomba lubricación	8		Bomba	Centrífuga	MegaCPK 040 25-160 @ 2900RPM	0,0024	40	ACEITE LUBRICANTE	900	--	--	--	1,1	0,97	1,35		
		3	Separador de aceite	3		Bomba	Centrífuga	ALFA LAVAL MAB 206	2,8	50	ACEITE LUBRICANTE	900	--	--	--	12,0	0,95	12,6		
		4	Filtro Dúplex	4		Filtro	Dúplex	AETON DWF 3005	113	--	ACEITE LUBRICANTE	900	--	--	--	--	--	0		
	4. COMBUSTIBLE	5	Bombas trasiego combustible	6		Bomba	Engranajes	IMO ACE 3 032N @3550RPM	5,784	50	MDO	850	--	--	--	2,4	0,95	2,5		
		6	Bombas alimentación de combustible	8		Bomba	Engranajes	IMO ACE 3 032L @1770RPM	1,74	50	MDO	850	--	--	--	0,7	0,9	0,8		
	5. AIRE COMPRIMIDO	7	Compresor de aire de arranque	2		Compresor	Alternativo	BAUER KOMPRESSOREN 25,4-45 30BAR	171	500	Aire	--	--	--	--	--	--	45		
		8	Botella aire de arranque	4		Botella		2000 litros	--	--	Aire	--	--	--	--	--	--	--		

