

REMOLCADOR DE PUERTO Y DE ALTURA. PROPULSIÓN DUAL.  
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR  
UNIVERSIDAD DE A CORUÑA



PROYECTO FIN DE GRADO 2015/2016. NÚMERO 16-11 P  
GRADO EN INGENIERÍA DE PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL  
BUQUE



CUADERNO 11: DEFINICIÓN DE LA PLANTA ELÉCTRICA.

ALUMNO: DAVID DOPICO SAAVEDRA  
TUTOR: RAÚL VILLA CARO



**DEPARTAMENTO DE ENXEÑERÍA NAVAL E OCEÁNICA**

**GRADO EN INGENIERÍA DE PROPULSIÓN Y SERVICIOS DEL BUQUE**

*CURSO 2.015-2016*

**PROYECTO NÚMERO 16-11 P**

**TIPO DE BUQUE:** BUQUE REMOLCADOR DE PUERTO Y DE ALTURA. PROPULSION DUAL

**CLASIFICACION, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACION:** LLOYD'S REGISTER OF SHIPPING, Solas, Marpol y reglamentación estándar.

**CARACTERISTICAS DEL BUQUE:** Buque remolcador de altura y salvamento. 85 t. de tracción a punto fijo.

**VELOCIDAD Y AUTONOMIA:** 12,5 nudos a máxima velocidad alcanzable y autonomía de 3.000 millas a la velocidad de servicio.

**SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA:** Maquinillas de remolque y los específicos y normales en este tipo de buque.

**PROPULSION:** Diesel Dual MDO/LNG.

**TRIPULACION Y PASAJE:** 8 Personas.

**OTROS EQUIPOS E INSTALACIONES:** Equipos para extinción de incendios, salvamento y lucha contra la contaminación.

**ALUMNO:** David Dopico Saavedra

13 de Marzo de 2016

## Índice

1. Introducción .....	3
2. Definición de la planta eléctrica.....	4
3. Selección del tipo de corriente .....	5
4. Redes de distribución. ....	6
5. Consumidores.....	8
5.1 Alumbrado. ....	8
5.2 Equipos de navegación y comunicación. ....	13
5.3 Sistemas auxiliares de la propulsión. ....	14
5.4 Sistema de sentinas, de agua dulce y de aguas de deshechos. ....	15
5.5 Equipos de remolque, carga y descarga y hélice de proa. ....	16
5.6 Ventilación y aire acondicionado. ....	16
5.7 Habitación y taller. ....	16
5.8 Equipos de contra incendios y lucha contra la contaminación .....	17
6. Balance eléctrico .....	18
6.1 Coeficientes de cálculo. ....	18
6.2 Resultados del balance eléctrico. ....	19
7. Planta generadora .....	20
7.1 Generadores principales.....	20
7.2 Generador de emergencia. ....	22
7.3 Consumo de los generadores. ....	25
ANEXO I: Balance eléctrico. ....	27
ANEXO II: Diagrama unifilar.....	39
ANEXO III: Características de los generadores.....	40

## **1. Introducción**

En el presente cuaderno se realizarán los cálculos de las necesidades eléctricas del buque para poder definir la planta eléctrica. Los principales consumidores eléctricos han sido definidos en los cuadernos 10 y 12 por lo que los cálculos se basarán en estos y en estimaciones realizadas a partir de los buques de referencia.

La importancia de la planta eléctrica en el buque proyecto es vital ya que es la que alimenta a la propulsión y a la gran mayoría de consumidores definidos en él.

Lo primero que se definirá será el tipo de corriente que será instalada, la frecuencia y la tensión que estarán definidos por las características eléctricas de los receptores. El balance eléctrico se realizará estudiando todos los consumidores en las distintas situaciones en las que se encontrará el buque en su vida útil.

La situación de mayor demanda será la que defina la potencia necesaria de los generadores de la planta. Una vez conocida la potencia, se determinarán los generadores, grupos auxiliares y de emergencia necesarios.

Por último se realizará el diagrama unifilar de la red eléctrica donde se definirán los generadores, consumidores y cuadros eléctricos de distribución.

Para el desarrollo del cuaderno se tendrán en cuenta las siguientes reglas:

- Reglamento SOLAS Capítulo II-1, Parte D.
- Lloyd's Register of Shipping, Parte 6 Capítulos I y II.
- Norma UNE 21 135-201 de diseño de instalaciones eléctricas en buques.
- Norma UNE 21 135-303 de transformadores de potencia.
- Norma UNE 21 135-501 de buques de propulsión eléctrica.

## **2. Definición de la planta eléctrica.**

Los principales componentes de la planta eléctrica del buque serán:

- Planta generadora: se encarga de transformar la energía mecánica en energía eléctrica.
- Cuadro de distribución principal: es el que permite el accionamiento, acoplamiento y la selección de generadores.
- Red de distribución: enlaza el cuadro principal con las estaciones y subestaciones de distribución.
- Consumidores.

Existirán tres plantas generadoras a bordo:

- Planta principal: esta estará compuesta por tres generadores diésel-eléctricos con capacidad de funcionamiento en paralelo que suministrarán la potencia necesaria para la operación del buque, aún con uno fuera de servicio.
- Planta de emergencia: estará constituida por un generador diésel que abastecerá los consumidores de emergencia.
- Planta transitoria de energía: está formada por una serie de baterías recargables. Puede estar centralizada o distribuida para cada consumidor o grupo de consumidores.

### **3. Selección del tipo de corriente**

La corriente que se utilizará en el buque será corriente alterna ya que presenta grandes ventajas para la transmisión.

De acuerdo con la norma UNE 21-135-201 de diseño de instalaciones eléctricas en buques, podemos encontrar tres tipos de tensiones en el buque:

- Tensión de seguridad: Será menor de 50 V.
- Baja tensión: tensiones entre 50 y 500 V.
- Media tensión: tensiones entre 500 y 1000 V.
- Alta tensión: Mayor de 1000 V.

La decisión de la utilización de energía alterna se ha realizado debido a las ventajas que esta presenta con respecto a la energía continua:

- Posibilidad de mayores tensiones
- Menor coste económico
- Menor peso y empacho
- Transformación fácil con transformadores estáticos
- Mayor compatibilidad en puerto

El mayor inconveniente de la corriente alterna frente a la continua, es que en los motores la velocidad es más difícil de regular y estos tienen un par de arranque menor.

#### **4. Redes de distribución.**

Según el reglamento del Lloyd's Register of Shipping, las alternativas que se presentan para la distribución de la energía eléctrica son:

Distribución en paralelo a tensión constante:

❖ Corriente continua:

- Dos conductores
- Tres conductores (dos activos más el neutro)

❖ Corriente alterna:

- Monofásica con dos conductores
- Trifásica con tres conductores
- Trifásica con cuatro conductores (tres más el neutro)

Distribución en serie a intensidad constante:

❖ Corriente continua.

El suministro general de energía eléctrica se realizará por medio de una red de corriente alterna trifásica de baja tensión. Por su parte, el suministro de energía eléctrica a los consumidores de 220 V se hará por medio de una red de corriente alterna bifásica, y el suministro de energía eléctrica a los consumidores de 24 V se hará por medio de una red de corriente continua.

Las redes de distribución del buque proyecto comprenden tres subredes:

- **Red de fuerza:** Viene condicionada por las características de los más importantes consumidores, ya que los consumidores de grandes potencias requieren tensiones de trabajo altas para que las intensidades en su interior no sean excesivamente altas. En nuestro caso, los motores son los que definirán esta tensión, y dado que funcionan a 400V, esta será la que emplearemos.

El problema que se plantea en este punto es la elección del tipo de tensión y frecuencia que bien puede ser a 60Hz ó 50Hz. Es por ello que se tienen que ponderar las ventajas e inconvenientes de cada alternativa.

La de 60Hz tiene la ventaja de que a mayor tensión y frecuencia el peso debido a los cables necesario es menor y los equipos resultan más baratos. Un inconveniente en el caso de usar la frecuencia de 60 Hz es que es de uso limitado a los puertos norteamericanos, por lo que si se desea que el buque opere en puertos distintos a los de esta región, no se podría conectar el buque al circuito del puerto. Esto también repercute en otro sentido, y es que es mayor la oferta de equipos que utilizan 50 Hz. Se toma la decisión de que el buque prestará servicios en puertos europeos. De este modo se elige utilizar la de 50 Hz.

- **Red de 220 V:** A pesar de que la tensión principal de generación y distribución de la planta va a ser la que se ha indicado anteriormente, existen otros muchos consumidores que requieren una alimentación con diferentes características, como el alumbrado interior y exterior, los proyectores, equipos electrónicos, cocina, horno, etc.. Se alimentarán con una tensión de 220V y 50Hz bifásica. Esta tensión se obtendrá por medio de transformadores de 400/220 V a partir de la tensión principal de 400V.
- **Red de 24 V:** Existen en el buque una serie de consumidores que se alimentarán con una tensión de 24 V. Dicha tensión se obtendrá por medio de rectificadores de AD/CD de 220 V a 24 V.



## 5. Consumidores

Los principales consumidores de cada red se describen a continuación:

Tensión	Consumidores
400 V	Motores propulsores
	Hélice de proa
	Sistema CI
	Servicios anticontaminación
	Servicios de ventilación y aire acondicionado
	Equipos de remolque
	Servicios de combustible, lubricación, agua dulce y aguas residuales
	Refrigeración
	Habilitación
	Grúas
220 V	Comunicaciones y equipos de navegación
	Alumbrado interior y exterior
	Servicios del taller
24 V	Alumbrado de emergencia
	Luces de navegación
	Alarmas y equipos de detección de incendios

La realización del balance eléctrico del buque se basará en las potencias requeridas por los diferentes consumidores eléctricos.

Las partidas en las que se dividirán los distintos consumidores son las siguientes:

### 5.1 Alumbrado.

Los cálculos de alumbrado se realizarán tanto para el alumbrado interior como para las luces de cubierta y las luces de navegación.

#### - **Iluminación interior**

El cálculo de la potencia necesaria para la iluminación interior se realizará en base al flujo luminoso, la iluminancia y la superficie a iluminar en los espacios de habitación.

Las fórmulas utilizadas son las siguientes:

$$P = \frac{L}{\eta} W$$

$$L = E \cdot S \cdot \frac{F_d}{F_u} lm$$

Donde:

$P$  = Potencia necesaria (W).

$\eta$  = Rendimiento luminoso (lm/W).

$L$  = Flujo luminoso (lm).

$E$  = Iluminancia (lx).

$S$  = Superficie a iluminar ( $m^2$ ).

$F_d$  = Factor de suciedad.

$F_u$  = Factor de utilización.

Para la elección del tipo de luminaria que se instalará se estudiará el rendimiento luminoso de las distintas opciones disponibles:

Tipo de lámpara	Potencia nominal W	Rendimiento lumin lm/W
Efluvios. ....	0,3	2
Incandescente Standard 40 W/220 V	40	11
Fluorescente L 40 W/20 (Blanco frío).	40	80
Mercurio a alta presión HQL 400 W .	400	58
Halogenuros metálicos HQI 400 W .	360	78
Ódolo a alta presión NAV-T 400 W. . .	400	120
Ódolo a baja presión NA 180 W . . . .	180	183

El tipo de lámpara elegida será la fluorescente L 40 W/220 V con una potencia nominal de 40 W y un rendimiento luminoso de 80 lm/W.

Los valores de luminancia deseada según el tipo de estancia se definirán según la siguiente tabla:

<b>Locales</b>	
<b>Iluminancias (lx)</b>	
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 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

Para el cálculo del flujo luminoso será necesario definir el factor de suciedad o mantenimiento y el factor de utilización:

El factor de suciedad o mantenimiento tiene en cuenta la pérdida de flujo luminoso de las lámparas motivada tanto por el envejecimiento natural como por el polvo y suciedad que se deposita en ellas. Su valor suele situarse entre 1,25 y 2,5. Se tomará un valor medio:

$$Fd = 1,875$$

En cuanto al factor de utilización, este varía según el tipo de alumbrado, directo o indirecto y tiene en cuenta las dimensiones del local. Se considerará un alumbrado de tipo directo y se supondrá un valor del factor de utilización de:

$$Fu = 0,5$$

Una vez definidos estos factores se obtendrá el flujo luminoso en cada local y la potencia consumida:

Cubierta	Local	Iluminancia requerida (lx)	Superficie (m <sup>2</sup> )	F <sub>d</sub>	F <sub>u</sub>	L (lm)	Potencia (W)
Cubierta de puente de gobierno	Puente de gobierno	575	23,02	1,875	0,5	49636,88	620,46
Cubierta superior o de botes	Sala de reuniones	575	10,80	1,875	0,5	23287,50	291,09
	Camarote mariners 2	175	10,80	1,875	0,5	7087,50	88,59
	Aseos comunes	200	6,43	1,875	0,5	4822,50	60,28
	Lavandería	300	6,43	1,875	0,5	7233,75	90,42
	Pasillos cubierta superior	150	12,58	1,875	0,5	7076,25	88,45
Cubierta principal	Camarote mariners 1	175	15,11	1,875	0,5	9915,94	123,95
	Camarote oficiales	225	15,11	1,875	0,5	12749,06	159,36
	Camarote jefe de máquinas	225	13,41	1,875	0,5	11314,69	141,43
	Camarote capitán	225	13,41	1,875	0,5	11314,69	141,43
	Salón-comedor	225	13,65	1,875	0,5	11517,19	143,96
	Cocina	300	6,66	1,875	0,5	7492,50	93,66
	Gambuza	125	1,71	1,875	0,5	801,56	10,02
	Local del agua nebulizada	300	7,11	1,875	0,5	7998,75	99,98
	Local trajes de bombero	125	4,74	1,875	0,5	2221,88	27,77
	Local generador de emergencia	300	7,11	1,875	0,5	7998,75	99,98
	Guardacalor estribor	250	5,90	1,875	0,5	5531,25	69,14
	Guardacalor babor	250	5,90	1,875	0,5	5531,25	69,14
	Escaleras	150	11,15	1,875	0,5	6271,88	78,40
	Pasillos cubierta principal	150	16,00	1,875	0,5	9000,00	112,50
Cubierta doble fondo	Cámara de máquinas	450	142,80	1,875	0,5	240975,00	3012,19
	Local de los propulsores	450	44,60	1,875	0,5	75262,50	940,78
	Pañol de popa de estribor	125	6,25	1,875	0,5	2929,69	36,62
	Pañol de popa de babor	125	6,25	1,875	0,5	2929,69	36,62
	Local de tanques de LNG	300	81,24	1,875	0,5	91395,00	1142,44
	Pañol de proa	500	32,40	1,875	0,5	60750,00	759,38
						<b>Σ</b>	<b>8538,07</b>

kW	8,54
----	------

- **Alumbrado exterior.**

Tipo	Número	Situación	Potencia (W)	Potencia total (W)
Incandescente	2	Proa de la superestructura	60	120
Incandescente	2	Estribor de la superestructura	60	120
Incandescente	2	Babor de la superestructura	60	120
Fluorescente	2	Popa de la superestructura	60	120
Fluorescente	1	Puerta de costado de babor	60	60
Fluorescente	1	Puerta de costado de estribor	60	60
Proyector	4	Exteriores	1000	4000
			$\Sigma$	4600
			kW	4,6

- **Luces de navegación**

Las luces necesarias para la navegación vienen descritas en la Parte C del Reglamento Internacional para Prevenir Abordajes (RIPA).

El servicio de luces de navegación o situación debe disponerse de manera que se asegure su suministro en cualquier estado de navegación por tratarse de un servicio vital para el buque. Deben poder alimentarse desde dos líneas diferentes: una de ellas procederá del cuadro principal y la otra del cuadro de emergencia.

La luz de fondeo debe pender a la mitad de la cadena de cada ancla y tomará la corriente mediante enchufes protegidos convenientemente y próximos a la borda.

También se dispondrán un juego de monitores que ayudarán en las tareas de navegación alumbrando el mar.

Habrá doble juego de luces de navegación a proa y popa. Serán lámparas dobles, cuyo color, distribución y características son las siguientes:

Luz	Situación	Arco (º)	Alcance (millas)	Potencia (W)	
A	Tope de proa	225	6	80	
B	Costado de estribor	112,5	6	80	
C	Costado de babor	112,5	6	80	
D	Luz de alcance	225	6	80	
E	Remolque	225	6	80	
F	Proa	360	3	50	
G	Puente	360	3	100	
H	Popa	360	3	50	
				$\Sigma$	600
				<b>kW</b>	0,6

- Alumbrado de emergencia

Estará constituido por luces incandescentes situadas en los lugares vitales del buque, que se alimentarán de la red de 24 V. En caso de caer la planta eléctrica, se podrá mantener los puntos del alumbrado de emergencia durante 18 horas como mínimo. Los espacios se deberá iluminar el alumbrado de emergencia son:

- Pasillos y escaleras
- Salidas de compartimentos estancos
- Indicadores de rutas de escape
- Cámara de Máquinas
- Puente de Gobierno
- Compartimento del generador de emergencia
- Puntos de reunión para el embarque de botes

El consumo estimado para este servicio es de 6 kW.

5.2 Equipos de navegación y comunicación.

Los equipos de navegación y comunicación han sido definidos basándose en los equipos que utilizan los buques de referencia:

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Respondedor de radar	1	1,2
NAVTEX	1	0,08
INMARSAT	1	0,8
Telefonía	1	0,8
Piloto automático	1	0,08
Radiogoniómetro	1	0,08
Radar arpa bandas	1	1,2
Radar arpa bandas	1	1,2
Giroscópica	4	0,6
Ecosonda	1	0,12
Corredora Doppler	2	0,12
GMDSS	2	2
GPS	1	0,16
DGPS	1	0,16

### 5.3 Sistemas auxiliares de la propulsión.

Los sistemas auxiliares de la propulsión se han definido en el cuaderno 10 y están formados por el servicio de combustible, lubricación, refrigeración y aire de arranque de los generadores principales.

#### - **Servicio de combustible.**

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Bomba trasiego MDO	4	1,5
Bomba de circulación MDO	4	32,77
Separadora MDO	2	0,89
Pre calentador separadora	2	18,65
Bomba de lodos	2	2
Sistema Wärtsilä LNGPac	2	15

- **Sistema de lubricación.**

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Electrobombas de trasiego de lubricación	4	1,85
Electrobombas de lubricación Stand-by	2	22,4
Separadora de aceite lubricante	2	2

- **Sistema de refrigeración y de aire de arranque.**

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Bomba refrigeración HT	2	7,45
Bomba refrigeración LT	2	5,96
Pre calentador de agua dulce	3	45
Bombas de agua salada	3	7,45
Electrocompresor de aire de arranque	3	15

5.4 Sistema de sentinas, de agua dulce y de aguas de deshechos.



Consumidores	Número	Potencia (kW)
Bomba agua dulce	2	3,68
Calentador	1	20
Planta de aguas de deshechos	1	3,4
Bombas de achique	3	3,68
Separador de sentinas	1	3

### 5.5 Equipos de remolque, carga y descarga y hélice de proa.

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Maquinilla de proa	1	90
Bombas chigre de remolque	2	191,25
Sistema de control	1	8
Hélice de proa	1	185
Grúas de cubierta	2	26

### 5.6 Ventilación y aire acondicionado.

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Electroventiladores cámara de máquinas	3	5,5
Sistema de aire acondicionado	1	14,75

### 5.7 Habilitación y taller.

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Fogones	1	6
Horno	1	7
Freidoras	1	1
Plancha	1	1
Lavaplatos	1	2,5
Frigorífico	1	7
Amasadora	1	0,5
Peladora	1	0,5
Trituradora de basura	1	1
Gambuza	1	7
Lavadoras	1	9
Torno	1	3
Taladro	1	1,5
Esmeriladora	1	0,5
Equipo de soldadura	1	4
Equipo de corte	1	4
Compresor de aire	1	2,5
Fresadora	1	1,5

### 5.8 Equipos de contra incendios y lucha contra la contaminación

Consumidores	Número	Potencia (kW)
Bombas CI propio principales	2	3,68
Bomba CI propio de emergencia	1	3,68
Sistema agua nebulizada	1	22
Control monitores CI	2	5
Proyectores CI	2	0,35
Caldera Recoil	1	100
Bomba de dispersante	1	2

## **6. Balance eléctrico**

Para determinar la potencia necesaria para abastecer a todos los consumidores del buque, se estimará la potencia que será necesaria en cada estado de carga.

Los estados de carga que se considerarán serán los siguientes:

- Navegación libre: situación en la que el consumo de energía eléctrica en la mar es el necesario para atender todos los servicios normales del buque.
- Remolque: situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan durante el remolque de otro buque.
- Anti contaminación y contra incendios: situación en la que el consumo es el correspondiente a los consumidores que funcionan durante las labores de lucha contra incendios o durante la operación anti contaminación.
- Puerto: situación en la que sólo están en funcionamiento los servicios del buque ajenos a la propulsión.
- Emergencia: situación en la que el consumo corresponde al necesario para mantener los servicios de seguridad y maniobrabilidad en condiciones de emergencia.

### **6.1 Coeficientes de cálculo.**

Para determinar en cada condición la potencia que va a consumir cada receptor se definirán los siguientes coeficientes:

$ku$  = Coeficiente de utilización.

$kn$  = Coeficiente de simultaneidad. Relación entre el número de receptores equivalentes en funcionamiento y el número de receptores equivalentes instalados.

$ks$  = Coeficiente de servicio. Número de horas estimadas de funcionamiento al día.

$kr$  = Coeficiente de régimen. Porcentaje de potencia consumida en la condición sobre la total del receptor.

$$ku = kn * ks * kr$$

La potencia consumida por cada receptor en cada condición de navegación será:

$$P_i = k_u * P_{total}$$

Se considerará un factor de potencia para todos los consumidores de 0,8.

## 6.2 Resultados del balance eléctrico.

Una vez realizado el balance eléctrico aplicando los factores correspondientes a cada receptor, se conocen las potencias demandadas en cada condición de operación:

	Potencia instalada (kW)	Navegación (kW)	Remolque (kW)	Contra incendios (kW)	Anti contaminación (kW)	Puerto (kW)	Emergencia (kW)
Servicio de combustible	210,16	20,94	20,94	20,94	20,94	20,94	0
Servicio de lubricación	58,2	0,90333333	0,90333333	0,90333333	0,90333333	0,90333333	0
Sistemas de refrigeración y aire de arranque	229,17	23,7373333	23,7373333	23,7373333	23,7373333	23,7373333	0
Sistema de sentinas, agua dulce y agua de desechos	41,12	12,032	12,032	12,032	12,032	12,032	0,736
Equipo de remolque, de carga y descarga y hélice de proa	717,5	74	305,4	84,4	84,4	156,4	0
Equipos de ventilación y aire acondicionado	31,25	14,7333333	14,7333333	14,7333333	14,7333333	14,7333333	2,93333333
Habilitación y taller	59,5	19,68	19,68	19,68	19,68	19,68	0
Navegación y comunicaciones	12,52	5,672	5,672	5,672	5,672	5,672	5,672
Equipos de contra incendios y lucha contra la contaminación	145,74	0	0	27,768	81,6	0	20,544
Alumbrado	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	19,74	6,6
<b>Potencia total (kW)</b>	<b>1524,9</b>	<b>191,438</b>	<b>422,838</b>	<b>229,606</b>	<b>283,438</b>	<b>273,838</b>	<b>36,4853333</b>
<b>Potencia aparente (kVA)</b>	<b>1906,125</b>	<b>239,2975</b>	<b>528,5475</b>	<b>287,0075</b>	<b>354,2975</b>	<b>342,2975</b>	<b>45,6066667</b>

En el Anexo se presenta el desarrollo del balance eléctrico de forma más detallada

## **7. Planta generadora**

### 7.1 Generadores principales.

Según lo propuesto por SOLAS en su parte primera, regla 41, la planta eléctrica debe estar constituida por al menos dos grupos generadores de forma que se garantiza el servicio en caso de que falle uno.

La potencia total necesaria, según el Lloyd's, se debe distribuir en un número  $n$  de generadores de igual potencial, de tal forma que  $(n-1)$  generadores puedan suministrar dicha potencia, de forma que su régimen de funcionamiento esté dentro de la zona ideal. De este modo, llamando  $S_g$  a la potencia nominal de cada generador, y  $S_{max}$  a la mayor obtenida en el balance, si todos son iguales, se debe cumplir que:

$$S_g (n-1) > S_{max}$$

Teniendo en cuenta esto, se decide disponer de un generador de reserva, el cual puede permutarse circularmente con los demás, permitiendo el reposo periódico de los mismos. Si los generadores son iguales, se reduce considerablemente el número de respetos necesarios.

De esta manera, una vez obtenidos los resultados referentes al balance eléctrico, la potencia necesaria será aquella que sea mayor entre todas las situaciones de carga eléctrica que se han estudiado, de modo que la potencia total de los generadores a instalar sea mayor que la necesaria.

En la siguiente tabla, hemos hecho un estudio para conocer las distintas cargas de trabajo en caso de utilizar 2, 3, 4 o 5 generadores. En esta tabla lo que hacemos es calcular el  $S_g$  para cada caso de número de generadores, aplicando un margen en la potencia de 20%, para compensar posibles fallos en las estimaciones en el balance eléctrico, o nuevas inclusiones de consumidores durante el servicio del remolcador.

Situación	kVA	Número de generadores y $S_G$			
		2	3	4	5
		634,26	317,13	211,42	158,56
Navegación	239,30	37,73%	75,46%	56,59%	75,46%
Remolque	528,55	83,33%	83,33%	83,33%	83,33%
Contra incendios	287,01	45,25%	90,50%	67,88%	90,50%
Anti contaminación	354,30	55,86%	55,86%	83,79%	74,48%
Puerto	342,30	53,97%	53,97%	80,95%	71,96%
Emergencia	45,61	7,19%	7,19%	7,19%	7,19%
<i>Reserva</i>	-	100%	50%	33%	25%

A partir de esto, optaremos por escoger la opción de 3 generadores principales, siendo capaces dos de ellos de proporcionar el 100% de la energía.

Con  $S_G$  de 317,13 kVA, escogeremos tres generadores iguales cuya potencia nominal supere este valor.

Hemos escogido el generador comercial de la marca Caterpillar modelo C13-400, que cuenta con una potencia nominal de 350 kVA a 1500 rpm y 50 Hz. La carga de trabajo con este generador quedará de la siguiente forma:

Con el generador Caterpillar C13-400				
Situación	kVA	Potencia unitaria (kVA)	Motores funcionando	Carga del motor
Navegación	239,30	350	1	68%
Remolque	528,55	350	2	76%
Contra incendios	287,01	350	1	82%
Anti contaminación	354,30	350	2	51%
Puerto	342,30	350	2	49%
Emergencia	45,61	350	2	7%

## 7.2 Generador de emergencia.

Se ha seleccionado a partir de la potencia necesaria en la condición de navegación de emergencia. Los equipos que funcionarán obligatoriamente en esta condición están definidos por el capítulo II-1, Parte D, Regla 43 del SOLAS:

Se proveerá una fuente autónoma de energía eléctrica de emergencia. La energía eléctrica será suficiente para alimentar todos los servicios que sean esenciales para la seguridad en caso de emergencia dando la consideración debida a los servicios que puedan tener que funcionar simultáneamente. Los períodos mínimos que la fuente de energía de emergencia los distintos equipos esenciales son:

### **3 horas**

- Alumbrado de emergencia en todos los puestos de embarco tanto en cubierta como fuera de los costados.

### **18 horas**

- Alumbrado de emergencia en:
  - Todos los pasillos, escaleras y salidas de espacios de servicio de alojamiento.
  - Espacios de máquinas y en las centrales generatrices principales.
  - Puestos de control, cámaras de mando de máquinas y cuadro de distribución principal y de emergencia.
  - Pañoles de equipos de bombero.
  - Aparato de gobierno.
  - Bomba contra incendios, bomba de rociadores.
  - Aparato de gobierno.
- Luces de navegación y demás luces prescritas en el Convenio de Abordajes.

- Instalación radioeléctrica de ondas métricas.
- Estación terrena de buque.
- Instalación radioeléctrica de ondas hectométricas/decamétricas.
- Equipo de comunicaciones interiores necesario.
- Aparatos náuticos de a bordo.
- Sistema de detección de incendios y alarma.
- Lámpara de señales diurnas, pito del buque, dispositivos de alarma contra incendio manual y señales interiores en funcionamiento intermitente.
- Una de las bombas contra incendios.

En caso de contar con fuente transitoria de energía eléctrica de emergencia, ésta será una batería de acumuladores que funcionará sin necesidad de recarga y manteniendo un tensión que como máximo difiera de la normal un 12% durante todo el periodo de descarga. Deberá ser capaz de alimentar durante media hora, dado que falle la fuente de energía principal o de emergencia, el alumbrado y los servicios esenciales descritos. En condiciones normales de funcionamiento el cuadro eléctrico de distribución de emergencia estará alimentado desde el cuadro de distribución principal por un cable alimentador de interconexión adecuadamente protegido contra sobrecargas y cortocircuitos en el cuadro principal y que se desconectará automáticamente en el cuadro de distribución de emergencia si falla la fuente de energía eléctrica principal.

Si el sistema está dispuesto para trabajar en retroalimentación, también será necesario proteger el cable alimentador en el cuadro de distribución de emergencia al menos contra cortocircuitos.



En el caso del proyecto los consumidores que funcionarán en la condición de emergencia, cumpliendo los requerimientos descritos anteriormente, serán los siguientes:

- Bombas de achique de emergencia.
- Ventilación de la cámara de máquinas.
- Equipos de radiocomunicaciones y navegación.
- Bomba contra incendios de emergencia.
- Grupo de bombeo del sistema de agua nebulizada.
- Sistema de detección de incendios.
- Alumbrado de emergencia.

En base al cálculo del consumo eléctrico en la situación de emergencia en el balance eléctrico, observamos que necesitaremos un mínimo de 33,85 kVA para poder asegurar el funcionamiento de estos equipos.

Hemos escogido el generador comercial de la marca Caterpillar modelo C4.4-55, que cuenta con una potencia nominal de 50 kVA a 1500 rpm y 50 Hz. La carga de trabajo con este generador quedará de la siguiente forma:

Con el generador de emergencia Caterpillar C4.4-55				
Situación	kVA	Potencia unitaria	Motores funcionando	Carga del motor
Emergencia	45,61	50	1	91%

Según el reglamento de SOLAS (Parte II.1, regla 43), se deben disponer el grupo generador de emergencia por encima de la cubierta continua más alta. En el caso del remolcador objeto de este proyecto, será la cubierta principal. De este modo irá situado en la banda de estribor dentro de un pañol integrado dentro del tronco de habilitación, simétrico al local del agua nebulizada. Su misión es suministrar energía eléctrica para salvamento del buque, o en caso extremo, durante su abandono.

### 7.3 Consumo de los generadores.

Teniendo en cuenta las especificaciones de los generadores, se realiza a continuación una estimación del consumo de diesel de estos generadores.



Technical Data	Prime	Standby
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with Fan	78.9 L/hr	87.4 L/hr
75% load with Fan	62.8 L/hr	70.2 L/hr
50% load with Fan	44.6 L/hr	50.4 L/hr
Oil consumption 75% load	0.035 L/hr	0.040 L/hr
<b>Cooling System</b>		
Engine coolant Capacity with Radiator / expansion Tank		45.2 L
Engine coolant Capacity		14.2 L
<b>Inlet Air</b>		
Combustion Air inlet flow rate	24.1 m <sup>3</sup> /min	25.0 m <sup>3</sup> /min
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas Temperature	516.4 °C	533.3 °C
Exhaust gas flow rate	66.3 m <sup>3</sup> /min	70.5 m <sup>3</sup> /min
Exhaust System backpressure max.		10 kPa
<b>Heat Rejection</b>		
Heat Rejection to coolant (total)	116 kW	127 kW
Heat Rejection to exhaust (total)	302 kW	326 kW
Heat Rejection to after cooler	63.3 kW	69.2 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	40.6 kW	43.7 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	19.8 kW	23.7 kW
<b>Lube System</b>		
Sump refill with Filter		36.0 L
<b>Exhaust Emission (Nominal Data); Potential Site Variation possible</b>		
NOx mg/nm <sup>3</sup>	1'297.0	1'628.7
CO mg/nm <sup>3</sup>	490.1	592.7
HC mg/nm <sup>3</sup>	7.3	4.7
Part Matter mg/nm <sup>3</sup>	38.0	33.0
<b>Generator</b>		
Motor starting capability @30% Voltage Dip		894 skVA
Rated Current	505.2 A	577.4 A
Short-Circuit Current		3 X I <sub>NOM</sub>

Teniendo en cuenta, según especificaciones, que el consumo de cada uno de los motores será al 100% de carga 78,9 litros por cada hora de uso, y considerando el uso dos generadores simultáneamente en la condición más demandante, y teniendo en cuenta que la autonomía mínima requerida en las RPA es de 272,73 horas, el consumo debido al grupo de generadores principales será de 43 m<sup>3</sup>, que se añadirán a los otros 125 m<sup>3</sup> necesarios para el consumo de los motores propulsores en los tanques de almacenamiento.

Para el generador de emergencia procedemos de la misma forma, a partir de las siguientes especificaciones:



Technical Data	Prime	Standby
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with Fan	15.7 L/hr	17.2 L/hr
75% load with Fan	11.9 L/hr	13.1 L/hr
50% load with Fan	8.1 L/hr	8.8 L/hr
Oil consumption 75% load	0.005 L/hr	0.006 L/hr
<b>Cooling System</b>		
Engine coolant Capacity with Radiator / expansion Tank	12.6 L	
Engine coolant Capacity		
<b>Inlet Air</b>		
Combustion Air inlet flow rate	4.3 m <sup>3</sup> /min	4.4 m <sup>3</sup> /min
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas Temperature	446 °C	493 °C
Exhaust gas flow rate	9.0 m <sup>3</sup> /min	10.0 m <sup>3</sup> /min
Exhaust System backpressure max.	12 kPa	
<b>Heat Rejection</b>		
Heat Rejection to coolant (total)		
Heat Rejection to exhaust (total)	38.0 kW	42.0 kW
Heat Rejection to after cooler		
Heat Rejection to Atmosphere from Engine		
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	14.2 kW	18.4 kW
<b>Lube System</b>		
Sump refill with Filter	8.0 L	
<b>Exhaust Emission Standards Stage II</b>		
CO g/kWh	5.0	
HC g/kWh	1.3	
NOx g/kWh	7.0	
Part Matter g/kWh	0.4	
<b>Generator</b>		
Motor starting capability @30%	115 skVA	
Voltage Dip		
Rated Current	72.1 A	79.4 A
Short-Circuit Current	3 x I <sub>NOM</sub>	

Teniendo en cuenta, según especificaciones, que el consumo del generador de emergencia será de 15,7 litros al 100 % de la carga por cada hora de uso, y teniendo en cuenta que la autonomía mínima requerida para la situación de emergencia es de 18 horas, el consumo debido al generador de emergencia será de 0,283 m<sup>3</sup>, que se almacenarán separados del resto de MDO, en un tanque específico para este uso en el mismo local que se ha reservado para el generador de emergencia en la cubierta principal.

**ANEXO I: Balance eléctrico.**

Categoría	Receptor	N	P unitaria (kW)	P instalada (kW)	Navegación						Remolque					
					n	Kn	Ks	Kr	Ku	Pt (kW)	n	Kn	Ks	Kr	Ku	Pt (kW)
Servicio de combustible	Bomba trasiego MDO	4	1,5	6	2	0,5	0,5	0,8	0,20	0,30	2	0,50	0,50	0,80	0,20	0,30
	Bomba de circulación MDO	4	32,77	131,08	2	0,5	0,5	0,8	0,20	6,55	2	0,50	0,50	0,80	0,20	6,55
	Separadora MDO	2	0,89	1,78	2	1	0,5	0,8	0,40	0,36	2	1,00	0,50	0,80	0,40	0,36
	Pre calentador separadora	2	18,65	37,3	1	0,5	0,5	0,8	0,20	3,73	1	0,50	0,50	0,80	0,20	3,73
	Bomba de lodos	2	2	4	1	0,5	0,5	0,8	0,20	0,40	1	0,50	0,50	0,80	0,20	0,40
	Sistema Wärtsilä LNGPac	2	15	30	2	1	0,8	0,8	0,64	9,60	2	1,00	0,80	0,80	0,64	9,60
Servicio de lubricación	Bombas de trasiego de lubricación	4	1,85	7,4	2	0,5	0,5	0,8	0,20	0,37	2	0,50	0,50	0,80	0,20	0,37
	Bombas de lubricación Stand-by	2	22,4	44,8	0	0	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Separadora de aceite lubricante	3	2	6	2	0,67	0,5	0,8	0,27	0,53	2	0,67	0,50	0,80	0,27	0,53
Sistemas de refrigeración y aire de arranque	Bomba refrigeración HT	2	7,45	14,9	1	0,5	1	0,8	0,40	2,98	1	0,50	1,00	0,80	0,40	2,98
	Bomba refrigeración LT	2	5,96	11,92	1	0,5	1	0,8	0,40	2,38	1	0,50	1,00	0,80	0,40	2,38
	Pre calentador de agua dulce	3	45	135	2	0,67	0,5	0,8	0,27	12,00	2	0,67	0,50	0,80	0,27	12,00
	Bombas de agua salada	3	7,45	22,35	2	0,67	1	0,8	0,53	3,97	2	0,67	1,00	0,80	0,53	3,97

	Electrocompresor de aire de arranque	3	15	45	2	0,67	0,3	0,8	0,16	2,40	2	0,67	0,30	0,80	0,16	2,40
Sistema de sentinas, agua dulce y agua de deshechos	Bomba agua dulce	2	3,68	7,36	1	0,50	0,5	0,8	0,20	0,74	1	0,50	0,50	0,80	0,20	0,74
	Calentador	1	20	20	1	1,00	0,5	0,8	0,40	8,00	1	1,00	0,50	0,80	0,40	8,00
	Planta de aguas de deshechos	1	3,4	3,4	1	1,00	0,5	0,8	0,40	1,36	1	1,00	0,50	0,80	0,40	1,36
	Bombas de achique	2	3,68	7,36	1	0,50	0,5	0,8	0,20	0,74	1	0,50	0,50	0,80	0,20	0,74
	Separador de sentinas	1	3	3	1	1,00	0,5	0,8	0,40	1,20	1	1,00	0,50	0,80	0,40	1,20
Equipo de remolque, de carga y descarga y hélice de proa	Maquinilla de proa	1	90	90	0	0,00	0	0	0,00	0,00	1	1,00	1,00	0,80	0,80	72,00
	Bombas chigre de remolque	2	191,25	382,5	0	0,00	0	0	0,00	0,00	2	1,00	1,00	0,80	0,80	153,00
	Sistema de control	1	8	8	0	0,00	0	0	0,00	0,00	1	1,00	1,00	0,80	0,80	6,40
	Hélice de proa	1	185	185	1	1,00	0,5	0,8	0,40	74,00	1	1,00	0,50	0,80	0,40	74,00
	Grúas de cubierta	2	26	52	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Equipos de ventilación y aire acondicionado	Electroventiladores cámara de máquinas	3	5,5	16,5	2	0,67	1	0,8	0,53	2,93	2	0,67	1,00	0,80	0,53	2,93
	Sistema de aire acondicionado	1	14,75	14,75	1	1,00	1	0,8	0,80	11,80	1	1,00	1,00	0,80	0,80	11,80
Habilitación y taller	Fogones	1	6	6	1	1,00	0,4	0,8	0,32	1,92	1	1,00	0,40	0,80	0,32	1,92
	Horno	1	7	7	1	1,00	0,4	0,8	0,32	2,24	1	1,00	0,40	0,80	0,32	2,24
	Freidoras	1	1	1	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,32	1	1,00	0,40	0,80	0,32	0,32
	Plancha	1	1	1	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,32	1	1,00	0,40	0,80	0,32	0,32
	Lavaplatos	1	2,5	2,5	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,80	1	1,00	0,40	0,80	0,32	0,80
	Frigorífico	1	7	7	1	1,00	0,4	0,8	0,32	2,24	1	1,00	0,40	0,80	0,32	2,24

	Amasadora	1	0,5	0,5	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,16	1	1,00	0,40	0,80	0,32	0,16	
	Peladora	1	0,5	0,5	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,16	1	1,00	0,40	0,80	0,32	0,16	
	Trituradora de basura	1	1	1	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,32	1	1,00	0,40	0,80	0,32	0,32	
	Gambuza	1	7	7	1	1,00	1	0,8	0,80	5,60	1	1,00	1,00	0,80	0,80	5,60	
	Lavadoras	1	9	9	1	1,00	0,4	0,8	0,32	2,88	1	1,00	0,40	0,80	0,32	2,88	
	Torno	1	3	3	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,48	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,48	
	Taladro	1	1,5	1,5	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,24	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,24	
	Esmeriladora	1	0,5	0,5	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,08	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,08	
	Equipo de soldadura	1	4	4	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,64	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,64	
	Equipo de corte	1	4	4	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,64	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,64	
	Compresor de aire	1	2,5	2,5	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,40	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,40	
	Fresadora	1	1,5	1,5	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,24	1	1,00	0,20	0,80	0,16	0,24	
	Navegación y comunicaciones	Respondedor de radar	1	1,2	1,2	1	1,00	1	0,8	0,80	0,96	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,96
		NAVTEX	1	0,08	0,08	1	1,00	1	0,8	0,80	0,06	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,06
INMARSAT		1	0,8	0,8	1	1,00	1	0,8	0,80	0,64	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,64	
Telefonía		1	0,8	0,8	1	1,00	1	0,8	0,80	0,64	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,64	
Piloto automático		1	0,08	0,08	1	1,00	1	0,8	0,80	0,06	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,06	
Radiogoniómetro		1	0,08	0,08	1	1,00	1	0,8	0,80	0,06	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,06	
Radar arpa banda s		1	1,2	1,2	1	1,00	1	0,8	0,80	0,96	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,96	
Radar arpa banda x		1	1,2	1,2	1	1,00	1	0,8	0,80	0,96	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,96	
Giroscópica		4	0,6	2,4	1	0,25	1	0,8	0,20	0,12	1	0,25	1,00	0,80	0,20	0,12	
Ecosonda		1	0,12	0,12	1	1,00	1	0,8	0,80	0,10	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,10	
Corredera Doppler		2	0,12	0,24	1	0,50	1	0,8	0,40	0,05	1	0,50	1,00	0,80	0,40	0,05	
GMDSS		2	2	4	1	0,50	1	0,8	0,40	0,80	1	0,50	1,00	0,80	0,40	0,80	
GPS		1	0,16	0,16	1	1,00	1	0,8	0,80	0,13	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,13	
DGPS	1	0,16	0,16	1	1,00	1	0,8	0,80	0,13	1	1,00	1,00	0,80	0,80	0,13		

Equipos de contra incendios y lucha contra la contaminación	Bombas CI propio principales	2	3,68	7,36	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Bomba CI propio de emergencia	1	3,68	3,68	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Sistema agua nebulizada	1	22	22	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Control monitores CI	2	5	10	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Proyectores CI	2	0,35	0,7	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Caldera Recoil	1	100	100	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	Bomba de dispersante	1	2	2	0	0,00	0	0	0,00	0,00	0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Alumbrado	Iluminación interior	1	8,54	8,54	1	1,00	1	1	1,00	8,54	1	1,00	1,00	1,00	1,00	8,54
	Iluminación exterior	1	4,6	4,6	1	1,00	1	1	1,00	4,60	1	1,00	1,00	1,00	1,00	4,60
	Luces de navegación	1	0,6	0,6	1	1,00	1	1	1,00	0,60	1	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60
	Alumbrado de emergencia	1	6	6	1	1,00	1	1	1,00	6,00	1	1,00	1,00	1,00	1,00	6,00



Categoría	Receptor	Contra incendios						Anti contaminación						Puerto						Emergencia					
		n	Kn	Ks	Kr	Ku	Pt (kW)	n	Kn	Ks	Kr	Ku	Pt (kW)	n	Kn	Ks	Kr	Ku	Pt (kW)	n	Kn	Ks	Kr	Ku	Pt (kW)
Servicio de combustible	Bomba trasiego MDO	2	0,50	0,5	0,8	0,20	0,30	2	0,5	0,5	0,8	0,2	0,30	2	0,5	0,5	0,8	0,2	0,30	0	0	0	0	0	0
	Bomba de circulación MDO	2	0,50	0,5	0,8	0,20	6,55	2	0,5	0,5	0,8	0,2	6,55	2	0,5	0,5	0,8	0,2	6,55	0	0	0	0	0	0
	Separadora MDO	2	1,00	0,5	0,8	0,40	0,36	2	1	0,5	0,8	0,4	0,36	2	1,0	0,5	0,8	0,4	0,36	0	0	0	0	0	0
	Pre calentador separadora	1	0,50	0,5	0,8	0,20	3,73	1	0,5	0,5	0,8	0,2	3,73	1	0,5	0,5	0,8	0,2	3,73	0	0	0	0	0	0
	Bomba de lodos	1	0,50	0,5	0,8	0,20	0,40	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,40	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,40	0	0	0	0	0	0
	Sistema Wärtsilä LNGPac	2	1,00	0,8	0,8	0,64	9,60	2	1,0	0,8	0,8	0,64	9,60	2	1,0	0,8	0,8	0,64	9,60	0	0	0	0	0	0
Servicio de lubricación	Bombas de trasiego de lubricación	2	0,50	0,5	0,8	0,20	0,37	2	0,5	0,5	0,8	0,2	0,37	2	0,5	0,5	0,8	0,2	0,37	0	0	0	0	0	0
	Bombas de lubricación Stand-by	0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0

	Separadora de aceite lubricante	2	0,67	0,5	0,8	0,27	0,53	2	0,67	0,5	0,8	0,27	0,53	2	0,67	0,5	0,8	0,27	0,53	0	0	0	0	0	0
Sistemas de refrigeración y aire de arranque	Bomba refrigeración HT	1	0,50	1,0	0,8	0,40	2,98	1	0,5	1,0	0,8	0,4	2,98	1	0,5	1,0	0,8	0,4	2,98	0	0	0	0	0	0
	Bomba refrigeración LT	1	0,50	1,0	0,8	0,40	2,38	1	0,5	1,0	0,8	0,4	2,38	1	0,5	1,0	0,8	0,4	2,38	0	0	0	0	0	0
	Pre calentador de agua dulce	2	0,67	0,5	0,8	0,27	12,00	2	0,67	0,5	0,8	0,27	12,00	2	0,67	0,5	0,8	0,27	12,00	0	0	0	0	0	0
	Bombas de agua salada	2	0,67	1,0	0,8	0,53	3,97	2	0,67	1,0	0,8	0,53	3,97	2	0,67	1,0	0,8	0,53	3,97	0	0	0	0	0	0
	Electrocompresor de aire de arranque	2	0,67	0,3	0,8	0,16	2,40	2	0,67	0,3	0,8	0,16	2,40	2	0,67	0,3	0,8	0,16	2,40	0	0	0	0	0	0
Sistema de sentinas, agua dulce y agua de deshechos	Bomba agua dulce	1	0,50	0,5	0,8	0,20	0,74	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,74	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,74	0	0	0	0	0	0
	Calentador	1	1,00	0,5	0,8	0,40	8,00	1	1,0	0,5	0,8	0,4	8,00	1	1,0	0,5	0,8	0,4	8,00	0	0	0	0	0	0
	Planta de aguas de deshechos	1	1,00	0,5	0,8	0,40	1,36	1	1,0	0,5	0,8	0,4	1,36	1	1,0	0,5	0,8	0,4	1,36	0	0	0	0	0	0
	Bombas de achique	1	0,50	0,5	0,8	0,20	0,74	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,74	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,74	1	0,5	0,5	0,8	0,2	0,74

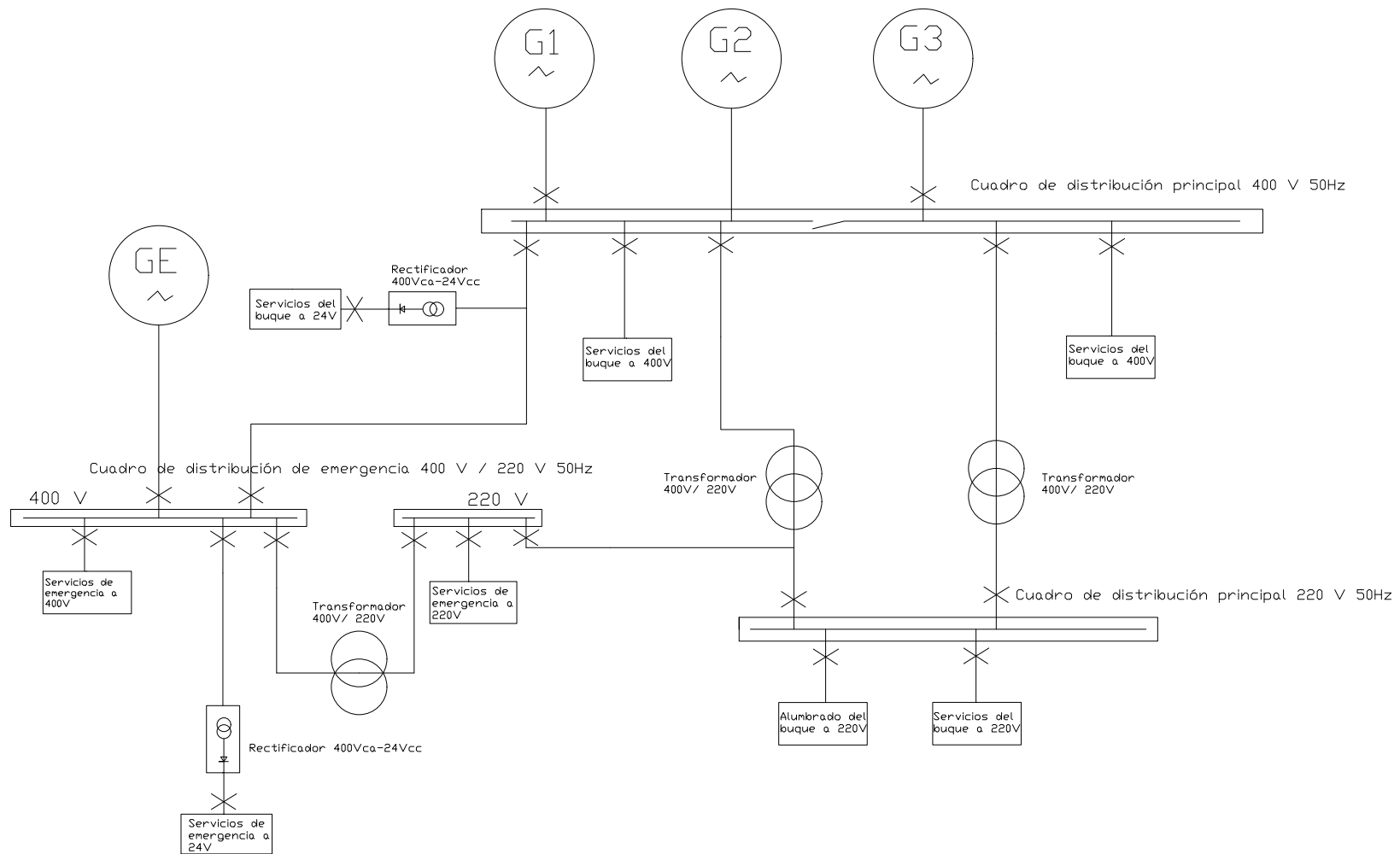
	Separador de sentinas	1	1,00	0,5	0,8	0,40	1,20	1	1,0	0,5	0,8	0,4	1,20	1	1,0	0,5	0,8	0,4	1,20	0	0	0	0	0	0
Equipo de remolque, de carga y descarga y hélice de proa	Maquinilla de proa	0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	1	1,0	1,0	0,8	0,8	72,00	0	0	0	0	0	0
	Bombas chigre de remolque	0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0
	Sistema de control	0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,	0,00	0	0	0	0	0	0
	Hélice de proa	1	1,00	0,5	0,8	0,40	74,00	1	1,0	0,5	0,8	0,4	74,00	1	1,0	0,5	0,8	0,4	74,00	0	0	0	0	0	0
	Grúas de cubierta	2	1,00	0,5	0,8	0,40	10,40	2	1,0	0,5	0,8	0,4	10,40	2	1,0	0,5	0,8	0,4	10,40	0	0	0	0	0	0
Equipos de ventilación y aire acondicionado	Electroventiladores cámara de máquinas	2	0,67	1,0	0,8	0,53	2,93	2	0,67	1,0	0,8	0,53	2,93	2	0,67	1,0	0,8	0,53	2,93	2	0,67	1	0,8	0,53	2,93
	Sistema de aire acondicionado	1	1,00	1,0	0,8	0,80	11,80	1	1,0	1,0	0,8	0,8	11,80	1	1,0	1,0	0,8	0,8	11,80	0	0	0	0	0	0
Habilitación y taller	Fogones	1	1,00	0,4	0,8	0,32	1,92	1	1,0	0,4	0,8	0,32	1,92	1	1,0	0,4	0,8	0,32	1,92	0	0	0	0	0	0
	Horno	1	1,00	0,4	0,8	0,32	2,24	1	1,0	0,4	0,8	0,32	2,24	1	1,0	0,4	0,8	0,32	2,24	0	0	0	0	0	0
	Freidoras	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,32	1	1,0	0,4	0,8	0,32	0,32	1	1,0	0,4	0,8	0,32	0,32	0	0	0	0	0	0
	Plancha	1	1,00	0,4	0,	0,32	0,32	1	1,0	0,4	0,	0,32	0,32	1	1,0	0,4	0,8	0,32	0,32	0	0	0	0	0	0

	Lavaplatos	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,80	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,80	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,80	0	0	0	0	0	0
	Frigorífico	1	1,00	0,4	0,8	0,32	2,24	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	2,24	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	2,24	0	0	0	0	0	0
	Amasadora	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,16	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,16	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,16	0	0	0	0	0	0
	Peladora	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,16	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,16	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,16	0	0	0	0	0	0
	Trituradora de basura	1	1,00	0,4	0,8	0,32	0,32	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,32	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	0,32	0	0	0	0	0	0
	Gambuza	1	1,00	1,0	0,8	0,80	5,60	1	1,0	1,0	0,8	0,8	5,60	1	1,0	1,0	0,8	0,8 0	5,60	0	0	0	0	0	0
	Lavadoras	1	1,00	0,4	0,8	0,32	2,88	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	2,88	1	1,0	0,4	0,8	0,3 2	2,88	0	0	0	0	0	0
	Torno	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,48	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,48	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,48	0	0	0	0	0	0
	Taladro	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,24	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,24	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,24	0	0	0	0	0	0
	Esmeriladora	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,08	1	1,0	0,2	0,	0,1 6	0,08	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,08	0	0	0	0	0	0
	Equipo de soldadura	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,64	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,64	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,64	0	0	0	0	0	0
	Equipo de corte	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,64	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,64	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,64	0	0	0	0	0	0
	Compresor de aire	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,40	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,40	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,40	0	0	0	0	0	0
Fresadora	1	1,00	0,2	0,8	0,16	0,24	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,24	1	1,0	0,2	0,8	0,1 6	0,24	0	0	0	0	0	0	
Navegación y comunicaci	Respondedor de radar	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,96	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,96	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,96	1	1,00	1	0,8	0,8	0,96
	NAVTEX	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,06	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,06	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,06	1	1,00	1	0,8	0,8	0,064

ones				0	0				0	0	0	0			0	0	0	0							
	INMARSAT	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,64	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,64	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,64	1	1,00	1	0,8	0,8	0,64
	Telefonía	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,64	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,64	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,64	1	1,00	1	0,8	0,8	0,64
	Piloto automático	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,06	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,06	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,06	1	1,00	1	0,8	0,8	0,064
	Radiogoniómetro	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,06	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,06	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,06	1	1,00	1	0,8	0,8	0,064
	Radar arpa banda s	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,96	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,96	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,96	1	1,00	1	0,8	0,8	0,96
	Radar arpa banda x	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,96	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,96	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,96	1	1,00	1	0,8	0,8	0,96
	Giroscópica	1	0,25	1,0	0,8	0,20	0,12	1	0,25	1,0	0,8	0,2	0,12	1	0,25	1,0	0,8	0,2	0,12	1	0,25	1	0,8	0,2	0,12
	Ecosonda	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,10	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,10	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,10	1	1,00	1	0,8	0,8	0,096
	Corredora Doppler	1	0,50	1,0	0,8	0,40	0,05	1	0,5	1,0	0,8	0,4	0,05	1	0,5	1,0	0,8	0,4	0,05	1	0,50	1	0,8	0,4	0,048
	GMDSS	1	0,50	1,0	0,8	0,40	0,80	1	0,5	1,0	0,8	0,4	0,80	1	0,5	1,0	0,8	0,4	0,80	1	0,50	1	0,8	0,4	0,8
	GPS	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,13	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,13	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,13	1	1,00	1	0,8	0,8	0,128
	DGPS	1	1,00	1,0	0,8	0,80	0,13	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,13	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,13	1	1,00	1	0,8	0,8	0,128
Equipos de contra incendios y lucha contra la contaminación	Bombas CI propio principales	2	1	1,0	0,8	0,8	2,94	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0	
	Bomba CI propio de emergencia	1	1	1,0	0,8	0,8	2,94	0	0,0	0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,00	1	1	1	0,8	0,8	2,944	
	Sistema agua nebulizada	1	1	1,0	0,8	0,8	17,6	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,00	1	1	1	0,8	0,8	17,6	

	Control monitores CI	2	1	1,0	0,8	0,8	4	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0
	Proyectores CI	2	1	1,0	0,8	0,8	0,28	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0
	Caldera Recoil	0	0,00	0	0,0	0,00	0,00	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,00	0	0,0	0	0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0
	Bomba de dispersante	0	0,00	0,0	0,0	0,00	0,00	1	1,0	1,0	0,8	0,8	0,00	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,00	0	0	0	0	0	0
Alumbrado	Iluminación interior	1	1,00	1,0	1,0	1,00	8,54	1	1,0	1,0	1,0	1,0	8,54	1	1,0	1,0	1,0	1,0	8,54	0	0	0	0	0	0
	Iluminación exterior	1	1,00	1,0	1,0	1,00	4,60	1	1,0	1,0	1,0	1,0	4,60	1	1,0	1,0	1,0	1,0	4,60	0	0	0	0	0	0
	Luces de navegación	1	1,00	1,0	1,0	1,00	0,60	1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,60	1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,60	1	1	1	1	1	0,6
	Alumbrado de emergencia	1	1,00	1,0	1,0	1,00	6,00	1	1,0	1,0	1,0	1,0	6,00	1	1,0	1,0	1,0	1,0	6,00	1	1	1	1	1	6

**ANEXO II: Diagrama unifilar.**





### **ANEXO III: Características de los generadores**

# Technical data Diesel Generator Set

# CAT C13-400

Output Ratings with Radiator	DIN/ISO 3046	
Combustion Strategy	Low Emission, 50 °C ACT	
Generating set Model	<b>Prime</b>	<b>Standby</b>
400V, 50Hz, power factor 0.8	350 kVA	400 kVA
	280 kW	320 kW
Feature Code	C13DE02	
Performance No.	EM0963	EM0964

Diesel Engine	
Brand	Caterpillar
Type	C13 ATAAC
No. of Cylinders / Alignment	6 / I
Cycle	4-Stroke
Cooling Method	Water-cooled
Fuel	Diesel
Speed	1'500 rpm
Bore	130.00 mm
Stroke	157.00 mm
Displacement	12.50 L
Compression Ratio	16.3:1
Aspiration	Air-toAir Aftercooled
Fuel System	Electronic unit injection
Base Tank Capacity	"Optional" 888 L
Jacket Water heaters	220 V / 9 kW
Starting Motor	24 V / 7 kW
Battery Type	115-2421
Quantity	2
Capacity per Battery / total	90 Ah - 12 V / 90 Ah - 24 V

Generator	
Brand	Caterpillar
Type / Frame	LC / LC6134B
Excitation	Permanent Magnet or AREP
Pitch	0.6667
Number of Poles	4
Number of Bearings	1
Number of Leads	12
Insulation	Class H
IP Rating	IP23
Nominal Speed	1'500 rpm
Over Speed capability	150 %
Wave form Deviation (Line to Line)	2 %
Voltage Regulator	3 Phase sensing with selectable volts/Hz
Voltage regulation	Less than ± ½% (steady state) Less than ± ½% (no load to full load)
Telephone Influence Factor (TIF)	Less than 50
Total Harmonic Distortion (THD)	Less than 5%
CBK 3pol manual, fixed mount rear	800 A / 50 kA
Typical Cabeling; TN-C (Prime)	2 x 4 x 95 mm <sup>2</sup> + 1 x 1 x 95 mm <sup>2</sup>
Typical Cabeling; TN-C (Standby)	1 x 4 x 240 mm <sup>2</sup> + 1 x 1 x 120 mm <sup>2</sup>

Engine:	Length x Width x Height	1'295 x 1'186 x 1'053 mm
	Weight	1'692 kg
Generator:	Length x Width x Height	1'174 x 710 x 1'055 mm
	Weight	996 kg
Radiator:	Length x Width x Height	1'110 x 822 x 1'697 mm
	Dry Weight	150 kg
Complete:	Length x Width x Height	3'800 x 1'110 x 2'156 mm
	Weight	3'273 kg



Illustration

Technical Data	Prime	Standby
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with Fan	78.9 L/hr	87.4 L/hr
75% load with Fan	62.8 L/hr	70.2 L/hr
50% load with Fan	44.6 L/hr	50.4 L/hr
Oil consumption 75% load	0.035 L/hr	0.040 L/hr
<b>Cooling System</b>		
Engine coolant Capacity with Radiator / expansion Tank	45.2 L	
Engine coolant Capacity	14.2 L	
<b>Inlet Air</b>		
Combustion Air inlet flow rate	24.1 m <sup>3</sup> /min	25.0 m <sup>3</sup> /min
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas Temperature	516.4 °C	533.3 °C
Exhaust gas flow rate	66.3 m <sup>3</sup> /min	70.5 m <sup>3</sup> /min
Exhaust System backpressure max.	10 kPa	
<b>Heat Rejection</b>		
Heat Rejection to coolant (total)	116 kW	127 kW
Heat Rejection to exhaust (total)	302 kW	326 kW
Heat Rejection to after cooler	63.3 kW	69.2 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	40.6 kW	43.7 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Generator	19.8 kW	23.7 kW
<b>Lube System</b>		
Sump refill with Filter	36.0 L	
<b>Exhaust Emission (Nominal Data); Potential Site Variation possible</b>		
NOx mg/nm <sup>3</sup>	1'297.0	1'628.7
CO mg/nm <sup>3</sup>	490.1	592.7
HC mg/nm <sup>3</sup>	7.3	4.7
Part Matter mg/nm <sup>3</sup>	38.0	33.0
<b>Generator</b>		
Motor starting capability @30%	894 skVA	
Voltage Dip		
Rated Current	505.2 A	577.4 A
Short-Circuit Current	3 x I <sub>NOM</sub>	

Radiator	
Radiator Type	AS13.3CTS
Design Temperature	58 °C
Radiator coolant Capacity	25.0 L
Air Flow @ 120 Pa	396 m <sup>3</sup> /min
Air Flow @ 180 Pa	348 m <sup>3</sup> /min

Sound pressure Level LPA @ 75% Last @ 7m										
dB	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Overall dBA
		Mechanical [Stby]	89	81	85	85	87	86	81	
Exhaust [Stby]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mechanical [Prim]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Exhaust [Prim]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.

## Technical data Diesel Generator Set

## CAT C4.4-55 (DE55E2)

Output Ratings with Radiator	DIN/ISO 3046	
Combustion Strategy	Emission EU stage II	
Generating set Model	<b>Prime</b>	<b>Standby</b>
400V, 50Hz, power factor 0.8	50 kVA	55 kVA
	40 kW	44 kW
Feature Code	C04DE20	
Performance No.	P3350A	

Diesel Engine	
Brand	Caterpillar
Type	C4.4 DI TA AA
No. of Cylinders / Alignment	4 / I
Cycle	4-Stroke
Cooling Method	Water-cooled
Fuel	Diesel
Speed	1'500 rpm
Bore	105.00 mm
Stroke	127.00 mm
Displacement	4.40 L
Compression Ratio	18.2:1
Aspiration	Air-toAir Aftercooled
Fuel System	Electronic unit injection
Base Tank Capacity	219 L
Jacket Water heaters	220 V / 9 kW
Starting Motor	12 V / 7 kW
Battery Type	115-2421
Quantity	1
Capacity per Battery / total	90 Ah - 12 V / 90 Ah - 12 V

Generator	
Brand	Caterpillar
Type / Frame	LC / LC1514N
Excitation	Permanent Magnet or AREP
Pitch	0.6667
Number of Poles	4
Number of Bearings	1
Number of Leads	12
Insulation	Class H
IP Rating	IP23
Nominal Speed	1'500 rpm
Over Speed capability	150 %
Wave form Deviation (Line to Line)	2 %
Voltage Regulator	3 Phase sensing with selectable volts/Hz
Voltage regulation	Less than $\pm 1/2\%$ (steady state) Less than $\pm 1\%$ (no load to full load)
Telephone Influence Factor (TIF)	Less than 50
Total Harmonic Distortion (THD)	Less than 5%
CBK 3pol manual, fixed mount rear	160 A / 50 kA
Typical Cabeling; TN-C (Prime)	x x mm <sup>2</sup> + x x mm <sup>2</sup>
Typical Cabeling; TN-C (Standby)	x x mm <sup>2</sup> + x x mm <sup>2</sup>

Engine:	Length x Width x Height	631 x 626 x 958 mm
	Weight	401 kg
Generator:	Length x Width x Height	699 x 435 x 549 mm
	Weight	kg
Radiator:	Length x Width x Height	591 x 375 x 763 mm
	Dry Weight	kg
Complete:	Length x Width x Height	1'925 x 1'120 x 1'269 mm
	Weight	916 kg



Technical Data	Prime	Standby
<b>Fuel Consumption</b>		
100% load with Fan	15.7 L/hr	17.2 L/hr
75% load with Fan	11.9 L/hr	13.1 L/hr
50% load with Fan	8.1 L/hr	8.8 L/hr
Oil consumption 75% load	0.005 L/hr	0.006 L/hr
<b>Cooling System</b>		
Engine coolant Capacity with Radiator / expansion Tank	12.6 L	
Engine coolant Capacity		
<b>Inlet Air</b>		
Combustion Air inlet flow rate	4.3 m <sup>3</sup> /min	4.4 m <sup>3</sup> /min
<b>Exhaust System</b>		
Exhaust stack gas Temperature	446 °C	493 °C
Exhaust gas flow rate	9.0 m <sup>3</sup> /min	10.0 m <sup>3</sup> /min
Exhaust System backpressure max.	12 kPa	
<b>Heat Rejection</b>		
Heat Rejection to coolant (total)	38.0 kW	42.0 kW
Heat Rejection to exhaust (total)		
Heat Rejection to after cooler		
Heat Rejection to Atmosphere from Engine	14.2 kW	18.4 kW
Heat Rejection to Atmosphere from Generator		
<b>Lube System</b>		
Sump refill with Filter	8.0 L	
<b>Exhaust Emission Standards Stage II</b>		
CO g/kWh	5.0	
HC g/kWh	1.3	
NOx g/kWh	7.0	
Part Matter g/kWh	0.4	
<b>Generator</b>		
Motor starting capability @30%	115 skVA	
Voltage Dip		
Rated Current	72.1 A	79.4 A
Short-Circuit Current	3 x I <sub>NOM</sub>	

Radiator	
Radiator Type	
Design Temperature	°C
Radiator coolant Capacity	L
Air Flow @ 120 Pa	m <sup>3</sup> /min
Air Flow @ 180 Pa	m <sup>3</sup> /min

Sound pressure Level LPA @ 75% Last @ 7m										
dB	Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Overall dBA
		Mechanical [Stby]	78	77	77	79	79	73	66	
Exhaust [Stby]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Mechanical [Prim]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.
Exhaust [Prim]	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.