



ESCOLA POLITÉCNICA SUPERIOR DE FERROL
GRADO EN INGENIERÍA NAVAL EN PROPULSIÓN Y
SERVICIOS

PROYECTO FIN DE GRADO

CUADERNO 11 “Definición de la planta eléctrica”

PROY. Nº: 15106P

TÍTULO: **BUQUE TANQUE VOLGA-DON MAX DE PRODUCTOS
PETROLÍFEROS Y QUIMIQUERO TIPO II**

AUTOR: **ÁLVARO LARRAÑAGA DOPICO**
TUTOR: **RÁUL VILLA CARO**

FECHA: **DICIEMBRE 2015**

Fdo.: **Álvaro Larrañaga Dopico**

Fdo.: **Rául Villa Caro**

ÍNDICE

11.1 RPA	3
11.2 INTRODUCCIÓN	4
11.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN	4
11.4 CONSUMIDORES	5
11.4.1 SERVO DEL TIMÓN	5
11.4.2 ILUMINACIÓN	5
11.5 BALANCE ELÉCTRICO	8
11.5.1 SITUACIONES DE CARGA ELÉCTRICA	8
11.5.2 BALANCE ELÉCTRICO	12
11.5.3 RESUMEN DEL BALANCE ELÉCTRICO	15
11.6 PLANTA GENERADORA	15
11.6.1 GENERADORES ELÉCTRICOS	15
11.6.2 GRUPO DE EMERGENCIA	24
11.6.3 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO	28
BIBLIOGRAFÍA	29



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA NAVAL Y OCEÁNICA

TRABAJO FIN DE GRADO

CURSO 2.014-2015

PROYECTO NÚMERO 15 106P

TIPO DE BUQUE: BUQUE TANQUE VOLGA –DON MAX DE Y PRODUCTOS PETROLIFEROS Y QUIMQUERO TIPO 2

CLASIFICACIÓN, COTA Y REGLAMENTOS DE APLICACIÓN : RMR. SOLAS. MARPOL. VOLGA&DON RIVER RULES AND MEDITERRANEAN TRADES

CARACTERÍSTICAS DE LA CARGA: Productos de petróleo y productos químicos 32.000 BLS . Tanque LPG 250 m3 en cubierta

VELOCIDAD Y AUTONOMÍA: 11,5 nudos en condiciones de servicio. 90 % MCR+ 15% de margen de mar. 4.500 millas a la velocidad de servicio.

SISTEMAS Y EQUIPOS DE CARGA / DESCARGA: Bombas de carga y descarga de pozo profundo en cada tanque. Calefacción en tanques de carga.

PROPULSIÓN: De acuerdo con proyecto

TRIPULACIÓN Y PASAJE: 15 Personas en camarotes individuales.

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

Ferrol, 27 DE JUNIO DE 2.015

ALUMNO: D. ALVARO LARAÑAGA DOPICO

11.2 INTRODUCCIÓN

En este cuaderno calcularemos las necesidades de la planta eléctrica del buque, realizando un balance de todos los consumidores y sus condiciones de funcionamiento, tanto navegando, como en puerto y en condiciones de emergencia.

L	139,37 m
Lpp	Información del cuaderno 7
B	16,60 m
D	6,00 m
T	3,60 m / 4,5 m
DESPLAZAMIENTO	6863,7239 / 8579,6548 Tons
CB	0,8040
CM	0,9952
Cp	0,8079
CWP	0,8693
Fn	0,1530
V	11,50 knots

11.3 DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN

En un buque existen cuatro redes eléctricas de diferentes tensiones y frecuencias dependiendo de sus aplicaciones:

- Sistema de fuerza: principalmente motores eléctricos
- Sistemas de habilitación y alumbrado
- Sistemas de comunicaciones interiores
- Equipo de navegación y radio

Los sistemas de comunicaciones interiores funcionan con corriente continua de 24 V. El resto de sistemas van con corriente alterna, trifásica los sistemas de fuerza y monofásica los otros dos.

Aunque cabe resaltar que un aumento en la tensión de servicio conlleva un ahorro en el coste de los equipos debido a su menor peso, este valor viene limitado por las sociedades de clasificación tendiendo a la seguridad de la tripulación y pasajeros y del propio barco. Conviene que el tipo de corriente instalada sea igual a la terrestre para ahorrarse en transformadores adicionales al conectarse a tomas de tierra, o al instalar a bordo cualquier equipo terrestre. Las distribuciones (trifásica) que se han universalizado por su uso son los conocidos pares normalizados de 380 V / 50 Hz en Europa y 440 V / 60 Hz en América. Se elige el sistema Europeo por que el barco se explotará en Europa.

11.4 CONSUMIDORES

En este apartado se pretende determinar la potencia eléctrica de todos los equipos a tener en cuenta en el balance eléctrico.

La mayoría de ellos ya fueron calculados en el cuaderno 10 y 12 (que se han realizado previo a este). Por tanto, a continuación se calcula la potencia de aquellos equipos que no fueron calculados con anterioridad pero se considera que sus consumos pueden ser relevantes a la hora de realizar el balance eléctrico.

11.4.1 SERVO DEL TIMÓN

Para calcular la potencia del servo se tendrá en cuenta la siguiente exigencia:

El timón ha de poder girar de -30° a $+35^\circ$ en un tiempo máximo de 28 segundos (Regla 29, ap. 3.2 SOLAS). Si además se considera que el rendimiento del sistema es de 0,8.

Con lo cual la potencia será:

$$Pot = \frac{T \cdot \omega}{\eta}$$

Dónde:

T = 93,8997 kN. M

ω = 0,04 rad/s

Por tanto:

$$Pot = \frac{93,8997 \cdot 0,04}{0,8} = 4,70 \text{ kW}$$

Como tenemos dos timones = $4,70 \cdot 2 = \mathbf{9,40 \text{ kW}}$

Entonces se instalarán dos bombas de 10 kW cada una (una de reserva).

11.4.2 ILUMINACIÓN

El cálculo de iluminación se hará basándose en la superficie de los locales o zonas a iluminar. La potencia eléctrica necesaria a iluminar dichas zonas se calcula de la siguiente manera, según el libro "Electricidad aplicada al buque" de D. Manuel baquerizo, empleado la siguiente expresión:

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

Dónde:

L = Flujo luminoso en lúmenes (lm)

E = iluminancias en luxes (lx)

S = Superficie a iluminar (m^2)

F_d = Factor de suciedad (entre 1,25 y 2,5)

F_u = Factor de utilización, estimado como 0,5 para alumbrado directo.

A continuación se muestra una tabla con las iluminaciones aconsejadas:

LOCALES	ILUMINANCIAS (lx)
Camarotes de pasajeros y oficiales	200-250
camarotes de tripulación	150-200
Camarotes de lujo	250-300
Pasillos del pasaje	100-150
Pasillos de la tripulación	100-150
Locales de reunión	100-150
Pasaje	200-400
Tripulación	120-400
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
Tuneles y compartimentos menores de 200 m ³	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

Los cálculos realizados se han resumido en la siguiente tabla de iluminaciones:

luces interiores						
LOCAL	S (m2)	E (lx)	Fd	Fu	L (lm)	
puente de mando	151,35	125	1,25	0,5	47296,875	
Camarotes	12,47	175	1,25	0,5	5455,625	
Pasillos	82,18	100	1,25	0,5	20545	
Comedores y oficios	25,46	150	1,4	0,5	10693,2	
Cocina	17,44	250	2	0,5	17440	
Gambuzas	14,5	100	1,5	0,5	4350	
Guardacalor	19,11	100	1,5	0,5	5733	
Local del servo	72,36	100	2	0,5	28944	
CC.MM	218	375	1,5	0,5	245250	
Pañoles	28,56	100	2	0,5	11424	
Lavandería	14,56	300	2	0,5	17472	
Otras salas	75,6	250	2	0,5	75600	
TOTAL					490203,7	
					6536,04933	Watts
					6,53604933	kW

Luces exteriores		
LUCES	Num	Potencia (W)
Luces blancas	4	60
laterales (rojas y verdes)	4	60
Blancas de popa	2	40
Luces de fondeo	4	40
Luces NUC	4	40
Lámpara morse	1	80
Bote caída por popa	1	4
TOTAL		964 W

Proyectores		
SITUACIÓN	ZONA A ILUMINAR	POTENCIA (kW)
Proa	Maniobra de amarre y carga	2*0,5
Chimenea y grúas	Cubierta de carga	6*0,5
Popa	Maniobra de amarre y carga	2*0,1
Real, a cada banda	Accesos al buque	2*0,1
En las bandas	Maniobra de botes y balsas	4*0,1
TOTAL		4,8 Kw

En total de iluminación tenemos **12,3 kW** de potencia.

11.5 BALANCE ELÉCTRICO

11.5.1 SITUACIONES DE CARGA ELÉCTRICA

En este tipo de buques se pueden considerar cuatro situaciones de carga eléctrica diferentes:

- Navegación normal

Se trata de la condición en la que el buque se encuentra navegando a la velocidad de servicio, en mitad de una travesía. En esta situación el motor principal trabaja a un régimen del 90% de la potencia nominal. Los sistemas de carga y descarga, y los de maniobras de puerto no trabajan.

- Maniobras

Se trata de la condición de aproximación al muelle. El motor no trabaja a su máxima potencia, pero sí que tiene demandas puntuales de alta potencia. El propulsor de proa trabaja a muy alto rendimiento y los chigres para el manejo de las amarras también.

- Carga y Descarga

Es la situación en la que el buque se encuentra amarrado, con el motor principal apagado, por lo que toda la energía eléctrica proviene de los motores auxiliares. Las bombas de carga y descarga y las grúas suponen la principal demanda. A bordo sigue habiendo tripulación, por lo que los sistemas de fonda y hotel siguen funcionando.

- Emergencia

Las capacidades de la instalación eléctrica de emergencia las determina el SOLAS y se citan a continuación:

1.1 *A self-contained emergency source of electrical power shall be provided.*

1.2 *The emergency source of electrical power, associated transforming equipment, if any, the transitional source of emergency power, emergency switchboard and emergency lighting switchboard shall be located above the uppermost continuous deck and shall be readily accesible from the open deck. They shall not be located forward of the collision bulkhead, except where permitted by the administration in exceptional circumstances.*

1.3 *The location of the emergency source of electrical power, associated*

transforming equipment, if any, the transitional source of emergency power, the emergency switchboard and the emergency lighting switchboard in relation to the main source of electrical power, associated transforming equipment, if any, and the main switchboard shall be such as to ensure to the satisfaction of the administration that a fire or other casualty in the space containing the main source of electrical power, associated transforming equipment, if any, and the main switchboard, or in any machinery space of category A will not interfere with the supply, control and distribution of emergency electrical power. As far as practicable the space containing the emergency source of electrical power, associated transforming equipment, if any, the transitional source of emergency electrical power and the emergency switchboard shall not be contiguous to the boundaries of machinery spaces of category A or those spaces containing the main source of electrical power, associated transforming equipment, if any, and the main switchboard.

1.4 *Provided that suitable measures are taken for safeguarding independent emergency operation under all circumstances, the emergency generator may be used, exceptionally, and for short periods, to supply non-emergency circuits.*

2 *The electrical power available shall be sufficient to supply all those services that are essential for safety in an emergency, due regard being paid to such services as may have to be operated simultaneously. The emergency source of electrical power shall be capable, having regard to starting currents and the transitory nature of certain loads, of supplying simultaneously at least the following services for the periods specified hereinafter, if they depends upon an electrical source for their operation:*

2.1 *For a period of 3 h, emergency lighting at every muster and embarkation station and over the sides as required by regulations III/11.4 and III/15.7.*

2.2 *For a period of 18 h, emergency lightings:*

- 1. In all service and accomodation alleyways, stairways and exits, personnel lift cars and personnel lift trunks;*
- 2. In machinery spaces and main generating stations including their control positions;*
- 3. In all control stations, machinery control romos, and at each main and emergency switchboard;*
- 4. At all stowage position for firemen's outfits;*
- 5. At steering gear; and*
- 6. At the fire pump refered to in paragraph 2.5 at the sprinkler pump, if any, and at the emergency bilge pump, if any, and at the starting positions of their motors.*

2.3 *For a period of 18 h:*

- 1. The navigation lights and other lights required by the international regulations for preventing collisions at sea in forcé;*
- 2. On ships constructor on or after 1 february 1995 the VHF radio*

installation required by regulation IV/7.1.1 and IV/7.1.2 ; and, if applicable:

.2.1 the MF radio installation required by regulation IV/9.1.1, IV 9.1.2, IV/10.1.2 and IV/10.1.3;

.2.2 the ship earth station required by regulation IV/10.1.1; and

.2.3 the MF/HF radio installation required by regulations IV/10.2.1, IV/10.2.2 and IV/11.1

2.4 For a period of 18 h:

1. All internal communication equipment as required in an emergency;
2. The shipborne navigational equipment as required by regulation V/12; Where such provision is unreasonable or impracticable the administration may waive this requirements for ships of less than 5,000 gross tonnage;
3. The fire detection and fire alarm system; and
4. Intermittent operation of the daylight signalling lamp, the ship's whistle, the manually operated call points and all internal signals that are required in an emergency;
Unless such services have an independent supply for the period of 18 h from an accumulator battery suitably located for use in an emergency.

2.5 For a period of 18 h one of the fire pumps required by regulation II-2/4.3.1 and 4.3.3 if dependent upon the emergency generator for its source of power.

2.6.1 For the period of time required by regulation 29.14 the steering gear where it is required to be so supplied by that regulation.

2.6.2 In a ship engaged regularly in voyages of short duration, the administration if satisfied that an adequate standard of safety would be attained may accept a lesser period than the 18 h period specified in paragraph 2.2 to 2.5 but not less than 12 h.

3 The emergency source of electrical power may be either a generator or an accumulator battery, which shall comply with the following:

3.1 Where the emergency source of electrical power is a generator, it shall be:

- .1 driven by a suitable prime mover with an independent supply of fuel, having a flashpoint (close cup test) of not less than 43 °C;
- .2 started automatically upon failure of the main source of electrical power supply unless a transitional source of emergency electrical power in accordance with paragraph 3.1.3 is provided; where the emergency generator is automatically started, it shall be automatically connected to the emergency switchboard; those services referred to in paragraph 4 shall then be connected automatically to the emergency generator; and unless a second independent means of starting the emergency generator is provided

the single source of stored energy shall be protected to preclude its complete depletion by the automatic starting system; and
.3 provided with a transitional source of emergency electrical power as specified in paragraph 4 unless and emergency generator is provided capable both of supplying the services mentioned in that paragraph and of being automatically started and supplying the required load as quickly as is safe and practicable subject to a maximum of 45 s.

3.2 *Where the emergency source of electrical power is an accumulator battery it shall be capable of:*

- .1 carrying the emergency electrical load without recharging while maintaining the voltage of the battery throughout the discharge period within 12% above or below its nominal voltage;*
- .2 automatically connecting to the emergency switchboard in the event of failure of the main source of electrical power; and*
- .3 immediately supplying at least those services specified in paragraph 4.*

3.3 *The following provision in paragraph 3.1.2 shall not apply to ships constructed on or after 1 October 1994:*

Unless a second independent means of starting the emergency generating set is provided, the single source of stored energy shall be protected to preclude its complete depletion by the automatic starting system.

3.4 *For ships constructed on or after 1 July 1998, where electrical power is necessary to restore propulsion, the capacity shall be sufficient to restore propulsion to the ship in conjunction with other machinery, as appropriate, from a dead ship condition within 30 min after blackout.*

4 *The transitional source of emergency electrical power where required by paragraph 3.1.3 shall consist of an accumulator battery suitably located for use in an emergency which shall operate without recharging while maintaining the voltage of the battery throughout the discharge period within 12% above or below its nominal voltage and be of sufficient capacity and shall be so arranged as to supply automatically in the event of failure of either the main or the emergency source of electrical power for half an hour at least the following services if they depend upon an electrical source for their operation:*

- .1 the lighting required by paragraphs 2.1, 2.2 and 2.3.1 for this transitional phase, the required emergency electric lighting, in respect of the machinery space and accommodation and service spaces may be provided by permanently fixed, individual, automatically charged, relay operated accumulator lamps; and*
- .2 all services required by paragraphs 2.4.1, 2.4.3 and 2.4.4 unless such services have an independent supply for the period specified from an accumulator battery suitably located for use in an emergency.*

5.1 *The emergency switchboard shall be installed as near as is practicable to the emergency source of electrical power.*

5.2 *Where the emergency source of electrical power is a generator, the emergency switchboard shall be located in the same space unless the operation of the emergency switchboard would thereby be impaired.*

5.3 *No accumulator battery fitted in accordance with this regulation shall be installed in the same space as the emergency switchboard. An indicator shall be mounted in a suitable place on the main switchboard or in the machinery control room to indicate when the batteries constituting either the emergency source of electrical power or the transitional source of electrical power referred to in paragraph 3.2 or 4 are being discharged.*

5.4 *The emergency switchboard shall be supplied during normal operation from the main switchboard by an interconnector feeder which is to be adequately protected at the main switchboard against overload and short circuit and which is to be disconnected automatically at the emergency switchboard upon failure of the main source of electrical power. Where the system is arranged for feedback operation, the interconnector feeder is also to be protected at the emergency switchboard at least against short circuit.*

5.5 *In order to ensure ready availability of the emergency source of electrical power, arrangements shall be made where necessary to disconnect automatically non-emergency circuits from the emergency switchboard to ensure that electrical power shall be available automatically to the emergency circuits.*

6 *The emergency generator and its prime mover and any emergency accumulator battery shall be so designed and arranged as to ensure that they will function at full rated power when the ship is upright and when inclined at any angle of list up to 22.5 ° or when inclined up to 10° either in the fore or aft direction, or is in any combination of angles within those limits.*

7 *Provision shall be made for the periodic testing of the complete emergency system and shall include the testing of automatic starting arrangements.*

11.5 BALANCE ELÉCTRICO

Conocidas todas las potencias nominales de los consumidores eléctricos principales del buque se procede a hacer el balance eléctrico.

En dicho balance no se considera que todos los equipos estén funcionando a la vez, sino que se aplicará un coeficiente de utilización K_u . Dicho coeficiente se obtiene de la siguiente manera.

$$K_u = K_n \cdot K_s \cdot K_r$$

Dónde:

$$K_n = \frac{n^\circ \text{ de unidades en servicio}}{n^\circ \text{ de unidades instaladas}}$$

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

$$K_r = \frac{\text{Pot. absorbida}}{\text{Pot. total}}$$

A continuación se presenta una tabla con los consumos (una vez aplicado el factor de utilización) en cada una de las situaciones de carga eléctrica.

Elemento	Potencia instalada			Navegación normal					Maniobra					Carga/Descarga					Emergencia				
	Nº de aparatos	Consumo unitario kW	Potencia total	Kn	Ks	Kr	ku	kw	kn	ks	kr	ku	kw	kn	ks	kr	ku	kw	kn	ks	kr	ku	kw
Auxiliares propulsión / Servicio de combustible																							
Bombas de trasiego de F.O	1	0,6	0,6	1	0,2	0,9	0,18	0,108	1	0,2	0,9	0,18	0,108	1	0,1	0,9	0,09	0,00972	0	0	0	0	0
Bombas de purificadoras de F.O	1	0,074	0,074	1	0,2	0,9	0,18	0,01332	1	0,2	0,9	0,18	0,01332	1	0,1	0,9	0,09	0,0011988	0	0	0	0	0
Bomba de suministro de F.O	4	0,043	0,172	0,5	1	0,6	0,3	0,0516	0,5	1	0,8	0,4	0,0688	0,5	1	0,4	0,2	0,01032	0	0	0	0	0
Bomba de circulación de F.O	4	0,178	0,712	0,5	1	0,6	0,3	0,2136	0,5	1	0,8	0,4	0,2848	0,5	1	0,4	0,2	0,04272	0	0	0	0	0
Bomba de trasiego de MDO	1	0,66	0,66	1	0,1	0,8	0,08	0,0528	1	0,1	0,8	0,08	0,0528	1	0,1	0,8	0,08	0,004224	0	0	0	0	0
Bomba de purificadora de MDO	1	0,074	0,074	1	0,1	0,8	0,08	0,00592	1	0,1	0,8	0,08	0,00592	1	0,1	0,8	0,08	0,0004736	0	0	0	0	0
Bomba de suministro de MDO	2	0,089	0,178	0,5	0,1	0,8	0,04	0,00712	0,5	0,1	0,8	0,04	0,00712	0,5	0,1	0,8	0,04	0,0002848	0	0	0	0	0
Auxiliares propulsión / Servicio de refrigeración																							
Bomba de agua salada (low temperature)	6	52	312	0,66666667	1	0,5	0,33333333	104	0,66666667	1	0,6	0,4	124,8	0,33333333	1	0,5	0,16666667	52	0	0	0	0	0
Bomba de refrigeración central (agua dulce)	6	4,3	25,8	0,66666667	1	0,6	0,4	10,32	0,66666667	1	0,7	0,46666667	12,04	0,33333333	1	0,6	0,2	5,16	0	0	0	0	0
Bomba de refrigeración de camisas (hot tempe)	4	2,5	10	0,5	1	0,6	0,3	3	0,5	1	0,7	0,35	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Auxiliares propulsión / otros																							
Compresores de aire de arranque	6	0,33	1,98	0,33333333	0,07	0,9	0,021	0,04158	0,66666667	0,5	0,9	0,3	0,594	0,33333333	0,1	0,9	0,03	0,0012474	0,33333333	0,1	0,7	0,02333333	0,0462
Máquinas del taller	1	40	40	1	0,01	0,2	0,002	0,08	0	0	0	0	0	1	0,01	0,2	0,002	0,00016	1	0,8	0,3	0,24	9,6
Equipos de maniobra																							
Molinetes anda	2	32,6	65,2	0	0	0	0	0	1	0,3	0,6	0,18	11,736	0	0	0	0	0	0,5	0,01	0,5	0,0025	0,163
Chigres popa	2	18	36	0	0	0	0	0	0,5	0,3	0,6	0,09	3,24	0	0	0	0	0	0,5	0,01	0,6	0,003	0,108
Propulsor de proa	1	235	235	0	0	0	0	0	1	0,6	0,7	0,42	98,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Servo del timón	1	2,5	2,5	1	0,1	0,5	0,05	0,125	1	1	0,5	0,5	1,25	0	0	0	0	0	1	1	0,1	0,1	0,25
Sistema de carga y descarga																							
Bombas de pozo profundo	12	37	444	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,9	1	0,45	199,8	0	0	0	0	0
Bombas de descarga de emergencia	1	14,6	14,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Grúas	2	12,1	24,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,1	0,5	0,025	6,005	0	0	0	0	0
Bombas de pozo profundo LPG	2	40,88	81,76	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0,2	1	0,1	8,176	0	0	0	0	0
Ventilación, extracción y aire acondicionado																							
Ventiladores de cámara de máquinas	2	1,92	3,84	1	1	0,8	0,8	3,072	1	1	0,9	0,9	3,456	1	1	0,8	0,8	3,072	0,5	1	0,8	0,4	1,536
Extractores de cámara de máquinas	2	1,92	3,84	1	1	0,6	0,6	2,304	1	1	0,7	0,7	2,688	1	1	0,7	0,7	2,688	0	0	0	0	0
Compresor de aire acondicionado de habitación	1	7,63	7,63	1	0,4	0,7	0,28	2,1364	1	0,3	0,7	0,21	1,6023	1	0,3	0,5	0,15	1,1445	0	0	0	0	0
Bombas de refrigeración del aire acondicionado	2	1,71	3,42	1	0,4	0,7	0,28	0,9576	1	0,3	0,7	0,21	0,7182	1	0,3	0,5	0,15	0,513	0	0	0	0	0
Ventilador para el aire acondicionado de habitación	1	4,43	4,43	1	0,4	0,7	0,28	1,2404	1	0,3	0,7	0,21	0,9303	1	0,3	0,5	0,15	0,6645	0	0	0	0	0
Compresor de aire acondicionado de cámara de máquinas	1	5,85	5,85	1	0,7	0,8	0,56	3,276	1	0,8	0,8	0,64	3,744	1	0,6	0,6	0,36	2,106	0	0	0	0	0
Bombas de ref. de aire acondicionado en cámara de máquinas	2	1,32	2,64	1	0,7	0,8	0,56	1,4784	1	0,8	0,8	0,64	1,6896	1	0,6	0,6	0,36	0,9504	0	0	0	0	0
Ventilador para el aire acondicionado de la C. de máquinas	1	1,18	1,18	1	0,7	0,8	0,56	0,6608	1	0,8	0,8	0,64	0,7552	1	0,6	0,6	0,36	0,4248	0	0	0	0	0
Servicio de habitación / Servicio sanitario																							
Bombas de agua potable	2	0,91	1,82	0,5	0,8	0,9	0,36	0,6552	0,5	0,1	0,9	0,045	0,0819	0,5	0,7	0,8	0,28	0,5096	0,5	0,01	0,5	0,0025	0,00455
Bomba de circulación de agua caliente	2	0,54	1,08	0,5	0,4	0,9	0,18	0,1944	0	0	0	0	0	0,5	0,3	0,8	0,12	0,1296	0	0	0	0	0
Servicio de fonda y hotel																							
Todos los frigoríficos	2	0,15	0,3	1	1	1	1	0,3	1	1	1	1	0,3	1	1	1	1	0,3	0	0	0	0	0
Cocina	1	40	40	1	0,5	0,3	0,15	6	0	0	0	0	0	1	0,3	0,5	0,15	6	0	0	0	0	0
Lavandería	1	27	27	1	0,3	0,6	0,18	4,86	0	0	0	0	0	1	0,2	0,7	0,14	3,78	0	0	0	0	0
Cámara frigorífica	1	4,35	4,35	1	1	1	1	4,35	1	1	1	1	4,35	1	1	1	1	4,35	1	1	0,5	0,5	2,175
Servicio de achique, lastre, contra incendios																							
Bomba de sentinas	3	2,8	8,4	0,66666667	0,01	0,9	0,006	0,0504	0	0	0	0	0	0,66666667	0,1	0,9	0,06	0,504	0,66666667	0,5	0,5	0,16666667	1,4
Ventilador CO2 tanques de carga	2	0,7	1,4	0,5	0,2	0,8	0,08	0,112	0,5	0,2	0,8	0,08	0,112	1	0,9	0,9	0,81	1,134	0,5	0,1	0,8	0,04	0,056
Bombas contra incendios	2	42	84	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,7	1	0,7	58,8
Bomba contra incendios de emergencia	1	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,7	1	0,7	4,2
Bombas de lastre	2	6	12	0,5	0,1	0,9	0,045	0,54	0	0	0	0	0	1	0,9	0,9	0,81	9,72	0,5	0,1	0,5	0,025	0,3
Servicio de alumbrado																							
Luces interiores	1	6,54	6,54	1	1	0,5	0,5	3,27	1	1	0,45	0,45	2,943	1	1	0,5	0,5	6,54	1	1	0,15	0,15	0,15
Luces exteriores	1	0,964	0,964	1	0,4	0,6	0,24	0,23136	1	0,4	0,9	0,36	0,34704	1	0,4	0,9	0,36	0,964	1	0,4	0,1	0,04	0,04
Proyectores	1	4,8	4,8	1	0	0	0	0	1	0,4	1	0,4	1,92	1	0,4	1	0,4	4,8	1	0,4	1	0,4	0,4
Equipo de navegación y comunicaciones																							
Equipos de navegación	1	20	20	1	1	0,5	0,5	10	1	1	0,5	0,5	10	0	0	0	0	0	1	1	0,5	0,5	10
Comunicaciones interiores	1	5	5	1	1	0,5	0,5	2,5	1	1	0,7	0,7	3,5	1	0,6	0,4	0,24	1,2	1	1	0,5	0,5	2,5
Comunicaciones exteriores	1	5	5	1	0,2	0,5	0,1	0,5	1	0,9	0,7	0,63	3,15	1	0,2	0,5	0,1	0,5	1	0,2	0,5	0,1	0,5
			1556,994					166,7079					298,6883					317,805749					92,22875

11.5.3 RESUMEN DEL BALANCE ELÉCTRICO

Tras haber obtenido cuales son los consumos eléctricos en cada una de las situaciones de carga eléctrica, se aplica un 10% de margen para contemplar posibles ampliaciones de la planta eléctrica. Los resultados que así se obtienen son los siguientes (Unidades en kW):

BALANCE	Navegación Normal	Maniobra	Carga/Descarga	Emergencia
Auxiliares propulsión /Servicio de combustible	0,45	0,54	0,07	0,00
Auxiliares propulsión /Servicio de refrigeración	117,32	140,34	57,16	0,00
Auxiliares propulsión / Otros	0,12	0,59	0,00	9,65
Equipos de maniobra	0,13	114,93	0,00	0,52
Sistema de carga y descarga	0,00	0,00	208,58	0,00
Ventilación, extracción y aire acondicionado	15,13	15,58	11,56	1,54
Servicio de habilitación / Servicio sanitario	0,85	0,08	0,64	0,00
Servicio de fonda y hotel	15,51	4,65	14,43	2,18
Servicio de achique, lastre, contra incendios	0,70	0,11	11,36	64,76
Servicio de alumbrado	3,50	5,21	12,30	0,59
Equipo de navegación y comunicaciones	13,00	16,65	1,70	13,00
SUBTOTAL	166,71	298,69	317,81	92,23
CON 10% DE MARGEN DE CRECIMIENTO	183,38	328,56	349,59	101,45

11.6 PLANTA GENERADORA

Para hacer frente al consumo de electricidad se instalarán:

- 3 Diesel generadores
- 1 Diesel generador de emergencia

11.6.1 GENERADORES ELÉCTRICOS

Los Diesel generadores que se utilizarán serán de la casa Caterpillar y el tipo del generador será el C9.

A continuación vemos sus características principales:

C9

< Atrás

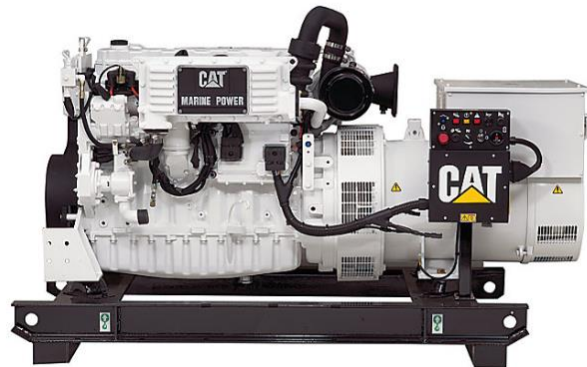
FINANCIACIÓN Y SEGURO

[Más información](#)

SOLICITAR UNA COTIZACIÓN

ENCUENTRE A SU DISTRIBUIDOR >

COMPARAR MODELOS >



Grupos Electrónicos Marinos C9

GENERALIDADES

The Caterpillar C9 generator set joins our existing range of clean, quiet, compact, and smooth-running generator sets. This range of small gen sets provides customers with a more comprehensive power offering, enabling them to enjoy the benefit of dealing with one supplier for both propulsion and auxiliary power.

ESPECIFICACIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

UNIDADES: IMPERIAL MÉTRICO

Valor nominal mínimo	142R ekW (178 kVA)
Valor nominal máximo	250 ekW (313 kVA)
Frecuencia	50 Hz o 60 Hz
Velocidad	1500 rev/min (50 Hz) o 1800 rev/min (60 Hz)

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Modelo de motor	C9, 6 cilindros en línea, diésel, 4 tiempos
De aspiración	Turboalimentado/postenfriado
Calibre	112.0 mm
Carrera	149.0 mm
Cilindrada	8.8 L
Tipo de regulador	Electrónico
Sistema de combustible	HEUI™

CONFIGURACIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Estrategia de emisiones/combustible	Compatible con IMO/Tier 2 de la EPA
-------------------------------------	-------------------------------------

DIMENSIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Anchura	996.8 mm
Altura	1169.0 mm
Peso	1753 kg (3865 lb) - 1903 kg (4195 lb)
Longitud	2106-2216 mm (82,9-87,2 pulg)

ESPECIFICACIONES DEL GENERADOR

Excitación	AREP
Paso	2/3
Número de conductores	12 conductores reconectables
Material aislante	Clase H
Regulación de voltaje	±0,5 %
Clasificación IP	Protección impermeable IP23
Capacidad de exceso de velocidad	Parada por exceso de velocidad: electrónica
Regulador del voltaje	Regulador de voltaje de estado sólido con ajuste de voltaje integral

ESPECIFICACIONES

BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS

EQUIPO

PRODUCTOS RELACIONADOS

INTERVALO DE CAMBIO DEL FILTRO Y DEL ACEITE DE 500 HORAS**EL FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR SIN EMISIÓN DE HUMO CUMPLE LAS REGULACIONES SOBRE EMISIONES DEL ESTÁNDAR TIER II DE 2004 DE LA EPA****FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR SIN FUGAS****ENLACE DE DATOS J1939 PARA COMUNICACIÓN CON SUPERVISIÓN DE EMBARQUE Y SISTEMAS DE CONTROL****DISEÑO COMPACTO****GARANTÍA ESTÁNDAR DE CATERPILLAR****DISPONIBILIDAD DE PIEZAS Y SERVICIOS A TRAVÉS DE LA ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE DISTRIBUIDORES****UN SOLO PROVEEDOR PARA LOS MOTORES DE GRUPOS ELECTRÓGENOS Y DE PROPULSIÓN****SISTEMAS OPCIONALES DE FILTRO DE ACEITE Y COMBUSTIBLE DOBLES****CONTROL ELECTRÓNICO COMPLETO DE LA INYECCIÓN DE COMBUSTIBLE Y LA SINCRONIZACIÓN DEL MOTOR**

ESPECIFICACIONES

BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS

EQUIPO

PRODUCTOS RELACIONADOS

C9 EQUIPOS ESTÁNDAR

SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

- Postenfriador (solo motores con intercambiador de calor y refrigeración de quilla)
- Turboalimentador

PANELES DE CONTROL

- Regulador electrónico
- Sistema de combustible de inyección unitaria electrónica hidráulica (HEUI, Hydraulic Electronic Unit Injection)
- Módulo de control electrónico (ECM)
- Diagnóstico electrónico y registro de fallos
- Conector del cliente específico montado en el motor de 40 clavijas
- Enlace de datos SAE J1939

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Termostato y carcasa
- Bomba de la camisa de agua, centrífuga, accionada por correa
- Bomba auxiliar de agua de mar, accionada por engranajes (solo motores con intercambiador de calor y refrigeración de quilla)
- Radiador, montado en el motor (incluye protección, ventilador del soplador, transmisión del ventilador, protección del ventilador)
- Depósito de expansión (solo motores con intercambiador de calor)
- Intercambiador de calor montado en el motor, conjunto de tubos desmontable(para agua de mar) (solo motores con intercambiador de calor)
- Enfriador de aceite del motor
- Tuberías auxiliares de agua de mar
- Enfriador de quilla (incluye juego de brida roscada del tubo)

SISTEMA DE ESCAPE

- Colector y turboalimentador, refrigerado por agua
- Salida de brida redonda de 152 mm (6 pulg)
- Codo, seco, 152 mm (6 pulg)

VOLANTES Y CAJA DEL VOLANTE

- Volante, SAE Nº 1113 dientes
- Caja del volante, SAE Nº 1

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Filtro de combustible, servicio delantero
- Bomba de transferencia de combustible
- Bomba de cebado de combustible

GENERADORES

- 12 conductores reconectables
- Trifásico sin escobillas
- Excitación independiente desde bobinado auxiliar para ofrecer corriente de cortocircuito al 300% durante 10 segundos
- Paso de 2/3
- Banda de voltaje ancha
- Protección impermeable IP23
- Regulador de voltaje de estado sólido con ajuste de voltaje integral
- Aislamiento Clase H
- El aumento de temperatura del generador supera los requisitos del sector marino para el aislamiento clase H
- 105 °C a 50 °C de temperatura ambiente: principal
- 85 °C a 50 °C de temperatura ambiente: polos de conexión principal

INSTRUMENTOS

- Panel de instrumentos
- Indicador de servicio eléctrico
- Interruptor de arranque/parada
- Botón de parada de emergencia
- Luz de intervalo de mantenimiento superado
- Luz de diagnóstico
- Luz de advertencia
- Interruptor para borrar indicación de mantenimiento
- Disyuntor 15 A

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- Respiradero del cárter
- Filtro de aceite, enroscable, servicio lado dch.
- Punto de llenado de aceite, en la tapa de válvulas
- Indicador de nivel de aceite, servicio por el lado izquierdo
- Cárter de aceite
- Drenaje del cárter de aceite, servicio por el lado izquierdo
- Bomba de aceite del motor (accionada por engranajes)

SISTEMA DE MONTAJE

- Bastidor de base deslizante
- Soporte delantero
- Aisladores antivibraciones entre la base y el motor-generador

SISTEMA DE PROTECCIÓN

- Parada por exceso de velocidad: electrónica

GENERALIDADES

- Protector y amortiguador de vibraciones de torsión
- Argollas de elevación
- Tapas de elevación protectoras
- Documentación
- Interruptor de desconexión de batería
- Cableado del motor
- Envoltura de plástico
- NOTA: los motores para refrigeración de quilla NO incluyen enfriador de quilla.

C9 EQUIPOS OPTATIVOS

SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

- TAPA DE PROTECCIÓN CONTRA LLUVIA DEL FILTRO DE AIRE

SISTEMA DE CONTROL

- Accesorio de distribución de carga

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Depósito de recuperación de refrigerante
- Sensor del nivel de refrigerante
- Juego de bridas de refrigerante

SISTEMA DE ESCAPE

- Codos
- Tubo
- Conexiones flexibles
- Brida
- Tapas de protección para la lluvia
- Silenciadores
- Protecciones

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Enfriador de combustible
- Tuberías de combustible flexible
- Sensor de temperatura del combustible
- Protección de aceite y combustible

GENERADORES Y ACCESORIOS DEL GENERADOR

- Caja de terminales de extensión
- Certificación del motor y generador:

INSTRUMENTOS

- Captación magnética

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- Bombas del cárter de aceite, manuales
- Filtros de aceite dobles

TOMAS DE FUERZA

- Polea del cigüeñal

SISTEMA DE ARRANQUE

- Regulador de presión de aire
- Silenciador de aire

11.6.2 GRUPO DE EMERGENCIA

El generador de emergencia será también de la casa Caterpillar, modelo C7.1 a 1500 rpm / 50 Hz.

Sus características son:

C7.1

[< Atrás](#)

FINANCIACIÓN Y SEGURO

[Más información](#)

SOLICITAR UNA COTIZACIÓN

ENCUENTRE A SU DISTRIBUIDOR >

COMPARAR MODELOS >

VER LAS DESCARGAS DE PRODUCTOS



Grupo Electrónico C7.1

FOTOGRAFIA VISTA DE 360°



GENERALIDADES

El Grupo Electrónico Marino Diésel Cat® C7.1 presenta clasificaciones de potencia trifásica de 50 Hz a 100, 118 y 150 kW con refrigeración por intercambiador de calor conforme a las normativas Tier 3 de la EPA estadounidense, IMO II y CC2 de la UE. El C7.1 presenta clasificaciones de potencia trifásica de 60 Hz a 118, 150 y 175 kW con refrigeración por intercambiador de calor conforme a las normativas Tier 3 de la EPA estadounidense, IMO II y CC2 de la UE.

ESPECIFICACIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

UNIDADES: **IMPERIAL** **MÉTRICO**

Valor nominal mínimo	100 kW (125 KVA)
Valor nominal máximo	200 kW (250 KVA)
Frecuencia	50 Hz o 60 Hz
Velocidad	1500 rev/min (50 Hz) o 1800 rev/min (60 Hz)

ESPECIFICACIONES DEL MOTOR

Modelo de motor	6 cilindros en línea, diésel, 4 tiempos
De aspiración	Turboalimentado/postenfriado
Calibre	105.0 mm
Carrera	135.0 mm
Cilindrada	7.1 L
Tipo de regulador	Electrónico
Sistema de combustible	Sistema de combustible de conducto común common rail

CONFIGURACIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Estrategia de emisiones/combustible	Tier 3 de la EPA, IMO II y CC2 de la UE
-------------------------------------	---

DIMENSIONES DEL GRUPO ELECTRÓGENO

Anchura	956.0 mm
Altura	1263.0 mm
Peso	1652-1840 kg, 3634-4026 lb
Longitud	76,2 pulg/1935 mm (mínimo), 83,3 pulg/2116 mm (máximo)

ESPECIFICACIONES DEL GENERADOR

Paso	2/3
Número de conductores	12
Material aislante	Clase H
Clasificación IP	Protección impermeable IP23
Regulador del voltaje	Estado sólido

ESPECIFICACIONES

BENEFICIOS Y CARACTERÍSTICAS

EQUIPO

PRODUCTOS RELACIONADOS

EMISSIONS COMPLIANT FOR GLOBAL WATERS

U.S.EPA Tier 3, CCNR Stage 2, IMO II

ASISTENCIA GLOBAL

Extensive service network of CAT dealers, Factory supported full generator set package (with optional MCS alarm and protection system), Available Worldwide Extended Service Coverage (ESC)

DURABILIDAD

Performance iron with thousands of hours of validation testing for quality and durability, World class manufacturing facilities

TECNOLOGÍA ACERT

High Pressure Common Rail provide precise fuel metering and consumptions as well as limited visible smoke, ECM provides excellent speed control, noise reduction and 100% load acceptance

SISTEMA DE COMBUSTIBLE DE CONDUCTO COMÚN COMMON RAIL

+ [VEA MÁS](#)

NOISE REDUCTION

New block for low noise and vibrations, Insulated timing case cover, Isolated oil pan (also provides ease of maintenance), Improved pump and gear train system, Stiffer crankshaft, Multiple fuel injection strategy, Integrated induction manifold, Double curvature on think walled crankcase, Piston optimized for high speed operation

MCS CERTIFIED ENGINE**PANEL DE CONTROL**

C7.1 EQUIPOS ESTÁNDAR

SISTEMA DE ADMISIÓN DE AIRE

- Sistema de ventilación de cárter abierto (OCV)
- Turboalimentador, enfriado por camisa de agua
- Tuberías de refrigerante integradas en colector usando circuito de EGR

SISTEMA DE CONTROL

- Paneles disponibles en configuraciones en lado dcho., izq. y trasero con opción de montaje remoto
- Diagnóstico electrónico y registro de averías
- Regulador electrónico
- Módulo de control electrónico (ECM, Electronic Control Module)
- Solo clasificaciones con enlace de datos SAE J1939
- Control electrónico de la relación de aire/combustible

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Postenfriador e intercambiador de calor integrados
- Conductos de refrigerante integrales de diseño compacto
- Termostato y carcasa
- Calentador de camisa de agua opcional 120/240 V
- Bomba auxiliar de agua de mar, accionada por engranajes
- Intercambiador de calor montado en el motor, conjunto de tubos desmontable (para agua de mar) (solo motores con intercambiador de calor)
- Radiador de aceite del motor
- Tuberías auxiliares de agua de mar
- Enfriador de quilla

SISTEMA DE ESCAPE

- Turboalimentador y colector de escape refrigerado por agua
- Salida de brida redonda de 152 mm (6 pulg)
- Opciones de brida/codo seco

VOLANTES Y CAJA DEL VOLANTE

- Caja del volante, SAE Nº 2
- Volante, 134 dientes
- Rotación estándar SAE

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Sistema de combustible de conducto común common rail
- Opciones de combustible simple y doble
- Opción de tuberías de combustible flexibles
- Bomba de transferencia de combustible, accionada por engranajes

GENERADORES Y ACCESORIOS DEL GENERADOR

- 12 conductores
- Trifásico sin escobillas
- Excitación independiente desde bobinado auxiliar para ofrecer corriente de cortocircuito al 300% durante 10 segundos
- Paso de 2/3
- Banda de voltaje ancha
- Protección impermeable IP23
- Regulador de voltaje de estado sólido con ajuste de voltaje integral
- Aislamiento Clase H
- El aumento de temperatura del generador supera los requisitos del sector marino para los polos de conexión principales con 105 °C a 50 °C de temperatura ambiente frente a los 85 °C a 50 °C de temperatura ambiente

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- Respiradero del cárter
- Opciones simple y doble
- Filtro de aceite, servicio por el lado dcho.
- Llenado de aceite, en tapa de la válvula y carcasa de sincronizador (opcional)
- Indicador de nivel de aceite, servicio por el lado dcho.
- Cárter de aceite
- Drenaje del cárter de aceite, lado dcho.
- Aceite lubricante
- Bomba de aceite del motor (accionada por engranajes)

SISTEMA DE MONTAJE

- Bastidor de base deslizante
- Aisladores antivibraciones entre la base y el motor-generador

TOMAS DE FUERZA

- Ranura politrapezoidal para el accionamiento del alternador
- Kit de ejes de TDF (opcional)

GENERALIDADES

- Protector y amortiguador de vibraciones torsionales
- Pintura, amarillo Caterpillar
- Argollas de elevación
- Tapas de elevación protectoras
- Documentación
- Interruptor de desconexión de batería
- Envoltura de plástico
- Nota: los grupos electrógenos de quilla refrigerada no incluyen los enfriadores de quilla.
- El motor está certificado conforme a los ciclos de emisiones D2/E2

C7.1 EQUIPOS OPTATIVOS

SISTEMA DE CONTROL

- KIT DE REDUCCIÓN DE VELOCIDAD DE REFERENCIA DEL REGULADOR

SISTEMA DE ESCAPE

- CODO SECO
- BRIDA SECA
- SENSOR DE TEMP. DE ESCAPE

SISTEMA DE COMBUSTIBLE

- Tuberías de combustible flexibles

SISTEMA DE LUBRICACIÓN

- VARILLA DE MEDICIÓN

SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

- Depósito de recuperación de refrigerante
- Calentador de la camisa de agua

TOMAS DE FUERZA

- Polea del cigüeñal

11.6.3 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

La potencia eléctrica de los generadores que se han propuesto son de 142 kW de potencia mínima y 250 kW de máxima, con lo que estimaremos una potencia nominal de 200 kW.

La potencia eléctrica del generador de emergencia es de 100 kW de potencia mínima y 200 kW de máxima, por lo que estimaremos una potencia nominal de 150 kW.

Con estos datos elaboramos la siguiente tabla:

SITUACIÓN DE CARGA ELÉCTRICA	GENERADORES EN FUNCIONAMIENTO	POTENCIA DISPONIBLE (kW)	POTENCIA DEMANDADA (kW)
Navegación normal	1 Generador auxiliar	250	183,38
Maniobra	2 Generadores auxiliares	500	328,56
Carga y descarga	2 Generadores auxiliares	500	349,59
Emergencia	Generador de emergencia	200	101,45

De esta manera siempre tenemos un generador en Stand by. Tendremos en funcionamiento uno en el caso de navegación normal e iremos rotando el uso de los tres generadores, y en el caso de tener dos funcionando realizaremos lo mismo, iremos rotándolos.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALVARIÑO CASTRO, Ricardo., AZPÍROZ AZPÍROZ, Juan José y MEIZOSO FERNANDEZ, Manuel. *El proyecto básico del buque mercante*. Madrid: Fondo editorial de ingeniería Naval, Colegio Oficial de ingenieros Navales. ISBN: 84-921750-2-8.
2. JUNCO OCAMPO, Fernando. *Proyectos de buques y Artefactos. Selección de configuración: Dimensiones y coeficientes*. Ferrol: Escuela Politécnica Superior, Universidad de A Coruña, 2003. ISBN: 84-688-3364-9.
3. RUSSIAN MARITIME REGISTER OF SHIPPING. *Rules for the classification and construction of sea-going ships*, Volume 1 and 2.