



UNIVERSIDADE  
DA CORUÑA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

---

**UNIVERSIDADE DA CORUÑA**

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS**

**GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS**

**ENERGÍA Y PROPULSIÓN**

---

**TRABAJO DE FIN DE GRADO**

QUE LLEVA POR TÍTULO

**INGENIERÍA MARINA:  
OPTIMIZACIÓN DEL BUQUE QUIMIQUERO  
“MARKOS I”**

---

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

**SEPTIEMBRE-2018**

**JORGE GESTOSO MARCOS**

DIRECTOR: FELIPE ANTELO GONZÁLEZ

---



UNIVERSIDADE  
DA CORUÑA



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR  
DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

## TRABAJO FIN DE GRADO

# ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE NÁUTICA Y MÁQUINAS

GRADO EN TECNOLOGÍAS MARINAS

ENERGÍA Y PROPULSIÓN

631G02455 - TRABAJO FIN DE GRADO

D. FELIPE ANTELO GONZÁLEZ, en calidad de Director, doy el visto bueno al presente TRABAJO DE FIN DE GRADO del alumno D. JORGE GESTOSO MARCOS, con DNI nº 32715893-A y que lleva por título:

## INGENIERÍA MARINA: OPTIMIZACIÓN DEL BUQUE QUIMIQUERO “MARKOS I”

DEFENDIDO ANTE TRIBUNAL EN LA SESIÓN DE

SEPTIEMBRE-2018

Fdo. El Director

Fdo. El Alumno

D. FELIPE ANTELO GONZÁLEZ

D. JORGE GESTOSO MARCOS

## Agradecimientos

Después de un intenso período de cuatro años de formación como Tecnólogo Marino, llega la etapa final. Es el momento de presentar mi trabajo de fin de grado. Ha sido un período de aprendizaje intenso, no solo en el campo científico. Durante estos cuatro años he aprendido infinidad de cosas, por ello me gustaría agradecer a la “E.T.S. Náutica y Máquinas” de A Coruña y a su equipo docente la ayuda y apoyo recibido a lo largo de esta primera etapa de formación como Oficial de Máquinas de la Marina Mercante.

Sin olvidar la oportunidad que la UDC me brindó para estudiar en la “Akademia Morska” de Gdynia.

De manera particular me gustaría agradecer al director de este trabajo de fin de grado Felipe Antelo González, su valiosa ayuda e implicación a pesar de las dificultades. Definitivamente me has facilitado todas las herramientas necesarias para completar mi trabajo de fin de grado y has sido un gran mentor durante esta primera etapa formativa.

Finalmente debo agradecer a mi familia el apoyo recibido, tanto económico como moral, sin vosotros esto no sería posible.

¡Muchas gracias a todos!

Jorge Gestoso Marcos

## RESUMEN

Las emisiones provenientes de los buques representan un 3% del total de emisiones producidas por la industria. Cada vez son más frecuentes los problemas respiratorios y cardiovasculares debido a la exposición a estos tóxicos. El ser humano actual tiene gran dependencia de los combustibles fósiles para producir energía. Se han ofrecido múltiples alternativas a los combustibles fósiles pero por diversos motivos, no simplemente tecnológicos, se encuentran con insuficiente madurez para extenderlos a todas las aplicaciones. Para contrarrestar todo esto surge el concepto de eficiencia energética, consistente en realizar un consumo de energía de manera responsable sin por ello reducir la producción o modificar de forma significativa el proceso y producto final.

## RESUMO

As emisións de buques representan o 3% das emisións totais producidas pola industria. Os problemas respiratorios e cardiovasculares son cada vez máis frecuentes debido á exposición a estas toxinas. O ser humano actual ten unha gran dependencia dos combustibles fósiles para producir enerxía. Moitas alternativas a combustibles fósiles foron achegadas pero por varias razóns, non só tecnolóxicas, non están suficientemente maduras para ser estendidas a todas as aplicacións. Para contrarrestar todo isto, xorde o concepto de eficiencia enerxética, consistente en facer un consumo de enerxía de forma responsable sen reducir a produción ou modificando significativamente o proceso eo produto final.

## ABSTRACT

Shipping emissions represent 3% of the total atmospheric emissions produced by the industry. Respiratory and cardiovascular diseases are increasing due to exposure to these toxins. The modern human has a great reliance of fossil fuels to produce energy. Many alternatives to fossil fuels have been offered but for various reasons, not simply technological ones, they are insufficiently mature to be extended to all industrial applications. To counteract all, the concept of energy efficiency born, that concept consist in make energy consumption in a responsible way without reduce the production or modify the process and the final product.

## ÍNDICE GENERAL

1	INTRODUCCIÓN .....	1
2	OBJETIVO .....	2
3	PROBLEMAS POR LA UTILIZACIÓN COMBUSTIBLES FÓSILES .....	3
3.1	Agotamiento de los combustibles fósiles .....	3
3.2	Aumento del efecto invernadero .....	3
3.3	Lluvia ácida.....	5
3.4	Partículas en suspensión.....	5
3.5	Óxidos de nitrógeno.....	6
3.6	Conflictos globales.....	7
4	ORGANISMOS Y LEGISLACIÓN .....	8
4.1	Organización marítima internacional (OMI) .....	8
4.1.1	Convenios .....	8
4.1.2	Convenio MARPOL.....	9
4.1.3	Plan de gestión de la eficiencia energética del buque (SEEMP).....	10
4.1.4	Índice operacional de eficiencia energética (EEOI).....	10
4.1.5	Índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI).....	13
4.2	Comisión Electrotécnica Internacional.....	13
4.2.1	Estándares IEC .....	14
4.2.1.1	IEC 60034-30.....	14
5	AHORRO DE ENERGÍA .....	16
5.1	Definición de eficiencia energética .....	16
5.2	Medidas correctoras para aumentar la eficiencia energética.....	16
5.3	Costes de una instalación eléctrica .....	16
5.3.1	Costes técnicos.....	17
5.3.1.1	Por qué son producidos .....	17
5.3.1.2	Cómo se reducen.....	17
5.3.1.3	Ventajas de la reducción costes técnicos .....	17
5.3.2	Costes económicos.....	18
5.3.2.1	Costes visibles .....	18
5.3.2.1.1	Cómo se reducen .....	18

5.3.2.2	Costes ocultos.....	18
5.3.2.3	Ventajas de la corrección del factor de potencia .....	18
5.3.2.3.1	Aumento de la potencia disponible.....	18
5.3.2.3.2	Reducción de la sección de conductores .....	19
5.3.2.3.3	Disminución de las pérdidas por efecto Joule .....	19
5.3.2.3.4	Reducción de las caídas de tensión .....	19
5.3.2.3.5	Reducción de emisiones CO <sub>2</sub> .....	19
5.3.3	Costes ecológicos .....	19
5.3.3.1	Cómo se reducen.....	20
5.3.3.2	Ventajas reducción costes ecológicos .....	20
5.4	Conceptos básicos sobre energía .....	20
5.5	Importancia del ahorro energético .....	21
6	DESCRIPCIÓN DEL BUQUE PETROQUÍMICO “MARKOS I”.....	23
6.1	Introducción .....	23
6.2	Tipos de combustible consumidos y restricciones por zonas .....	24
6.2.1	Características y precios de los combustibles.....	25
6.2.2	Emisiones según combustible.....	26
6.3	Planta eléctrica .....	27
6.3.1	Regulación MARPOL sobre las emisiones de NOx.....	28
6.3.2	Transformadores 440V- 230V .....	29
6.4	Principales consumidores de energía.....	30
6.4.1	Iluminación .....	30
6.4.1.1	Espacios comunes y habilitación .....	30
6.4.1.2	Cubierta .....	32
6.4.2	Sala de máquinas.....	33
6.4.2.1	Sala de control de máquinas.....	33
6.4.3	Informática .....	35
6.4.4	Electrodomésticos.....	37
6.4.5	Motores eléctricos .....	37
6.4.5.1	Climatización.....	37
6.4.5.1.1	Habilitación.....	37
6.4.5.1.2	Sala control de máquinas .....	38
6.4.5.1.3	Taller mecánico .....	38
6.4.5.2	Sala de máquinas .....	39

6.4.5.2.1	Distribución de aceite del motor principal .....	39
6.4.5.2.2	Tratamiento de aceite .....	40
6.4.5.2.3	Trasiego y tratamiento de combustible .....	40
6.4.5.2.4	Calderas .....	42
6.4.5.2.4.1	Caldera de recuperación .....	42
6.4.5.2.4.2	Caldera Auxiliar .....	42
6.4.5.2.5	Bombas agua de lavado .....	43
6.4.5.2.6	Circuito agua de refrigeración .....	43
6.4.5.2.7	Compresores de nitrógeno .....	44
6.4.5.2.8	Compresores de aire para el arranque del motor principal....	44
6.4.5.2.9	Compresor de emergencia .....	45
6.4.5.2.10	Compresor de aire de trabajo .....	45
6.4.5.2.11	Compresores de la planta de provisiones .....	45
6.4.5.2.12	Ventilación .....	45
6.4.5.3	Cubierta .....	46
6.4.5.3.1	Bombas de lastre.....	46
6.4.5.3.2	Bombas de carga .....	46
6.5	Balance eléctrico .....	47
6.5.1	En navegación .....	48
6.5.2	En maniobra.....	49
6.5.3	En operación de descarga .....	50
6.5.4	En operación de carga .....	51
6.5.5	En operación de inertización.....	52
6.5.6	En operación de lavado de tanques.....	53
7	PROPUESTAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA .....	54
7.1	Consumo responsable de la energía .....	55
7.1.1	Uso responsable de la iluminación.....	55
7.1.2	Uso responsable de los equipos informáticos .....	55
7.2	Receptores más eficientes.....	55
7.2.1	Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	55
7.2.1.1	Iluminación fluorescente .....	56
7.2.1.1.1	Ventajas y desventajas.....	56
7.2.1.2	Iluminación LED .....	57
7.2.1.2.1	Ventajas y desventajas.....	57

7.2.1.3	Cambios a realizar .....	58
7.2.2	Sustitución de equipos informáticos por otros más eficientes .....	58
7.2.3	Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes...	59
7.2.4	Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 .....	59
7.2.4.1	Cambio motores eléctricos de las bombas de carga, de los compresores nitrógeno y de la ventilación de la máquina por IE2 .....	60
7.3	Corrección del factor de potencia .....	61
7.3.1	Instalación de baterías de condensadores.....	61
8	<b>ANÁLISIS DEL AHORRO ENERGÉTICO OBTENIDO AL IMPLEMENTAR LAS PROPUESTAS.....</b>	<b>62</b>
8.1	Casos prácticos para el estudio.....	62
8.1.1	Primer caso práctico.....	62
8.1.1.1	Consumo responsable de la energía .....	63
8.1.1.1.1	Uso responsable de la iluminación .....	63
8.1.1.1.2	Uso responsable de los equipos informáticos .....	66
8.1.1.2	Receptores más eficientes .....	67
8.1.1.2.1	Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED ....	67
8.1.1.2.2	Sustitución de equipos informáticos por otros más eficientes	69
8.1.1.3	Uso responsable de iluminación y utilización de lámparas LED ..	70
8.1.1.4	Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes .....	71
8.1.1.5	Sustitución de electrodomésticos por otros más eficientes.....	72
8.1.1.6	Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 .....	73
8.1.1.7	Corrección del factor de potencia.....	80
8.1.1.7.1	Instalación batería de condensadores.....	80
8.1.2	Segundo caso práctico.....	80
8.1.2.1	Consumo responsable de la energía .....	81
8.1.2.1.1	Uso responsable de la iluminación .....	81
8.1.2.1.2	Uso responsable de los equipos informáticos .....	81
8.1.2.2	Receptores más eficientes .....	82
8.1.2.2.1	Sustitución de las fluorescentes por lámparas LED .....	82
8.1.2.2.2	Sustitución de equipos informáticos por otros más eficientes	82
8.1.2.3	Uso responsable de iluminación y utilización de lámparas LED ..	83

8.1.2.4	Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes .....	83
8.1.2.5	Sustitución de electrodomésticos por otros más eficientes .....	84
8.1.2.6	Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 .....	84
8.1.2.7	Corrección del factor de potencia.....	87
8.1.2.7.1	Instalación batería de condensadores.....	87
9	CONCLUSIONES FINALES .....	88
9.1	Primer caso práctico .....	88
9.1.1	Uso responsable de la iluminación.....	88
9.1.1.1	Uso responsable de la iluminación.....	88
9.1.1.2	Uso responsable de los equipos informáticos.....	89
9.1.2	Receptores más eficientes .....	90
9.1.2.1	Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.....	90
9.1.2.2	Sustitución de equipos informáticos por otros más eficientes .....	92
9.1.2.3	Uso responsable de iluminación y utilización de lámparas LED ...	93
9.1.2.4	Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes .....	94
9.1.2.5	Sustitución de electrodomésticos por otros más eficientes.....	95
9.1.2.6	Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 .....	96
9.1.3	Corrección del factor de potencia.....	97
9.1.3.1	Instalación de batería de condensadores .....	97
9.2	Segundo caso práctico .....	98
9.2.1	Uso responsable de la iluminación.....	98
9.2.1.1	Uso responsable de la iluminación.....	98
9.2.1.2	Uso responsable de los equipos informáticos.....	98
9.2.2	Receptores más eficientes .....	99
9.2.2.1	Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.....	99
9.2.2.2	Sustitución de equipos informáticos por otros más eficientes ....	101
9.2.2.3	Uso responsable de iluminación y utilización de lámparas LED	103
9.2.2.4	Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes .....	104
9.2.2.5	Sustitución de electrodomésticos por otros más eficientes.....	105
9.2.2.6	Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 .....	106
9.2.3	Corrección del factor de potencia.....	107

9.2.3.1	Instalación de batería de condensadores .....	107
10	REFERENCIAS .....	108
10.1	Internet.....	108
10.2	Libros, artículos y manuales .....	111
10.3	Imágenes .....	111
10.4	Tablas.....	112

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.2.1	- Efecto invernadero <sup>[29]</sup> .....	4
Figura 3.3.1	- Lluvia ácida <sup>[30]</sup> .....	5
Figura 3.4.1	- Esmog en China <sup>[31]</sup> .....	6
Figura 3.5.1	- Mascarilla protección esmog <sup>[32]</sup> .....	7
Figura 3.6.1	- Conflictos por el control de los yacimientos de petróleo <sup>[33]</sup> .....	7
Figura 5.4.1	- Coseno de fi: relación potencia activa, reactiva y aparente <sup>[34]</sup> .....	21
Figura 6.1.1	- Buque petroquímico Markos I <sup>[35]</sup> .....	23
Figura 6.2.1	- Zonas ECA a nivel mundial <sup>[36]</sup> .....	25
Figura 6.3.1:	Generadores Auxiliares <sup>[37]</sup> .....	27
Figura 6.4.5.2.1.1	- Bombas de circulación aceite motor principal <sup>[38]</sup> .....	40
Figura 6.4.5.2.3.1	- Unidad preparación combustible auxiliares <sup>[39]</sup> .....	41
Figura 6.4.5.2.3.2	- Depuradoras de gasóleo y aceite <sup>[40]</sup> .....	41
Figura 6.4.5.2.6.1	- Bombas de agua salada <sup>[41]</sup> .....	43
Figura 6.4.4.2.8.1	- Compresores arranque motor principal <sup>[42]</sup> .....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 4.1.4.1. Valores de $C_F$ según tipo de combustible <sup>[43]</sup> .....	11
Tabla 4.2.1.1.2: Comparativa eficiencia IEC 60034-30 IE1, IE2 e IE3 <sup>[44]</sup> .....	15
.Tabla 6.2.1.1. Precio de los combustibles.....	25
Tabla 6.2.2.1. Factor de cálculo emisiones de $SO_x$ y PM. ....	26
Tabla 6.2.3.2. Factor para cálculo emisiones de $NO_x$ y $CO_x$ .....	26
Tabla 6.3.1. Consumo de los generadores .....	28
Tabla 6.3.2.1: Clasificación Tier para motores diésel marinos según OMI <sup>[47]</sup> .....	29
Tabla 6.5.1.1. Consumo eléctrico en navegación .....	48
Tabla 6.5.2.1. Consumo eléctrico en maniobra.....	49
Tabla 6.5.3.1. Consumo eléctrico en operación de descarga .....	50
Tabla 6.5.4.1: Consumo eléctrico en operación de carga .....	51
Tabla 6.5.5.1: Consumo eléctrico en operación de inertización .....	52
Tabla 6.5.6.1: Consumo eléctrico en operación de lavado de tanques.....	53
Tabla 7.2.1.3.1. Tubos T8 y plafones.....	58
Tabla 7.2.2.1. Consumos eléctricos de los ordenadores portátiles.....	59
Tabla 7.2.3.1. Consumos eléctricos de los electrodomésticos.....	59
Tabla 8.1.1.1.1.1. Consumo eléctrico de la iluminación de la habitación y la cubierta antes de aplicar la medida correctora .....	64
Tabla 8.1.1.1.1.2. Consumo eléctrico de la iluminación de la habitación y la cubierta después de aplicar la medida correctora.....	65

Tabla 8.1.1.1.1.3. Ahorro energético / económico uso responsable de la iluminación .....	66
Tabla 8.1.1.1.2.1. Consumo eléctrico antes de aplicar medida correctora.....	66
Tabla 8.1.1.1.2.2: Consumo eléctrico después de aplicar medida correctora.....	67
Tabla 8.1.1.1.2.3. Ahorro energético-económico por uso responsable de los equipos informáticos .....	67
Tabla 8.1.1.2.1.1. Comparativa de consumo eléctrico entre Iluminación Fluorescente e iluminación LED en habitación y cubierta .....	68
Tabla 8.1.1.2.1.2. Comparativa de consumo entre Iluminación Fluorescente e iluminación LED en espacios de máquinas.....	69
Tabla 8.1.1.2.1.3. Ahorro energético / económico por sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	69
Tabla 8.1.1.2.2.1. Comparativa de consumo entre equipos informáticos y otros más eficientes .....	70
Tabla 8.1.1.2.2.2. Ahorro energético / económico por sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes.....	70
Tabla 8.1.1.3.1. Ahorro energético / económico por uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	71
Tabla 8.1.1.4.1. Consumo energético de los equipos informáticos eficientes haciendo un uso responsable .....	71
Tabla 8.1.1.4.2. Ahorro energético / económico por uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de los mismos por otros más eficientes.....	72
Tabla 8.1.1.5.1. Comparativa de consumo entre electrodomésticos actuales y otros más eficientes .....	72

Tabla 8.1.1.5.2. Ahorro energético / económico por sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes .....	72
Tabla 8.1.1.6.1. Consumo eléctrico en navegación con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina .....	74
Tabla 8.1.1.6.2. Consumo eléctrico en maniobra con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina .....	75
Tabla 8.1.1.6.3. Consumo eléctrico en operación de descarga con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina .....	76
Tabla 8.1.1.6.4. Consumo eléctrico en operación de carga con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina.....	77
Tabla 8.1.1.6.5. Consumo eléctrico durante la operación de inertización con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina .....	78
Tabla 8.1.1.6.6. Comparativa de consumo eléctrico motores IE1 e IE2 en cada situación.....	79
Tabla 8.1.1.6.7. Ahorro energético / económico por sustitución de motores clase IE1 por clase IE2.....	79
Tabla 8.1.2.1.1.1. Ahorro energético / económico por uso responsable de la iluminación .....	81
Tabla 8.1.2.1.2.1. Ahorro energético / económico por uso responsable de los equipos informáticos .....	82
Tabla 8.1.2.2.1.1. Ahorro energético / económico por sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	82
Tabla 8.1.2.2.2.1. Ahorro energético / económico por sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes.....	83

Tabla 8.1.2.3.1. Ahorro energético / económico por uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	83
Tabla 8.1.2.4.1. Ahorro energético / económico por uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de los mismos por otros más eficientes .....	84
Tabla 8.1.2.5.1. Ahorro energético / económico por sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes .....	84
Tabla 8.1.2.6.1. Consumo eléctrico en operación de lavado de tanques con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación .....	85
Tabla 8.1.2.6.2. Comparativa de consumo eléctrico motores IE1 e IE2 en cada situación .....	86
Tabla 8.1.2.6.3. Ahorro energético/económico por sustitución de motores clase IE1 por clase IE2 .....	86
Tabla 9.1.1.1.1: Reducción de la contaminación por uso responsable de la iluminación .....	88
Tabla 9.1.1.2.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de los equipos informáticos .....	89
Tabla 9.1.2.1.1. Precios y cantidades de tubos LED habilitación .....	90
Tabla 9.1.2.1.2. Precios y cantidades de tubos LED cubierta y espacios de máquinas .....	90
Tabla 9.1.2.1.3. Precios y cantidades de plafones LED habilitación .....	90
Tabla 9.1.2.1.4, Precios y cantidades de plafones LED cubierta y espacios de máquinas .....	91
Tabla 9.1.2.1.5: Reducción de la contaminación por sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	91
Tabla 9.1.2.2.1. Equipos informáticos eficientes .....	92

Tabla 9.1.2.2.2. Reducción de la contaminación por sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes.....	92
Tabla 9.1.2.3.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	93
Tabla 9.1.2.4.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de los mismos por otros más eficientes .....	94
Tabla 9.1.2.5.1. Precios y unidades de electrodomésticos eficientes .....	95
Tabla 9.1.2.5.2. Reducción de la contaminación por sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes .....	96
Tabla 9.1.2.6.1. Precios y cantidades motores IE2 .....	96
Tabla 9.1.2.6.2. Reducción de la contaminación por sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 .....	97
Tabla 9.2.1.1.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de la iluminación .....	98
Tabla 9.2.1.2.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de los equipos informáticos .....	99
Tabla 9.2.2.1.1. Precios y cantidades de tubos LED habitación.....	100
Tabla 9.2.2.1.2. Precios y cantidades de tubos LED cubierta y espacios de máquinas .....	100
Tabla 9.2.2.1.3. Precios y cantidades de plafones LED habitación .....	100
Tabla 9.2.2.1.4. Precios y cantidades de plafones LED cubierta y espacios de máquinas .....	100
Tabla 9.2.2.1.5. Reducción de la contaminación sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	101

Tabla 9.2.2.2.1. Equipos informáticos eficientes .....	102
Tabla 9.2.2.2.2. Reducción de la contaminación por sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes.....	102
Tabla 9.2.2.3.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED .....	103
Tabla 9.19.1: Reducción de la contaminación por uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes .....	104
Tabla 9.2.2.5.1. Precios y cantidades electrodomésticos eficientes .....	105
Tabla 9.2.2.5.2. Reducción de la contaminación por sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes .....	105
Tabla 9.2.2.6.1. Precios y cantidades motores IE2 .....	106
Tabla 9.2.2.6.2: Reducción de la contaminación por sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2.....	107

## ÍNDICE DE ECUACIONES

(4.1.4.1) - Índice operacional de eficiencia energética (EEOI) .....	130
(4.1.5.1) - Índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) .....	13
(4.2.1.1.1) - Energía ahorrada en función de la eficiencia (IEC) .....	15
(6.3.1.1) - Emisiones de NO <sub>x</sub> (g/kWh) del motor MAN6L23/30H .....	29

## GLOSARIO DE TERMINOLOGÍA

**GHG:** Gases de efecto invernadero o en inglés Greenhouse gas

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de carbono

**SO<sub>x</sub>:** Óxidos de azufre

**SO<sub>3</sub>:** Trióxido de azufre

**SO<sub>2</sub>:** Dióxido de azufre

**NO<sub>x</sub>:** Óxidos de nitrógeno

**PM:** Partículas en suspensión o en inglés particulate matter

**PAN:** Nitrato de peroxiacetilo

**OMI:** Organización marítima internacional

**SOLAS:** Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar

**MARPOL:** Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques

**STCW:** Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar

**SEEMP:** Plan de gestión de la eficiencia energética del buque

**EEOI:** Índice operacional de eficiencia energética

**EEDI:** Índice de eficiencia energética de proyecto

**IEC:** Comisión electrotécnica internacional o en inglés International Electrotechnical Commission

**HFO:** Fuelóleo pesado en inglés Heavy Fuel Oil

**MDO:** Gasóleo marino en inglés Marine Diesel Oil

**LED:** Diodos emisores de luz o en inglés light-emitting diode

**ECA:** Zonas de control de emisiones o en inglés Emission Control Area

**SMS:** Sistema de gestión de la seguridad operacional o en inglés Safety Management System

**AIS:** Sistema de identificación automática o en inglés Automatic Identification System

## 1 INTRODUCCIÓN

Es conocido por todos que a día de hoy el ser humano tiene una gran dependencia de los combustibles fósiles para producir energía. Debido al modus vivendi actual, además del aumento de la población mundial y por ende el aumento de la demanda de consumo. Los combustibles fósiles a parte de presentar diversos problemas de contaminación, que serán desarrollados a lo largo de este estudio, son una fuente de energía agotable.

Mientras exista dependencia casi total del petróleo para satisfacer el modelo energético actual, habrá que convivir con los problemas que acarrearán su refinado y empleo.

Existen soluciones alternativas para producir energía como pueden ser las energías renovables, el hidrógeno o la energía nuclear, pero por algunos motivos, no simplemente tecnológicos, no se encuentran en suficiente madurez para extenderlos a todas las aplicaciones.

A raíz de todo esto surge el concepto de eficiencia energética, que consiste en realizar un consumo de energía de manera responsable sin por ello reducir la producción o modificar de forma significativa el proceso y producto final.

## 2 OBJETIVO

El objetivo de este Trabajo de Final de Grado es mejorar la eficiencia energética del buque “Markos I” consiguiendo que éste sea más respetuoso con el medio ambiente y a la vez más económico.

Mientras no se evolucione lo suficiente una alternativa a los combustibles fósiles habrá que convivir con la tecnología disponible. Si se consigue optimizar la tecnología actual haciéndola más respetuosa con el medioambiente sin variar el resultado final y añadiendo un ahorro económico, se estará obteniendo un triple beneficio:

- Reducción de la contaminación
- Reducción de costes de explotación
- Reducción de la velocidad de agotamiento de los combustibles fósiles

Puesto que he estado embarcado y conozco el “Markos I” me gustaría aprovechar mi experiencia a bordo para poder optimizarlo en los puntos que creo que podría resultar más conveniente.

### **3 PROBLEMAS POR LA UTILIZACIÓN COMBUSTIBLES FÓSILES**

#### **3.1 Agotamiento de los combustibles fósiles**

El petróleo, el carbón, el gas natural y el gas licuado del petróleo son los cuatro tipos de combustible fósil conocidos hasta la fecha. Estos se han originado por la descomposición parcial de materia orgánica de hace millones de años transformada por la presión y la temperatura debidas a las capas de sedimentos acumulados sobre él, lo que significa que estos combustibles han tardado millones de años en formarse. La velocidad a la que se consumen dichos combustibles fósiles es mucho mayor que la velocidad a la que se generan, lo que de manera inequívoca va a llevar a un agotamiento total de estos.<sup>[1]</sup>

#### **3.2 Aumento del efecto invernadero**

El aumento del efecto invernadero es uno de los efectos más conocidos debido al uso de combustibles fósiles y tiene las siguientes consecuencias:

Los gases de efecto invernadero (GHG) permiten que la luz del sol atraviese la atmósfera provocando que la tierra absorba la luz solar y se caliente, después re-emite energía de la radiación solar. La radiación de onda larga reflejada es absorbida por los gases de efecto invernadero contenidos en la atmósfera. Como consecuencia el planeta se calienta, re-emitiendo radiación de onda larga en todas direcciones. En conclusión, a mayor cantidad de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) en la atmósfera, habrá menos energía de onda larga saliendo al espacio, con el consiguiente calentamiento.<sup>[2]</sup>

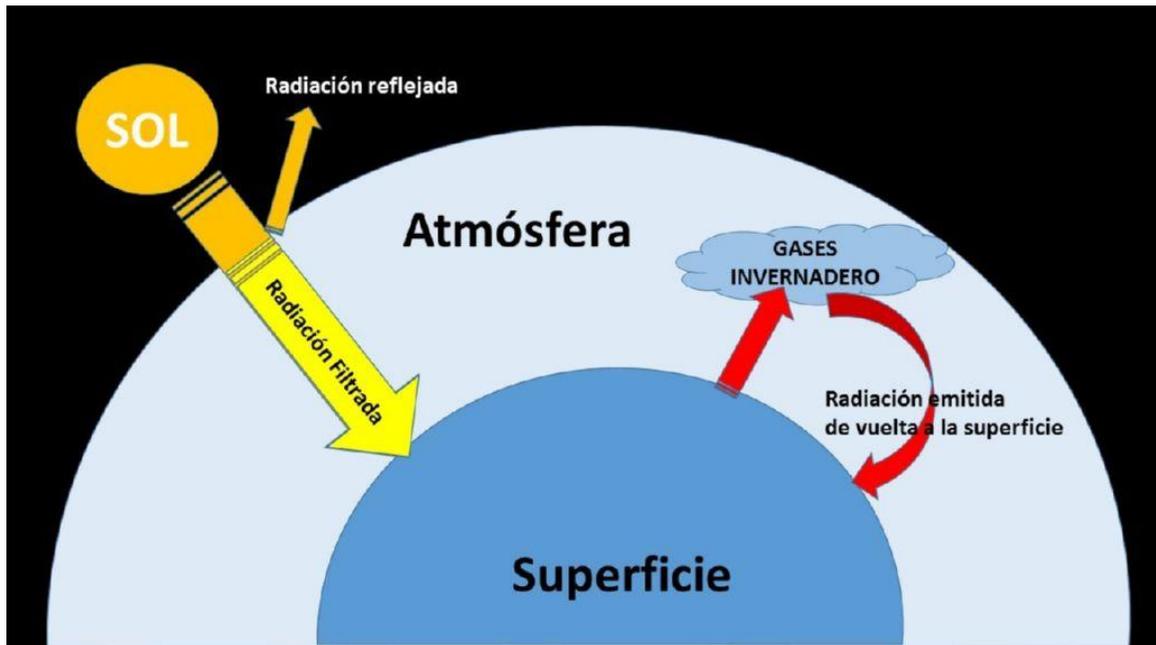


Figura 3.2.1 - Efecto invernadero <sup>[29]</sup>

Uno de los gases que aumenta el efecto invernadero es el  $\text{CO}_2$ . El vapor de agua permite la distribución del calor por toda la atmósfera mediante las moléculas de agua que absorben el calor reflejado por la tierra.

El aumento del efecto invernadero tiene unas consecuencias fatales para el planeta tales como: <sup>[3]</sup>

- Aumento de la temperatura media del planeta (calentamiento global).
- Aumento de sequías en unas zonas e inundaciones en otras.
- Mayor frecuencia de formación de huracanes.
- Progresivo deshielo de los casquetes polares, con la consiguiente subida de los niveles de los océanos (calentamiento global).
- Incremento de las precipitaciones a nivel planetario, lloverá menos días y más torrencialmente.
- Aumento de la cantidad de días calurosos.
- Cambio de ecosistemas.

### 3.3 Lluvia ácida

“Los óxidos de azufre ( $\text{SO}_x$ ) son un grupo de gases compuestos por trióxido de azufre ( $\text{SO}_3$ ) y dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ). La mayor parte de emisiones de óxidos de azufre se producen por actividades humanas, sobre todo por la combustión de petróleo, carbón y por la industria siderúrgica. Es un gas irritante y tóxico que afecta sobre todo las mucosidades y los pulmones provocando ataques de tos si se inhala. La exposición de altas concentraciones durante cortos períodos de tiempo puede irritar el tracto respiratorio, causar bronquitis, reacciones asmáticas, etc.” [4]



Figura 3.3.1 - Lluvia ácida [30]

Durante la combustión de combustibles fósiles se libera gran cantidad de ( $\text{SO}_x$ ) y óxidos de nitrógeno ( $\text{NO}_x$ ) que más tarde precipitan en forma de ácido sulfúricos y nítricos en la lluvia. Esta lluvia daña la vegetación del planeta, edificios, vehículos y aumenta la contaminación del agua. [5]

### 3.4 Partículas en suspensión

Las partículas en suspensión o particulate matter (PM) en inglés son pequeños sólidos o gotas de líquidos en suspensión en la atmósfera causados por la actividad del hombre originadas por la combustión de motores de explosión y actividades industriales o propiamente naturales por nubes de polvo o emisiones

volcánicas. Estas partículas tienen un especial interés por ser un gran foco de contaminación además de nocivas para la salud, al ser respiradas penetran en los pulmones evitando el paso normal de aire. Un fenómeno producido por estas partículas es el smog industrial, que está constituido por miles de partículas en suspensión y a su vez dióxido de carbono y hollines forman una nube baja que aparece en núcleos urbanos grandes o zonas industriales. [6]



Figura 3.4.1 - Esmog en China [31]

### 3.5 Óxidos de nitrógeno

“Los  $\text{NO}_x$  son liberados al aire desde el escape de vehículos, de la combustión del carbón, petróleo o gas natural y durante procesos como la soldadura por arco.

Una vez liberados a la atmósfera por las combustiones, los  $\text{NO}_x$  forman, a través de reacciones fotoquímicas, contaminantes secundarios, por ejemplo el nitrato de peroxiacetilo (PAN), formando el smog fotoquímico, típico de las zonas con gran concentración de vehículos de motor. [7]

Efectos perjudiciales para la salud:

“Es una sustancia corrosiva para la piel y el tracto respiratorio, provocando enrojecimiento y quemaduras cutáneas graves. La inhalación en elevadas concentraciones y durante un corto periodo de tiempo, puede originar un edema pulmonar cuyos efectos no se observan hasta pasadas unas horas, agravándose

con el esfuerzo físico. Una exposición prolongada puede afectar al sistema inmune y al pulmón, dando lugar a una menor resistencia frente a infecciones y causar cambios irreversibles en el tejido pulmonar.” [8]



Figura 3.5.1 - Mascarilla protección esmog [32]

### 3.6 Conflictos globales

Es bien sabido que los yacimientos naturales de combustibles fósiles se encuentran repartidos por todo el planeta y que son motivo de conflictos por tomar su control y derechos a su explotación. Esto también repercute en los ciclos económicos puesto que influye de manera directa sobre el precio del petróleo.



Figura 3.6.1 - Conflictos por el control de los yacimientos de petróleo [33]

## **4 ORGANISMOS Y LEGISLACIÓN**

Para llevar a cabo este estudio se tratará el tema conforme a la legislación vigente en cuanto a materia de contaminación y eficiencia energética a través de los dos siguientes grandes organismos presentados a continuación.

### **4.1 Organización marítima internacional (OMI)**

“Es el organismo especializado de las Naciones Unidas responsable de la seguridad y protección de la navegación y de prevenir la contaminación del mar por los buques. Es la autoridad mundial encargada de establecer normas para la seguridad, la protección y el comportamiento ambiental que ha de observarse en el transporte marítimo internacional. Su función principal es establecer un marco normativo para el sector del transporte marítimo que sea justo y eficaz, y que se adopte y aplique en el plano internacional. ”<sup>[9]</sup>

La misión de la OMI es:

“La misión de la Organización Marítima Internacional (OMI), en su calidad de organismo especializado de las Naciones Unidas, es fomentar, a través de la cooperación, un transporte marítimo seguro, protegido, ecológicamente racional, eficaz y sostenible. Esta misión se cumplirá mediante la adopción de las normas más estrictas posibles de protección y seguridad marítimas, eficacia de la navegación y prevención y control de la contaminación ocasionada por los buques, así como mediante la consideración de los asuntos jurídicos conexos y la implantación efectiva de los instrumentos de la OMI para que se apliquen de manera universal y uniforme.”<sup>[10]</sup>

#### **4.1.1 Convenios**

Los convenios más destacados que creó la OMI son:

- Convenio internacional para la seguridad de la vida humana en el mar, convenio (SOLAS), 1974, enmendado.
- Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, convenio (MARPOL), 1973, modificado por el Protocolo de 1978 y por el Protocolo de 1997.
- Convenio internacional sobre normas de formación, titulación y guardia para la gente de mar (STCW), en su forma enmendada, incluidas las enmiendas de 1995 y las enmiendas de Manila de 2010.

De estos tres convenios mencionados el que más influye en el presente trabajo es el MARPOL.<sup>[11]</sup>

#### **4.1.2 Convenio MARPOL**

Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, más conocido por sus siglas en inglés MARPOL es el principal convenio internacional que vela por la prevención de la contaminación del medio marino por los buques a causa de factores de funcionamiento o accidentales.

En el Convenio figuran reglas que tienen como objetivo prevenir y reducir al mínimo la contaminación generada por los buques, tanto de manera accidental como procedente de las operaciones rutinarias, actualmente incluye seis anexos. En la mayoría de estos anexos figuran zonas especiales en las que se realizan controles estrictos respecto de las descargas operacionales, siendo éstas las que más interesan para este estudio. A continuación se nombran los Anexos:

- Anexo I: Reglas para prevenir la contaminación por hidrocarburos (entrada en vigor 2 de octubre de 1983)
- Anexo II: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias nocivas líquidas transportadas a granel (entrada en vigor: 2 de octubre de 1983)
- Anexo III: Reglas para prevenir la contaminación por sustancias perjudiciales transportadas por mar en bultos (entrada en vigor 01/07/1992)

- Anexo IV: Reglas para prevenir la contaminación por las aguas sucias de los buques (entrada en vigor: 27 de septiembre de 2003)
- Anexo V: Reglas para prevenir la contaminación ocasionada por las basuras de los buques (entrada en vigor: 31 de diciembre de 1988)
- Anexo VI: Reglas para prevenir la contaminación atmosférica ocasionada por los buques (entrada en vigor: 19 de mayo de 2005)

De estos seis anexos el que más relevante para este trabajo será el último (Anexo VI) por ser el que dicta las reglas para la prevención de la contaminación atmosférica de los buques. <sup>[12]</sup>

#### 4.1.3 Plan de gestión de la eficiencia energética del buque (SEEMP)

En virtud del anexo VI del MARPOL desde el 1 de enero de 2013 es aplicable el SEEMP que es una normativa de la OMI cuyo propósito es ayudar a los armadores en la gestión de la eficiencia energética del buque.

El SEEMP estudia y consigue mejoras de la eficiencia del buque para conseguir un ahorro energético. <sup>[13]</sup>

#### 4.1.4 Índice operacional de eficiencia energética (EEOI)

Es una herramienta recomendada por la OMI para evaluar la eficiencia energética del buque, de esta manera se podrán cuantificar los resultados del SEEMP. El EEOI se trata de una herramienta de carácter dispositivo para cuantificar la eficiencia energética del buque en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de carga por milla náutica (gCO<sub>2</sub>/t·nm).

La expresión de cálculo del EEOI es la siguiente:

$$Index = \frac{\sum_i FC_i \cdot C_F}{\sum_j m_{carga,j} \cdot D_i} = \frac{g \text{ CO}_2}{t \cdot \text{milla}}$$

(4.1.4.1)

Donde:

**FC** (Fuel Consumption): Consumo de combustible. Se define como todo el combustible consumido en navegación y puerto o durante un periodo determinado, por las máquinas principales y auxiliares, incluidos los incineradores y las calderas. Las características de estos combustibles se pueden obtener de las notas de entrega de combustible.

**C<sub>F</sub>**: Factor de conversión adimensional entre el consumo de combustible (medido en g) y las emisiones de CO<sub>2</sub> (medidas en g) basándose en el contenido de carbono. Los valores de CF son los siguientes:

Tipo de combustible	Referencia	Contenido de carbono	C <sub>F</sub>
Diésel/gasoil	ISO 8217 - Grados DMX a DMC	0,875	3,206000
Fueloil ligero	ISO 8217 - Grados RMA a RMD	0,860	3,151040
Fueloil pesado	ISO 8217 - Grados RME a RMK	0,850	3,114400
Gas de petróleo licuado (GPL)	Propano	0,819	3,000000
	Butano	0,827	3,030000
Gas natural licuado (GNL)		0,750	2,750000

Tabla 4.1.4.1. Valores de C<sub>F</sub> según tipo de combustible <sup>[43]</sup>

**m<sub>carga</sub>**: Masa de la carga, que incluye, pero no está limitada a: toda la carga gaseosa, líquida y sólida transportada a granel; carga general heterogénea, en contenedores (incluido el retorno de unidades vacías), cargas pesadas, cargas congeladas y refrigeradas, productos forestales y madera; carga transportada en vehículos de transporte de mercancías, automóviles y vehículos de transporte de mercancías a bordo de buques de transbordo rodado y los pasajeros (en el caso de los buques de pasaje y los transbordadores de pasajeros).

La masa de la carga puede especificarse en las siguientes unidades:

- Buques para el transporte de carga seca, buques tanque para líquidos, gaseros, buques de carga de transbordo rodado y buques de carga general: **TONELADAS**
- Buques portacontenedores que transporten exclusivamente contenedores (vacíos o llenos): **TEU**

- Buques que transporten una combinación de contenedores y otras cargas, se recomienda aplicar una masa de 10 t a las TEU llenas y 2 t a las TEU vacías, sumando las toneladas de otras cargas: **TONELADAS**
- Buques de pasaje y buques de pasaje de transbordo rodado, se registra el número de pasajeros o el arqueo bruto del buque: **NPAX o GT**
- Transbordadores de automóviles y buques para el transporte de automóviles: **m.l.**
- Los buques de transporte de vagones de ferrocarril y de transbordo rodado: **Número de vagones y vehículos de transporte de mercancías, o metros lineales de carril ocupados.**
- Los buques que transporten una combinación de pasajeros en vehículos, pasajeros a pie y carga, cada naviera debería adoptar, en función de su tráfico, una media ponderada que refleje la importancia relativa de cada actividad en su caso particular, o utilizar otro tipo de parámetros o indicadores según sea oportuno. Por ejemplo, se podría 0,1 t por pasajero (incluyendo equipaje), 1,5 t por coche y 2 t por m.l.

**D:** Distancia recorrida, definida como la realmente recorrida en el viaje o periodo de análisis en cuestión, expresada en millas marinas (datos del diario de cubierta).

En relación con el viaje:

- Se define como el tiempo que media entre la salida de un puerto y la llegada a otro. También cabe aceptar otras definiciones de viaje, lo importante es que la empresa mantenga una definición consistente en el tiempo.
- Deben incluirse los viajes en lastre, así como los viajes no dedicados al transporte de carga, tales como un viaje para realizar tareas de mantenimiento en dique seco.
- Deben excluirse los viajes necesarios para garantizar la seguridad de un buque o para salvar vidas humanas en la mar. <sup>[14]</sup>

#### 4.1.5 Índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI)

Es una herramienta de la OMI para evaluar la eficiencia energética de un buque futuro (proyecto), de esta manera se puede comprobar que el buque es eficiente desde su proyecto. El EEDI cuantifica la eficiencia energética del buque en términos de emisiones de CO<sub>2</sub> por tonelada de carga por milla náutica (gCO<sub>2</sub>/t.nm). [15]

La expresión de cálculo del EEDI es la de la expresión 4.1.5.1:

$$\frac{\left( \prod_{j=1}^M f_j \right) \left( \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + (P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}^*) + \left( \left( \prod_{j=1}^M f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPII} P_{PII(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AE_{eff(i)}} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) - \left( \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot Capacity \cdot V_{ref} \cdot f_w} \quad (4.1.5.1)$$

Debido a que el EEDI se encarga de evaluar la eficiencia energética de buques en fase de proyecto no considero necesario explicar al completo la expresión de cálculo, pero sí considero que se debería comprender el concepto reflejado con claridad en la fracción 4.1.5.2:

$$EEDI = \frac{CO_2 \text{ emission}}{\text{transport work}} \quad (4.1.5.2)$$

## 4.2 Comisión Electrotécnica Internacional

La comisión electrotécnica internacional, más conocida por sus siglas en inglés: (IEC), es una organización que trabaja por la normalización en los campos eléctricos, electrónicos y relacionados. Publica estándares internacionales y maneja acuerdos de conformidad para sistemas eléctricos y productos electrónicos, sistemas y servicios que son comúnmente conocidos como electrotecnología. Fue fundada en 1906 mediante una resolución del 1904 aprobada en el congreso internacional eléctrico en San Luís, Misouri. Está formada por los organismos de normalización de los países miembros, que son un

total de 83. Entre éstos se encuentran por ejemplo: España, China, Croacia, Chile, Austria, Brasil y Alemania. Todos ellos constituyen el 95% de la energía eléctrica mundial. <sup>[16]</sup>

## **4.2.1 Estándares IEC**

### **4.2.1.1 IEC 60034-30**

Se trata de un estándar para definir las clases de eficiencia en motores de corriente alterna de baja tensión publicado en el año 2008 por la IEC. Este estándar define las clases de eficiencia para los motores y armoniza los requisitos para los motores de inducción en todo el mundo, de ésta manera los fabricantes van a tener menos problemas a la hora de fabricar y distribuir sus motores de manera internacional.

El estándar cubre casi todo tipo de motores como por ejemplo: motores que trabajan en áreas y atmósferas peligrosas y motores marinos.

- Velocidad fija
- 2, 4 y 6 polos
- Desde 0,75 a 375 kW
- Voltaje de hasta 1000V
- 50 Hz y 60 Hz

Los motores que están integrados directamente en una máquina tal como podría ser una bomba, un ventilador y no puedan ser probados de manera independiente no se verán afectados por esta norma. <sup>[17]</sup>

### **Etapas de entrada en vigor de la norma IEC 60034-30 <sup>[18]</sup>**

- A partir del 16 de junio de 2011, el nivel de rendimiento de los motores con una potencia nominal 0,75 a 375 kW no podrá ser inferior al nivel de rendimiento IE2.

- A partir del 1 de enero de 2015, los motores con una potencia nominal de 7,5 a 375 kW no podrán tener un nivel de rendimiento inferior al nivel IE3 o al nivel IE2 que estén equipados con un variador de velocidad.
- A partir del 1 de enero de 2017, todos los motores con una potencia nominal de 0,75 - 375 KW no podrán tener un nivel de rendimiento inferior al nivel de clasificación IE3 o al nivel IE2 y estar equipados con un variador de velocidad.

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

Tabla 4.2.1.1.2: Comparativa eficiencia IEC 60034-30 IE1, IE2 e IE3 [44]

Para calcular la energía ahorrada se empleará la expresión 4.2.1.1.1:

$$E_{ahorrada} = E_{consumida} \left( 1 - \frac{\eta_{IEinicial}}{\eta_{IEdeseado}} \right)$$

(4.2.1.1.1)

## **5 AHORRO DE ENERGÍA**

### **5.1 Definición de eficiencia energética**

Es la reducción de la demanda de potencia y energía a un sistema eléctrico sin que esto afecte al funcionamiento normal de las operaciones o actividades que se realizan en la industria, viviendas o como en el caso de este buque. Una instalación eléctrica eficiente permitirá la optimización técnica y económica lo que se traduce en un doble beneficio, reducción de los costes de explotación y reducción de la contaminación atmosférica. <sup>[19]</sup>

### **5.2 Medidas correctoras para aumentar la eficiencia energética**

Desde un punto de vista técnico para lograr una buena eficiencia energética es necesario centrarse en las siguientes medidas correctoras:

- Conocer donde y cuando se realizan los consumos de energía
- Asegurarse de que éstos consumos son necesarios
- Reducción del consumo energético sin que afecte la operatividad del buque
- Aumento del rendimiento de las instalaciones

Para llevar a cabo estas medidas en este estudio, se partirá del conocimiento de la potencia nominal de todos los equipos involucrados y de los tiempos y situaciones de funcionamiento tanto del buque como de éstos. <sup>[20]</sup>

### **5.3 Costes de una instalación eléctrica**

Al aumentar la eficiencia de una instalación eléctrica también se reducirán los costes de explotación, como ya se había comentado anteriormente.

### **5.3.1 Costes técnicos**

Coste de explotación se define como la pérdida de capacidad de transporte de energía, calentamientos en las líneas de distribución (efecto joule), perturbaciones y caídas de tensión.

#### **5.3.1.1 Por qué son producidos**

- Picos de máxima demanda de energía
- Potencia reactiva
- Corrientes armónicas
- Cargas desequilibradas
- Receptores con baja eficiencia

#### **5.3.1.2 Cómo se reducen**

- Compensando la energía reactiva
- Filtrado de armónicos
- Equilibrando las fases
- Amortiguando picos de máxima demanda
- Utilizando receptores con mayor eficiencia

#### **5.3.1.3 Ventajas de la reducción costes técnicos**

- Reducción del consumo energético
- Mayor rendimiento de las instalaciones eléctricas
- Reducción de pérdidas y calentamiento de líneas
- Reducción de averías
- Reducción de costes de explotación

### **5.3.2 Costes económicos**

Es el importe en términos financieros a pagar a partir de unos costes técnicos. Existen dos tipos: Costes visibles y costes ocultos.

#### **5.3.2.1 Costes visibles**

- Picos de demanda
- Consumo de energía reactiva

##### **5.3.2.1.1 Cómo se reducen**

En el caso concreto de este estudio se valorará la compensación de la energía reactiva causada por las inductancias mediante la instalación de una batería de condensadores

#### **5.3.2.2 Costes ocultos**

- Averías en máquinas y equipos de control
- Costes adicionales en horas de mano de obra
- Consumos de energía no necesarios
- Pérdidas económicas por efecto joule

Para el caso de este estudio se prestará atención a los dos últimos puntos.

### **5.3.2.3 Ventajas de la corrección del factor de potencia o compensación de reactiva**

#### **5.3.2.3.1 Aumento de la potencia disponible**

Al disminuir el consumo de potencia reactiva se reducirá, en consecuencia, la intensidad eficaz en las líneas, lo que permitirá aumentar la potencia disponible en el generador auxiliar que está en funcionamiento.

### **5.3.2.3.2 Reducción de la sección de conductores**

Igualmente que en el anterior apartado, al reducir la potencia reactiva se reducirá la corriente eficaz de línea para una potencia activa, lo que significa que la sección de cable empleada será menor, en este caso no resulta demasiado importante este punto debido a que el buque ya está construido y simplemente se pretende mejorar su eficiencia.

### **5.3.2.3.3 Disminución de las pérdidas por efecto Joule**

La instalación de condensadores permite la reducción de pérdidas por efecto Joule (calentamiento) en líneas de los conductores y transformadores a través de la disminución de la corriente de línea.

### **5.3.2.3.4 Reducción de las caídas de tensión**

Asimismo, permite la reducción de caídas de tensión en los receptores aguas arriba del equipo de compensación. En este caso desde el generador auxiliar hasta el armario principal de distribución.

### **5.3.2.3.5 Reducción de emisiones CO<sub>2</sub>**

Al compensar la potencia reactiva y al mismo tiempo reducir la corriente de línea, se logra reducir la energía perdida por efecto Joule, lo cual permitirá emplear menos combustible para la misma potencia activa, lo que se traducirá en menos emisiones a la atmósfera.

## **5.3.3 Costes ecológicos**

En este caso al hacer el estudio sobre un buque que puede consumir tanto fuel oil pesado (HFO) como gasóleo marino (MDO) los costes ecológicos serán las emisiones contaminantes producidas por la combustión de HFO y MDO.

### 5.3.3.1 Cómo se reducen

- Mejorando los hábitos de consumo energético
- Mejorando el estado de las instalaciones
- Reducción de consumos energéticos en medida de lo posible
- Sustitución de receptores por otros más eficientes

### 5.3.3.2 Ventajas reducción costes ecológicos

- Reducción gases efecto invernadero y contaminación atmosférica
- Reducción costes técnicos y económicos

## 5.4 Conceptos básicos sobre energía

Para una mejor comprensión del estudio será preciso aclarar los siguientes conceptos:

- **Potencia activa, P (kW)**

Se conoce como potencia activa a la potencia demandada por un receptor que es totalmente transformada en trabajo. Los receptores que transforman solo absorben esta potencia se llaman receptores resistivos. <sup>[21]</sup>

- **Potencia reactiva, Q (kVAr)**

Potencia que se emplea para la creación de campos eléctricos y magnéticos: Motores, transformadores, reactancias, etc. El motivo es que las cargas inductivas absorben energía de la red durante la creación de campos magnéticos que necesitan para su funcionamiento. Esta energía produce una pérdida en los conductores, caídas de tensión y un consumo de energía a mayores que no se puede aprovechar de manera directa por los receptores. <sup>[21]</sup>

- **Potencia aparente, S (kVA)**

Es el valor real demandando a la red siendo la suma vectorial de las potencias activas y reactivas. <sup>[21]</sup>

- **Energía consumida (kWh)**  
Es la potencia activa por unidad de tiempo.
- **Factor de Potencia o Coseno de  $\phi$  ( $\cos \Phi$ )**



Figura 5.4.1 - Coseno de  $\phi$  que representa la relación entre potencia activa, reactiva y aparente <sup>[34]</sup>

Las cargas inductivas en una instalación provocan un desfase entre la onda de intensidad y tensión. El ángulo más prácticamente conocido como “factor de potencia” o bien “coseno de  $\phi$ ” mide el desfase e indica la relación entre la potencia reactiva y la potencia activa. Se puede decir que el coseno de  $\phi$  indicaría el “rendimiento” eléctrico de una instalación. <sup>[22]</sup>

## 5.5 Importancia del ahorro energético

Teniendo en cuenta los factores expuestos con anterioridad existen suficientes motivos de peso como para pensar que el ahorro energético es una buena forma de reducir costes.

Utilizando cierta tecnología para aumentar la eficiencia energética como podría ser: el uso de bombillas de bajo consumo, diodos emisores de luz (LED), aumento de la eficiencia de los motores de combustión interna, recuperación de calor de distintos procesos termodinámicos, etc. Y con una buena concienciación para fomentar el ahorro como por ejemplo: Uso adecuado de la energía eléctrica, no dejar correr el agua caliente cuando ésta no se está usando, apagar equipos eléctricos cuando no se usen. Se podría conseguir un importante ahorro energético.

Todo lo expuesto permitirá mejorar la eficiencia de manera notable. Lo que se traduce en alargar la vida del planeta Tierra o, por lo menos, aumentar la calidad de vida en el mismo. A su vez, se reducirán los costes de producción, lo que resultará beneficioso tanto para las compañías como para el consumidor final.

En este estudio analizarán todos los consumos significantes del buque así como los hábitos de los tripulantes para saber si la energía se está usando de una manera “responsable” desde los puntos de vista citados.

También se estudiarán y analizarán todas las medidas viables y con posible aplicación a medio o corto plazo para aumentar la eficiencia energética y el ahorro energético. El análisis comenzará con el cálculo del consumo actual y finalizará con la obtención de la cantidad de energía ahorrada que se podría obtener en caso de aplicar las medidas correctoras propuestas. Este ahorro energético también será evaluado desde un punto de vista económico y de esta manera se sabrá qué medidas son más rentables, lo cual es de gran ayuda para priorizar entre las distintas propuestas de optimización.

## 6 DESCRIPCIÓN DEL BUQUE PETROQUÍMICO MARKOS I

### 6.1 Introducción

Se pretende optimizar el buque tanque petroquímico “Markos I” construido en 2005 partiendo desde la planta eléctrica, principales consumidores, situaciones de consumo eléctrico y hábitos de los tripulantes para tratar de aumentar la eficiencia energética del mismo. Lo que se traducirá en una reducción de la contaminación y del consumo.



Figura 6.1.1 - Buque petroquímico Markos I <sup>[35]</sup>

El “Markos I” tiene 182,83 m de eslora y 32,20 m de manga está registrado bajo bandera chipriota y pertenece a la empresa naviera *Morevest Shipping Company Limited*. La empresa operadora es *Marflet Marine S.A.* con sede en Madrid. La compañía *Navi8* tiene el buque fletado por tiempo (time charter).

El buque carece de rutas fijas, se trata de un buque vagabundo (tramp ship) por lo que puede navegar tanto en zonas en donde es obligado el consumo de un combustible más limpio como el gasóleo marino (MGO) o uno más sucio como el fueloil pesado (HFO). Por esta razón resulta complejo estimar los tiempos de

navegación con un combustible u otro. En este estudio se presentará de manera que las medidas de ahorro cubran todas las situaciones en las que se puede encontrar el buque.

## **6.2 Tipos de combustible consumidos y restricciones por zonas**

En este buque la generación eléctrica se efectúa a partir de cuatro generadores diésel (motores auxiliares) que pueden funcionar tanto con MGO como con HFO dependiendo de la zona en la que navegue el buque.

El MGO es un combustible bajo en azufre con una concentración menor al 0,10% masa/masa que está obligado a ser consumido en zonas de control de emisiones (ECA) a través de la OMI mediante el MARPOL y su Anexo VI, para regular la contaminación emitida por los barcos en relación al  $SO_x$ ,  $NO_x$  y PM.

El estudio para el ahorro energético está hecho sobre un buque real que realiza varias singladuras al año por zonas ECA. Desde la entrada en vigor de la obligación de consumir MGO en zonas específicas los precios del mismo se incrementaron de manera significativa, ocasionando el aumento de los costes de producción de energía eléctrica y repercutiendo económicamente ya que el MGO es mucho más caro que el HFO.

Cuando el buque no se encuentra en una zona ECA, estará navegando en zonas donde está permitido el consumo de HFO, que es un combustible mucho más difícil de tratar para ser consumido y mucho más nocivo para el medio ambiente ya que contiene una concentración del 3,5 % de azufre masa/masa, siendo su gran ventaja el bajo precio en comparación con el MGO. El gran perjuicio ecológico de la contaminación producida por el buque al encontrarse la mayor parte de su tiempo consumiendo este combustible es una buena razón que justifica el estudio y las medidas a tomar para el ahorro energético y por ende la reducción de  $NO_x$ ,  $SO_x$  y PM.

Estas son las zonas ECA: <sup>[23]</sup>

- Zona mar Báltico (sólo SO<sub>x</sub>)
- Zona del Mar del Norte (sólo SO<sub>x</sub>)
- Zona de Norteamérica (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM)
- Zona del mar Caribe de los Estados Unidos (SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> y PM)

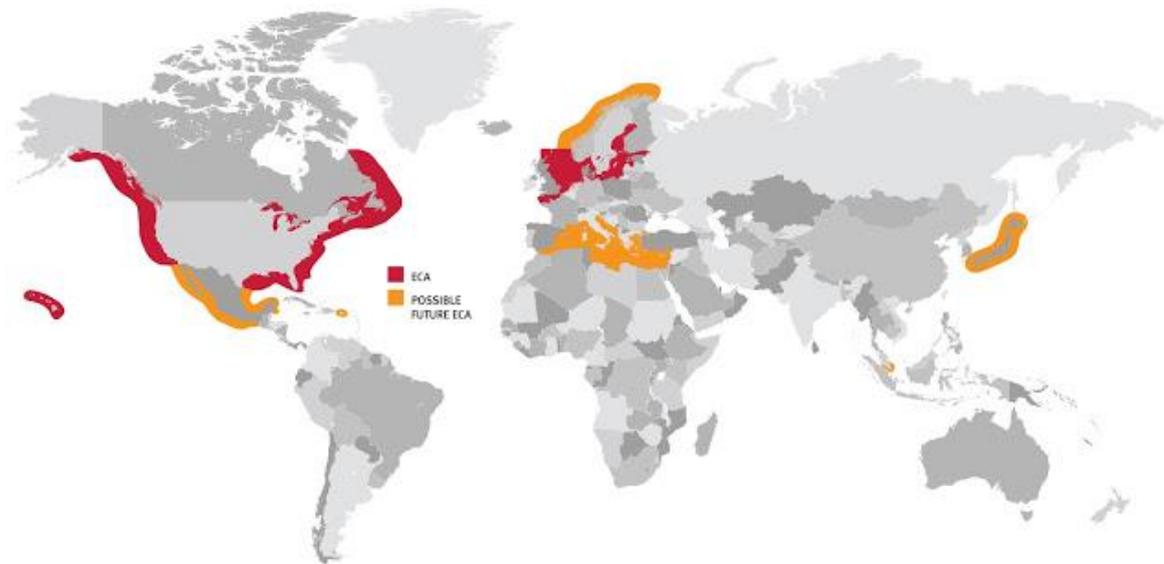


Figura 6.2.1 - Zonas ECA a nivel mundial <sup>[36]</sup>

Previamente a analizar las posibles soluciones para lograr un ahorro energético se debe exponer la situación actual del buque conociendo de dónde provienen sus consumos y por qué.

### 6.2.1 Características y precios de los combustibles

Se tomarán los precios medios observados para el precio de los combustibles.

#### **PRECIOS DE LOS COMBUSTIBLES**

<b>Combustible</b>	<b>Precio por tonelada €</b>
<b>HFO 380</b>	322
<b>MGO</b>	470

Tabla 6.2.1.1. Precio de los combustibles

## 6.2.2 Emisiones según combustible

A continuación se muestran las tablas con los factores de cálculo que se usan en el cálculo de la reducción de la contaminación facilitada por el estudio para gases de efecto invernadero de la OMI del año 2014: <sup>[24]</sup>

Fuel type	% Sulphur content averages – IMO <sup>1</sup>					
	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Average Non-ECA HFO S%	2.42	2.37	2.6	2.61	2.65	2.51
SO <sub>x</sub> EF (g/g fuel)						
Marine fuel oil (HFO)	0.04749	0.04644	0.05066	0.05119	0.05171	0.04908
Marine gas oil (MDO)	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264	0.00264
Natural gas (LNG)	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002	0.00002
PM EF (g/g fuel)						
Marine fuel oil (HFO)	0.00684	0.00677	0.00713	0.00713	0.00721	0.00699
Marine gas oil (MDO)	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102	0.00102
Natural gas (LNG)	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018	0.00018

<sup>1</sup> Source: MEPC annual reports on sulphur monitoring programme

Tabla 6.2.2.1. Factor de cálculo emisiones de SO<sub>x</sub> y PM.  
Estudio gases efecto invernadero 2014 OMI <sup>[45]</sup>

Emissions species	Marine HFO emissions factor (g/g fuel)	Marine MDO emissions factor (g/g fuel)	Marine LNG emissions factor (g/g fuel)
CO <sub>2</sub>	3.11400	3.20600	2.75000
CH <sub>4</sub>	0.00006	0.00006	0.05120
N <sub>2</sub> O	0.00016	0.00015	0.00011
NO <sub>x</sub> Tier 0 SSD	0.09282	0.08725	0.00783
NO <sub>x</sub> Tier 1 SSD	0.08718	0.08195	0.00783
NO <sub>x</sub> Tier 2 SSD	0.07846	0.07375	0.00783
NO <sub>x</sub> Tier 0 MSD	0.06512	0.06121	0.00783
NO <sub>x</sub> Tier 1 MSD	0.06047	0.05684	0.00783
NO <sub>x</sub> Tier 2 MSD	0.05209	0.04896	0.00783
CO	0.00277	0.00277	0.00783
NM VOC	0.00308	0.00308	0.00301

Tabla 6.2.3.2. Factor para cálculo emisiones de NO<sub>x</sub> y CO<sub>x</sub>.  
Estudio gases efecto invernadero 2014 OMI <sup>[46]</sup>

Tal y como se puede observar en las tablas las emisiones de SO<sub>x</sub>, PM y NO<sub>x</sub> son mayores empleando HFO, no siendo así en el caso del CO<sub>2</sub> que las emisiones son superiores empleando MDO.

### 6.3 Planta eléctrica

La planta eléctrica se compone de cuatro generadores accionados por motor diesel de cuatro tiempos que funcionan indistintamente con HFO o con MDO dependiendo de la zona en la que navegue el buque.

Características de los generadores: <sup>[25]</sup>

- Motor: MAN-B&W 6L23/30H
- Potencia máxima: 960 kW
- Régimen de giro: 900 rpm
- Corriente: 1475 A
- Voltaje: 440V
- Frecuencia: 60 Hz (8 polos)
- Factor de potencia: 0,8
- Año de construcción: 2005
- Categoría: OMI Tier I



Figura 6.3.1: Generadores Auxiliares <sup>[37]</sup>

Se puede observar que el consumo del generador es de 3 toneladas al día para una potencia continua media de aproximadamente 520 kW.

<b>Potencia media (kW)</b>	<b>Generado por día (kWh)</b>	<b>Consumo por día (Tn)</b>	<b>Tonelada / kWh día</b>
520	12480	3	0,00024

Tabla 6.3.1. Consumo de los generadores

El número de generadores en funcionamiento dependerá fundamentalmente de la situación operativa del barco, que podría ser cualquiera de las cuatro siguientes:

1. Durante la navegación: Solo va a haber un generador funcionando debido a la poca carga.
2. Durante el proceso de carga del buque: En esta situación no será necesario el uso de compresores de nitrógeno puesto que los tanques deben estar inertizados antes de arribar, o bien el puerto se encarga del inertizado. Únicamente se debería tener en cuenta el consumo de las dos bombas de lastre. Durante el proceso de carga tampoco se usan las bombas de carga del buque.
3. Durante el proceso de descarga del buque: Dependiendo del caudal al que se pueda descargar y de la cantidad de tanques descargados simultáneamente. En este caso se utilizarán las bombas de carga por lo que la carga eléctrica subirá notablemente, aproximadamente a unos 550 kW por generador, sin olvidar que también se utilizarán los generadores de nitrógeno y las bombas de lastre.
4. Durante la inertización y/o lavado: El número de generadores trabajando dependerá del caudal requerido para inertizar los tanques de carga, que a su vez estará condicionado por la cantidad de compresores de nitrógeno en marcha.

### 6.3.1 Regulación MARPOL sobre las emisiones de NO<sub>x</sub>

En el Anexo VI del MARPOL se exige un control para las emisiones de NO<sub>x</sub> que se aplica a todos los motores diésel marinos de más de 130 kW, que no sean

usados como generadores de emergencia. Para reducir estas emisiones hay unos límites de emisión de  $\text{NO}_x$  que varían según el año de construcción del motor: <sup>[26]</sup>

Tier	Ship construction date on or after	Total weighted cycle emission limit (g/kWh) n = engine's rated speed (rpm)		
		n < 130	n = 130 - 1999	n ≥ 2000
I	1 January 2000	17.0	$45 \cdot n^{(-0.2)}$ e.g., 720 rpm – 12.1	9.8
II	1 January 2011	14.4	$44 \cdot n^{(-0.23)}$ e.g., 720 rpm – 9.7	7.7
III	1 January 2016*	3.4	$9 \cdot n^{(-0.2)}$ e.g., 720 rpm – 2.4	2.0

Tabla 6.3.1.1: Clasificación Tier para motores diésel marinos según OMI <sup>[47]</sup>

Los generadores auxiliares del “Markos I” son anteriores al 2011 (Tier I), por lo que sabiendo la velocidad de giro y por medio de la expresión 6.3.2.1 se puede hallar la cantidad máxima emitida de  $\text{NO}_x$  por cada generador:

Velocidad de giro aproximada: 900 rpm

$$\text{NO}_x \rightarrow 45 \times 900^{-0,2} = 11,54 \text{ g/kWh}$$

(6.3.1.1)

Este dato será de gran utilidad más tarde para calcular la cantidad de  $\text{NO}_x$  que dejará de emitirse a la atmósfera desde el barco.

### 6.3.2 Transformadores 440V- 230V

El “Markos I” dispone de 4 transformadores para transformar la tensión de 440V a 230V para el uso de corriente eléctrica en la habilitación y demás consumidores repartidos por todo el buque, como iluminación de cubierta, sala de  $\text{CO}_2$ , bow thruster, heating room, bosun locker, etc. Estos equipos no serán motivo de estudio.

## 6.4 Principales consumidores de energía

### 6.4.1 Iluminación

Actualmente toda la iluminación está proporcionada por fluorescentes y bombillas de bajo consumo en la cubierta principal y el castillo de proa. Se debe destacar que la potencia reactiva generada por los fluorescentes no se tendrá en cuenta para el estudio ya que es de poca importancia en comparación con la potencia reactiva de los motores eléctricos. A continuación se definirán varios tipos de iluminación según el uso o localización:

#### 6.4.1.1 Espacios comunes y habilitación

Son todos los espacios accesibles para la tripulación que están situados en la habilitación. La iluminación de los pasillos debe estar encendida 24 h 7 días a la semana por orden expresa de la naviera a través del sistema de gestión de la seguridad operacional (SMS), sin embargo la iluminación de zonas como podrían ser el comedor, oficinas, salón de TV o gimnasio podría estar apagada. Esto último dependerá de la concienciación energética de la tripulación. De forma detallada se explicará el uso observado y hábitos de la tripulación en los diferentes espacios del barco:

- **Camarotes:**

Se ha observado que la tripulación suele dejar la iluminación encendida prácticamente todo el día aunque nadie se encuentre en el camarote, esto se debe a una falta de concienciación energética. La iluminación por cada camarote se basa en 2 fluorescentes de 20 W cada unidad por plafón existiendo 2 plafones por camarote sin olvidar un pequeño fluorescente de 20 W en el baño.

- **Comedor de oficiales:**

La iluminación permanece encendida prácticamente todo el día.

- **Oficinas Capitán y Jefe de Máquinas:**

En este caso la iluminación está encendida durante las 24 h del día de aunque no haya nadie en las oficinas, esto produce un gasto significativo a largo plazo.

- **Oficina Primer Oficial de puente:**

Iluminación únicamente encendida durante unas horas al día al ser un espacio bien iluminado naturalmente, además el primer oficial apaga las luces cuando dejaba de usar la oficina alrededor de las 18h de la tarde, buena conciencia ecológica.

- **Sala de control de carga:**

Se ha observado el mismo hábito que en el caso anterior ya que es un espacio ocupado todo el tiempo por el primer oficial durante su jornada laboral.

- **Salón de TV de marineros y oficiales:**

Únicamente se usa la iluminación durante algunas horas durante la tarde, después de la jornada laboral. Se ha observado que por la noche o cuando nadie está usando estos salones se apagan las luces.

- **Comedor oficiales y marineros de guardia:**

En el primero se usan las luces 4 horas diariamente puesto que este espacio no se usa mucho.

El comedor de marineros no se usa y su iluminación permanece siempre apagada.

- **Gimnasio:**

Es un espacio que permanece con la iluminación encendida durante todo el día sin motivo alguno.

- **Lavandería de marineros y oficiales:**

Es un espacio de la habitación muy concurrido debido a ello la iluminación permanece siempre encendida puesto que la tripulación al trabajar a guardias lava la ropa cuando puede.

- **Puente de navegación:**

Durante la navegación la iluminación permanece apagada, cuando el buque se encuentra en fondeo o atracado en puerto para operaciones la iluminación permanecerá encendida. Se ha observado que esta iluminación permanece más horas apagada que encendida por lo que aquí el consumo es ínfimo en comparación con la iluminación del resto del buque que sí está siempre encendida.

- **Sala de espuma contra incendios:**

La iluminación se encuentra permanentemente encendidas por órdenes expresas de la compañía en el SMS de la naviera.

- **Gambuza:**

La iluminación de este espacio permanece encendida durante toda la jornada laboral del personal de fonda aún cuando no se está trabajando dentro de la gambuza o cámaras frigoríficas.

- **Cocina:**

La iluminación permanece encendida hasta el fin de la jornada laboral del personal de fonda, quedando también encendidas aproximadamente 3 horas por la tarde cuando no hay nadie en la cocina.

#### 6.4.1.2 Cubierta

Dos situaciones condicionarán el uso de iluminación en cubierta:

- **En navegación:**

En esta situación únicamente se usan las luces de navegación en proa y popa desde la puesta de sol hasta que sale.

No se emplea iluminación para la pasarela principal de cubierta y otras áreas de cubierta.

- **En fondeo o en puerto durante operaciones:**

En cubierta únicamente se usa iluminación durante el proceso de carga o descarga del barco o cuando este está atracado o en fondeo, durante todo el tiempo que duren las operaciones desde la puesta de sol hasta que sale. Pasarela iluminada al igual que luces en popa y proa.

## **6.4.2 Sala de máquinas**

### **6.4.2.1 Sala de control de máquinas**

El espacio de máquinas debe estar iluminado 24 h durante los 7 días de la semana por orden expresa de la naviera y reflejado en el SMS.

Consta de 8 plafones de iluminación con 2 fluorescentes de 20 W cada uno.

- **Sala de máquinas:**

Es donde se produce el mayor consumo de iluminación ya que es un espacio sin iluminación natural y cuenta con muchas luces que deben estar iluminadas durante 24 h al día los 7 días de la semana. Deben estar encendidas por orden expresa de la naviera así figurará en el SMS. Estas luces comprenden toda iluminación dentro de la sala de máquinas tanto para sus espacios más pequeños propios de la máquina como otros asociados que recaen sobre el departamento de máquinas.

- **Taller eléctrico:**

Debe estar iluminado 24 h al día los 7 días de la semana por orden expresa del SMS de la naviera. Consta de 4 fluorescentes de 20 W cada uno.

- **Sala de convertidores de frecuencia:**

Está iluminado durante 24 h al día los 7 días de la semana por orden expresa del SMS de la naviera. Consta de 6 plafones de iluminación con 2 fluorescente de 20 W cada uno.

- **Taller mecánico:**

Está iluminado durante 24 h al día los 7 días de la semana por orden expresa del SMS de la naviera. Consta de 6 plafones de iluminación con 2 fluorescentes de 20 W cada uno.

- **Pañol químico:**

Consta de dos espacios separados por ácidos y bases.

- **Doble fondos y sentinas:**

Iluminan toda la parte del suelo de la máquina y debe estar encendida durante 24 h al día los 7 días de la semana para operar con seguridad equipos y descubrir posibles averías.

- **Almacén de la sala de máquinas:**

Pequeño espacio iluminado permanentemente.

- **Salidas de emergencia de la máquina:**

Pasaje vertical que debe estar siempre iluminado por seguridad, sube desde la primera cubierta de la máquina hasta la cubierta principal del buque.

- **Incinerador:**

Es un espacio perteneciente a la sala de máquinas pese a encontrarse fuera de esta y se encuentra iluminado permanentemente.

- **Generador de emergencia:**

Pertenece al departamento de máquinas aunque se encuentre fuera de la sala. Es un espacio que se encuentra iluminado de manera permanente.

- **Hélice de proa:**

A pesar de encontrarse en la proa del buque pertenece a la sala de máquinas, debe estar encendida de manera permanente.

### 6.4.3 Informática

Durante mi estancia a bordo del “Markos I” he podido observar que hay unos equipos informáticos críticos que deben estar siempre encendidos para poder monitorizar la sala de máquinas y los tanques de carga. Pero hay una serie de equipos que solo se usan durante la jornada laboral como los ordenadores portátiles de las oficinas. A continuación se van a nombrar la cantidad y emplazamiento de equipos críticos:

- **Oficina del Jefe de Máquinas:**

Contiene un ordenador portátil que solo se usa durante el día para trabajar pero está siempre encendido. El equipo no es muy antiguo por lo cual su eficiencia es bastante alta.

- **Camarote del Capitán:**

Contiene un ordenador portátil que solo se usa durante el día para trabajar pero está siempre encendido. El equipo no es muy antiguo por lo cual su eficiencia es bastante alta.

- **Oficina del Primer Oficial de puente:**

Contiene un ordenador portátil que se usa durante la jornada laboral para trabajar pero siempre está encendido. El equipo no es muy antiguo por lo cual su eficiencia es bastante alta. Además hay otro ordenador portátil para el trabajo de otro oficial.

- **Control de sala de máquinas:**

Contiene un ordenador portátil para trabajar, está siempre encendido. El equipo no es muy antiguo por lo que su eficiencia no es muy baja.

También consta de dos ordenadores de sobremesa que se usan para monitorizar los equipos de la sala de máquinas, estos ordenadores deben estar en marcha de forma permanente. Estos dos ordenadores de sobremesa son equipos antiguos por lo que su eficiencia puede ser cuestionada al compararse con equipos más actuales.

- **Camarotes tripulación:**

Se ha observado que generalmente los tripulantes disponen de un ordenador portátil y un smartphone. El ordenador se usa de manera diaria por cada uno de los tripulantes durante unas 3 horas de media por lo que si se cuentan todos los ordenadores presentes en el buque si representarían un consumo significativo a diferencia de lo que pasaría con los smartphones donde el consumo es mucho menor. Por esta razón los smartphones no se tendrán en cuenta. Sin embargo no es posible actuar sobre este consumo ya que no se puede obligar a la tripulación a comprar equipos más eficientes o restringir el uso de los mismos.

A bordo hay 4 televisores con pocos años de antigüedad pero se usan con poca frecuencia por lo que no serán motivo de estudio.

#### 6.4.4 Electrodomésticos

- **Lavadora industrial:** Únicamente hay una lavadora de este tipo a bordo, se usa de manera diaria independientemente de la situación del buque, para lavar la ropa de trabajo de la tripulación. El equipo es relativamente antiguo por lo que el consumo si distará mucho de uno más moderno. El tiempo estimado de uso diario de este equipo es de 12 horas.
- **Lavadora doméstica:** Hay 3 lavadoras de este tipo, se usan de manera diaria independientemente de la situación del buque, estimando un uso de alrededor de 12 horas al día.
- **Secadora doméstica:** Hay 2 secadoras en el buque, se usan el mismo tiempo que las lavadoras.
- **Nevera doméstica:** Hay una nevera para el comedor de oficiales y otra para el comedor de la tripulación. Se trata de unos equipos relativamente modernos por lo que la eficiencia no va a distar mucho de uno moderno. Es muy difícil estimar el tiempo de uso de este equipo por lo que se le asignará el tiempo máximo por día para contemplar el caso más extremo y obtener unos resultados más visibles.
- **Nevera pequeña:** Es muy difícil estimar el tiempo de uso de estos equipos por lo que se le asignará el tiempo máximo por día para contemplar el caso más extremo y obtener unos resultados más visibles. Hay una en el puente de navegación, en el salón de marineros, en el salón de oficiales y en la sala de control de máquinas.

#### 6.4.5 Motores eléctricos

##### 6.4.5.1 Climatización

###### 6.4.5.1.1 Habilitación

La habilitación del buque está climatizada para tener una atmósfera confortable y hacer más agradable la vida a bordo. La habilitación está equipada con una

unidad de tratamiento de aire que incluye todos los ventiladores y trampillas para renovar y recircular el aire.

- Frío

El aire frío se consigue gracias a un compresor de aire acondicionado que se encuentra situado en la sala de máquinas y su uso estará condicionado por la temperatura exterior, dos situaciones posibles:

- Temperatura exterior alta: Compresor funcionando durante todo el día, se ajustará la carga del mismo para regular la temperatura.
- Temperatura exterior baja: Se apaga el compresor.

La carga del compresor se puede regular permitiendo ajustar la temperatura de la atmósfera de la habitación que estará condicionada por la zona en la que se navegue.

- Calor

El aire caliente se logra a partir de unos intercambiadores de calor, pero este sistema no se suele usar nunca bajo la decisión del jefe de máquinas. Al funcionar a través de vapor de la caldera no es motivo de estudio.

#### **6.4.5.1.2 Sala control de máquinas**

El aire acondicionado de esta sala está continuamente encendido y no es posible regular la carga del compresor, el compresor funciona siempre al mismo régimen, teniendo un consumo muy lineal. Si se desea aumentar la temperatura en la sala de control se debe parar el compresor. Cabe mencionar que este espacio no cuenta con ningún tipo de sistema de calefacción.

#### **6.4.5.1.3 Taller mecánico**

Está equipado con un pequeño compresor de aire acondicionado que está funcionando durante las horas de trabajo de taller, lo que se traduce a un uso de

ocho horas diarias aproximadamente. En esta zona tampoco se puede ajustar la temperatura ergo no se puede ajustar la carga del compresor lo que se traduce en un consumo constante.

#### 6.4.5.2 Sala de máquinas

La sala de máquinas es un espacio repleto de motores eléctricos y muchos de ellos únicamente funcionan bajo necesidades y condiciones concretas. Pero otros motores eléctricos funcionan de manera permanente para mantener la operatividad del buque. Estos últimos son los que se tendrán en cuenta para el estudio. Se detallará un balance energético y las diferentes situaciones para los motores eléctricos más destacables de la sala de máquinas.

##### 6.4.5.2.1 Distribución de aceite del motor principal

De este sistema sólo se analizará el consumo de la bomba de aceite de recirculación del motor principal puesto que funciona bajo dos situaciones:

- Navegación; Funciona 24 horas.
- Fondeo o puerto: Bomba completamente parada.



Figura 6.4.5.2.1.1 - Bombas de circulación aceite motor principal <sup>[38]</sup>

El análisis se centrará en el consumo durante la navegación ya que es un equipo que pasa muchas horas en funcionamiento y tiene alta potencia eléctrica.

#### **6.4.5.2.2 Tratamiento de aceite**

Este sistema consta de una pequeña bomba que bombea el aceite que será depurado desde el cárter del motor hasta las depuradoras. También se deberá contar con el uso y consumo de los motores eléctricos que se usan a la hora de depurar, por lo que podría resumir de la siguiente manera:

- 1) Motor eléctrico para bombear desde el cárter hasta la sala de depuradoras
- 2) Motor eléctrico de la depuradora

Estos equipos sólo funcionan cuando el motor principal está en marcha, es decir cuando se está en navegación.

#### **6.4.5.2.3 Trasiego y tratamiento de combustible**

Se incluyen todos los equipos que se ven involucrados en el trasiego y tratamiento de combustible desde los tanques almacén a los tanques de servicio y hasta los motores eléctricos que se usan para el proceso de tratamiento del combustible, por ejemplo los motores utilizados para los siguientes equipos:

- 1) Bomba de trasiego
- 2) Bombas de las depuradoras
- 3) Motor que permite la rotación de la depuradora
- 4) Bombas feeder principal y auxiliares (suministro)
- 5) Bombas booster principal y auxiliares (circulación)

Cuando el buque está consumiendo HFO las bombas feeder y las bombas booster están funcionando de manera ininterrumpida, cuando el barco está consumiendo MDO las bombas de la unidad de preparación de combustible se paran.



Figura 6.4.5.2.3.1 - Unidad preparación combustible auxiliares <sup>[39]</sup>



Figura 6.4.5.2.3.2 - Depuradoras de gasóleo y aceite <sup>[40]</sup>

La bomba de trasiego se usa diariamente cuando el buque se encuentra en navegación, unas 2 horas aproximadamente, como es poco tiempo no se tendrá

en cuenta. Los motores eléctricos para las depuradoras de HFO se usan bajo toda situación del buque.

#### **6.4.5.2.4 Calderas**

El buque está equipado con dos tipos calderas:

##### **6.4.5.2.4.1 Caldera de recuperación**

Esta caldera funciona recuperando el calor de los gases de escape del motor principal mientras el motor principal está funcionando, es decir en navegación. Cuando el motor principal no está funcionando se usa el quemador de tal forma que es un equipo que está en uso las 24 h del día para mantener la temperatura adecuada en los tanques de H.F.O.

- F.O. Preparation Unit y alimentación agua.

Compuesto por:

- Dos bombas tipo feeder pump, únicamente una funciona 24 h al día.
- Dos bombas alimentación agua caldera, únicamente una funciona 24 h al día.

##### **6.4.5.2.4.2 Caldera Auxiliar**

Esta caldera únicamente funciona en las siguientes condiciones:

- Limpieza de tanques, siempre y cuando sea necesario un lavado con agua caliente.
- Se precisa aumentar la temperatura de la carga.

El uso de esta caldera depende mucho del tipo de fletes que realice el buque, la zona y la estación del año. Asimismo, también depende de la compatibilidad entre las cargas transportadas.

#### 6.4.5.2.5 Bombas agua de lavado

El buque cuenta con dos bombas para el agua de lavado de tanques y líneas, durante la limpieza solamente se usa una de ellas, la otra es de respeto. Durante el lavado la bomba está funcionando de manera ininterrumpida hasta que finaliza la operación de lavado.

#### 6.4.5.2.6 Circuito agua de refrigeración

Se trata de conjunto de equipos que mueven y canalizan el fluido de refrigeración por todo el circuito. Este se compone de diferentes motores eléctricos:

- Tres bombas de agua salada (Seawater pump)
- Tres bombas de circuito de baja temperatura (L.T. Cooling water pump)
- Dos Bombas de circuito alta temperatura (H.T. Cooling water pump)



Figura 6.4.5.2.6.1 - Bombas de agua salada <sup>[41]</sup>

Es un sistema que tiene que estar siempre en funcionamiento por lo que como mínimo debe haber en activo una bomba de agua salada, dos bombas de circuito de baja temperatura y una bomba para circuito de alta temperatura.

#### 6.4.5.2.7 Compresores de nitrógeno

El buque cuenta con 4 compresores que se usan para inertizar los tanques antes de llegar a puerto y durante la descarga. El número de compresores a utilizar está condicionado por el ratio de descarga o por la cantidad de tanques que es necesario inertizar.

#### 6.4.5.2.8 Compresores de aire para el arranque del motor principal

Este equipo comprime aire hasta 30 bar, para ello se sirve de dos compresores alternativos de dos etapas, estos compresores rellenan las dos botellas para el arranque del motor principal. Los dos compresores no están siempre funcionando, su funcionamiento dependerá del estado del buque:

- Buque en navegación: Sólo funciona un compresor durante pocas horas.
- Buque en maniobra: Dos compresores funcionando simultáneamente.



Figura 6.4.4.2.8.1 - Compresores arranque motor principal <sup>[42]</sup>

Durante la navegación pese a no ser necesario el aire para arrancar el motor principal el compresor funciona algunas horas al día para compensar las pérdidas

de aire del circuito de alta presión. Este tiempo de funcionamiento se estimará según la experiencia, debido a la imposibilidad de calcularlo.

#### **6.4.5.2.9 Compresor de emergencia**

Este equipo está en stand-by durante la navegación, durante las maniobras funciona conjuntamente con los dos compresores de aire para el arranque del motor principal.

#### **6.4.5.2.10 Compresor de aire de trabajo**

El compresor es de tipo tornillo, trabaja aproximadamente 12 h al día y se encarga de mantener la presión del circuito de aire de trabajo. El circuito de aire de trabajo es el encargado de suministrar aire para trabajar con maquinaria neumática tanto en cubierta como en la propia máquina, además existen otros equipos (sensores) que requieren aire a presión para funcionar, por ejemplo los sensores de nivel de agua del pozo de condensados.

#### **6.4.5.2.11 Compresores de la planta de provisiones**

Son los encargados de enfriar y mantener a bajas temperaturas las gambuzas. El sistema se compone de dos compresores, un principal que trabaja unas 12 h diarias aproximadamente y otro compresor de respeto que simplemente está en stand-by por si el primero fallara.

#### **6.4.5.2.12 Ventilación**

La ventilación de la sala de máquinas se lleva a cabo con 4 ventiladores de gran tamaño que fuerzan la entrada de aire a la máquina para la renovación de aire y ventilación de la misma. Estos ventiladores funcionan durante 24 h al día, salvo

en ciertos momentos puntuales de picos de consumo que se les reduce la velocidad o incluso se apaga alguno para evitar encender otro generador auxiliar.

Estos motores presentan un gran consumo, uno de los motivos por los que he decidido a optimizar este buque es para evitar tener que apagar o ralentizar la ventilación en ciertos momentos, debido a que es perjudicial para los equipos, sobretodo eléctricos que se encuentran en la máquina y a su vez resulta muy molesto para el personal del departamento de máquinas.

### **6.4.5.3 Cubierta**

#### **6.4.5.3.1 Bombas de lastre**

Son dos bombas centrífugas, movidas por motores eléctricos y variador de frecuencia, que se usan para lastrar y deslastrar el buque, se encuentra una a cada banda del buque. El uso de estas bombas depende de muchos factores por lo que será estimado.

#### **6.4.5.3.2 Bombas de carga**

El sistema se compone de 20 bombas centrífugas, movidas por motores eléctricos y variador de velocidad.

En ningún caso se utilizarán las 20 bombas a la vez, el número máximo de bombas empleadas al mismo tiempo será de 6 por limitaciones del buque.

Se tomará la potencia nominal de las bombas para realizar los cálculos de consumo energético en el balance eléctrico y en las medidas propuestas.

## 6.5 Balance eléctrico

El balance eléctrico permitirá observar de manera rápida y sencilla las principales demandas energéticas bajo las distintas situaciones en las que se encuentre el barco. Se usarán los rendimientos IE 1 para calcular la potencia activa. Los resultados son mostrados diariamente en las siguientes tablas: <sup>[28]</sup>

- Balance eléctrico durante la navegación
- Balance eléctrico durante la maniobra
- Balance eléctrico durante la descarga
- Balance eléctrico durante la carga
- Balance eléctrico durante la inertización
- Balance eléctrico durante el lavado de tanques

## 6.5.1 En navegación

## CONSUMOS EN NAVEGACIÓN

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	24	1354,84
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	24	50,80
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	1	25	0,6	15	89,5	16,76	24	402,23
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	24	368,42
Compresor arranque M.E	1	25	0,8	20	89,5	22,35	5	111,73
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	0	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	0	0,00
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	24	108,84
Depuradora lubricante A.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	4	18,14
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	271,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	12	117,32
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	1	24	0,8	19,2	89,5	21,45	24	514,86
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	1	12	0,6	7,2	87,5	8,23	6	49,37
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	24	24,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	22,35	24	2145,25
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	1	0,8	0,8	0,64	77	0,83	6	4,99
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	0	200	1	200	94,1	212,54	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	94	272,87	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh): 12207,67</b>								

Tabla 6.5.1.1. Consumo eléctrico en navegación

## 6.5.2 En maniobra

## CONSUMOS EN MANIOBRA

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	2	112,90
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	2	4,23
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	2	4,52
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	2	7,20
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	2	3,48
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	2	4,94
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	2	73,16
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	2	141,77
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	2	30,73
Generador de agua dulce	0	25	0,6	15	89,5	16,76	0	0,00
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	2	30,70
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	1	44,69
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	1	22,37
Compresor de emergencia	1	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	1	6,45
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	2	22,37
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	2	18,26
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	2	94,62
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	2	17,14
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	2	9,07
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	2	22,60
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	2	19,55
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	2	3,36
Tratamiento agua dulce	0	24	0,8	19,2	89,5	21,45	0	0,00
Hélice de proa	1	1000	0,8	800	100	800,00	1	800,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	2	2,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	2	4,11
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	2	6,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	22,35	2	178,77
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	2	8,67
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	2	4,29
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	2	5,96
Ventilador cocina	0	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	0	0,00
Consumos cocina	0	64	0,35	22,4	100	22,40	0	0,00
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	2	18,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	2	32,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	0	200	1	200	94,1	212,54	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	2	16,50
Molinete	3	45	0,8	36	92,9	38,75	1	116,25
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	94	272,87	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh): 2197,28</b>								

Tabla 6.5.2.1. Consumo eléctrico en maniobra

### 6.5.3 En operación de descarga

#### CONSUMOS EN DESCARGA

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	0	70	0,75	52,5	93	56,45	0	0,00
Bomba depuradoras M.E	0	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	0	0,00
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	0	25	0,6	15	89,5	16,76	0	0,00
Bomba hidráulica del timón	0	35	0,4	14	91,2	15,35	0	0,00
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	12	536,31
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	1	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	12	77,40
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	271,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	24	234,64
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	0	24	0,8	19,2	89,5	21,45	0	0,00
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	0	10	0,1	1	100	1,00	0	0,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	22,35	24	2145,25
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	1	6,2	0,7	4,34	86	5,05	24	121,12
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	1	73	1	73	93	78,49	10	784,95
Bomba de carga	6	200	1	200	94,1	212,54	18	22954,30
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	4	285	0,9	256,5	94	272,87	18	19646,81
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh): 53437,66</b>								

Tabla 6.5.3.1. Consumo eléctrico en operación de descarga

## 6.5.4 En operación de carga

## CONSUMOS EN CARGA

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	0	70	0,75	52,5	93	56,45	0	0,00
Bomba depuradoras M.E	0	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	0	0,00
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	0	25	0,6	15	89,5	16,76	0	0,00
Bomba hidráulica del timón	0	35	0,4	14	91,2	15,35	0	0,00
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	12	536,31
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	1	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	12	77,40
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	271,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	24	234,64
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	0	24	0,8	19,2	89,5	21,45	0	0,00
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	0	10	0,1	1	100	1,00	0	0,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	22,35	24	2145,25
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	1	6,2	0,7	4,34	86	5,05	24	121,12
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	1	73	1	73	93	78,49	10	784,95
Bomba de carga	0	200	1	200	94,1	212,54	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	94	272,87	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh): 10836,55</b>								

Tabla 6.5.4.1: Consumo eléctrico en operación de carga

### 6.5.5 En operación de inertización

#### CONSUMOS DURANTE LA INERTIZACIÓN

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	14	790,32
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	14	29,63
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	14	31,61
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	14	50,37
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	14	24,34
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	14	34,57
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	14	512,12
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	14	992,37
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	14	215,14
Generador de agua dulce	1	25	0,6	15	89,5	16,76	14	234,64
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	14	214,91
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	12	536,31
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	0	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	0	0,00
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	12	109,59
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	14	662,37
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	14	120,00
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	14	63,49
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	14	158,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	14	136,87
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	14	23,51
Tratamiento agua dulce	1	24	0,8	19,2	89,5	21,45	14	300,34
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	14	14,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	14	28,80
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	14	42,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	22,35	14	1251,40
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	14	60,72
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	14	30,06
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	14	41,75
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	14	224,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	0	200	1	200	94,1	212,54	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	14	115,50
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	4	285	0,9	256,5	94	272,87	14	15280,85
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh): 23274,79</b>								

Tabla 6.5.5.1: Consumo eléctrico en operación de inertización

### 6.5.6 En operación de lavado de tanques

#### CONSUMOS DURANTE LAVADO DE TANQUES

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	24	1354,84
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	24	50,80
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	1	25	0,6	15	89,5	16,76	24	402,23
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	24	368,42
Compresor arranque M.E	1	25	0,8	20	89,5	22,35	5	111,73
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	0	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	0	0,00
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	24	108,84
Depuradora lubricante A.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	4	18,14
Bomba circulación caldera	2	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	542,37
Bomba alimentación caldera	2	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	12	234,64
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	1	24	0,8	19,2	89,5	21,45	24	514,86
Hélice de proa	1	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	1	12	0,6	7,2	87,5	8,23	6	49,37
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	24	24,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	22,35	24	2145,25
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	1	0,8	0,8	0,64	77	0,83	6	4,99
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	6	200	1	200	94,1	212,54	2	2550,48
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	1	98	0,8	78,4	93	84,3	24	2023,23
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	94	272,87	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh):17169,88</b>								

Tabla 6.5.6.1: Consumo eléctrico en operación de lavado de tanques

## 7 PROPUESTAS PARA AUMENTAR LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

Una vez analizados los consumos energéticos actuales del buque bajo las situaciones de operación habituales se ofrecerán unas medidas de mejora que permitan hacer el buque más eficiente.

Se estimarán los tiempos de funcionamiento de los equipos estudiados según nuestra propia experiencia, también se tendrán en cuenta los hábitos observados en la tripulación.

Para cada medida de mejora se explicará en qué consiste y la forma de llevarla a cabo. Los resultados cuantitativos tanto energéticos como económicos se detallarán en el apartado de resultados.

Haremos tres grupos para dividir las medidas de mejora:

### 1. Consumo responsable de la energía

- Iluminación: Labores de concienciación para el personal a bordo sobre el uso responsable de la luminaria.
- Informática: Limitando el uso de los equipos informáticos a bordo.

### 2. Receptores más eficientes

- Iluminación: Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.
- Informática: Sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes.
- Electrodomésticos: Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes.
- Motores eléctricos: Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2.

### 3. Corrección del factor de potencia

- Batería de condensadores: Reducirá la potencia reactiva inductiva y con ello las pérdidas por el efecto joule producidas desde las líneas principales de los generadores auxiliares hasta los armarios de distribución eléctrica.

Las propuestas anteriores supondrán indudablemente un ahorro energético pero también habrá que tener en cuenta si la inversión requerida podrá ser amortizada a lo largo de la vida útil del buque.

## **7.1 Consumo responsable de la energía**

Se harán cursillos online (VIDEOTEL) de concienciación energética para la tripulación de esta manera se fomentará el ahorro energético. Con una buena concienciación energética por parte de todo el personal a bordo se verán resultados sin apenas realizar inversión financiera, puesto que el programa de cursillos online se paga igualmente para realizar otros cursillos.

### **7.1.1 Uso responsable de la iluminación**

Se efectuarán cambios en los hábitos diarios de utilización de la iluminación por parte del personal a bordo, la iluminación solo se encenderá en los espacios que se estén utilizando y en los espacios que sea requerido por el SMS.

### **7.1.2 Uso responsable de los equipos informáticos**

Se efectuarán cambios en los hábitos diarios de uso de los equipos informáticos, estos solo se utilizarán cuando sea necesario y se apagarán después.

## **7.2 Receptores más eficientes**

### **7.2.1 Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED**

En la actualidad existen distintas tecnologías para iluminar grandes espacios. En este estudio sólo serán de interés las más económicas: lámparas fluorescentes y lámparas LED. Actualmente el buque está iluminado con lámparas fluorescentes, por lo que se comenzará proponiendo el cambio a tecnología LED. Por ello a continuación se explicarán ambas tecnologías, sus ventajas e inconvenientes.

### **7.2.1.1 Iluminación fluorescente**

La iluminación fluorescente empleada actualmente en el buque consiste en un tubo de vidrio con diversas sustancias químicas en su interior llamadas comúnmente fósforos, pese a no contener fósforo, también contienen una pequeña cantidad de vapor de mercurio y de gas inerte (argón o neón). Los elementos contenidos en el tubo al recibir radiación ultravioleta emiten luz visible para el ojo humano. En los extremos del tubo se encuentra un filamento de tungsteno que con el aumento de temperatura permite la ionización de los gases contenidos en el interior.

#### **7.2.1.1.1 Ventajas y desventajas**

Principales ventajas de la iluminación fluorescente:

- Menor consumo de energía que las lámparas incandescentes tradicionales. Por ello se emplean con mucha frecuencia en espacios que deben estar iluminados permanentemente.
- Poseen una vida útil prolongada en comparación con las lámparas incandescentes tradicionales (entre 5000 y 7000 horas).
- Tienen poca pérdida de energía en forma de calor.

Principales desventajas de la iluminación fluorescente:

- Debido al uso de reactancia y cebador, los fluorescentes no están emitiendo luz de manera continua sino que está parpadeando. Se trata de un parpadeo imperceptible que dependerá de la frecuencia de la corriente alterna a la que esté trabajando el equipo. Este parpadeo puede afectar negativamente sobre la salud humana provocando dolor de cabeza, migraña y hasta epilepsia en casos extremos.
- En caso de rotura del tubo fluorescente el vapor de mercurio contenido en su interior puede ser inhalado produciendo un envenenamiento, por ello deben manipularse cuidadosamente.

- Su vida útil se ve muy reducida si se enciende y apaga el tubo fluorescente muchas veces, es decir, es menos costoso para el fluorescente mantenerse encendido que arrancar.

### **7.2.1.2 Iluminación LED**

La iluminación LED con la que se pretende reemplazar a los tubos fluorescentes consiste en unos tubos de estado sólido que usan unos diodos emisores de luz (LED) como fuente de iluminación. Estos tubos se componen en mayor o menor medida de LEDs según la intensidad lumínica requerida.

#### **7.2.1.2.1 Ventajas y desventajas**

Principales ventajas de la iluminación LED:

- No contienen sustancias tóxicas en su interior por lo que son menos contaminantes y no hay peligro de envenenamiento.
- Tienen alta eficiencia energética por lo que producen menos CO<sub>2</sub> para obtener la misma iluminación que los tubos fluorescentes.
- Tienen una vida útil hasta tres veces más larga que un tubo fluorescente. Por lo que se abaratan muchos costes al reducir la sustitución de lámparas.
- Encendido de manera inmediata y sin parpadeos.
- No genera ningún tipo de radiación infrarroja ni ultravioleta.
- La inversión se amortiza rápidamente.

Principales desventajas de la iluminación LED:

- Temperaturas de trabajo en ambientes hasta 65°C
- Generan más calor que la iluminación fluorescente, y es importante disiparla de manera eficaz para evitar fallos y averías.
- Precio de los tubos elevado.

- Recientemente ha aparecido una advertencia de los Guarda Costas de los Estados Unidos de América en la que informan que algunas luces de LED podrían causar interferencias en los equipos de VHF incluido el sistema de identificación automático (AIS).<sup>[27]</sup>

### 7.2.1.3 Cambios a realizar

Se comparará el consumo actual de energía eléctrica producido por la iluminación de la habitación y la sala de máquinas con el consumo si se reemplazaran todos los tubos fluorescentes (20 W) por tubos LED (10 W) equivalentes en rendimiento lumínico, por lo que obtendremos la misma iluminación reduciendo el consumo de energía.

Usaremos tubos LED T8 de 600 mm para reemplazar los fluorescentes T8 de 588,7 mm. Debido a la diferencia de longitud cambiaremos también los soportes y los plafones estancos para poder instalar los tubos LED.

#### TUBOS T8 Y PLAFONES

Concepto	Luminosidad (Lm)	Potencia (kW)	Rendimiento luminoso (Lm/W)	Precio (€)
Tubo Fluorescente T8	1000	20	50	2,5
Tubo LED T8 10 W	1000	10	100	8,0
Plafón estanco LED IP67				9,0

Tabla 7.2.1.3.1. Tubos T8 y plafones

### 7.2.2 Sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

Se observa que el consumo de los equipos informáticos actuales es algo mayor que el de los equipos informáticos modernos, siendo estos equivalentes, sin ser está diferencia muy apreciable. Se propone reemplazar todos los ordenadores portátiles por ordenadores portátiles equivalentes más eficientes.

Los equipos informáticos empleados para monitorizar la sala de máquinas y el control de carga no serán reemplazados porque tienen una aplicación informática exclusiva del buque y únicamente funcionan con equipos con MS Windows XP.

Tabla comparativa de equipos actuales y equipos modernos:

Concepto	Potencia E. actual (kW)	Potencia E. moderno (kW)
Ordenador Portátil	0,35	0,24

Tabla 7.2.2.1. Consumos eléctricos de los ordenadores portátiles

### 7.2.3 Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes.

Se observa que el consumo de los electrodomésticos actuales es algo mayor que el de los electrodomésticos modernos.

A partir de los resultados obtenidos se estimará el ahorro que podría suponer el cambio de electrodomésticos.

Concepto	Potencia (kW) actual	Potencia (kW) moderna
Lavadora industrial	5,1	4,8
Lavadora doméstica A+++	0,025	0,015
Secadora A+++	0,05	0,026
Nevera A+++	0,25	0,02
Nevera pequeña A++	0,03	0,016

Tabla 7.2.3.1. Consumos eléctricos de los electrodomésticos

Estos equipos se usan prácticamente de manera permanente independientemente de la situación del buque.

### 7.2.4 Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2

A partir del balance eléctrico del apartado 6.5 se conocen los siguientes datos de cada motor:

- Potencia nominal

- Factor de carga
- Potencia requerida
- Rendimiento
- Potencia consumida
- Tiempo de uso

Se reemplazarán los motores eléctricos de la sala de máquinas y las bombas de carga y de lastre construidos bajo el estándar IE1 por unos motores IE2 que cuentan con un pequeño aumento del rendimiento. Se tomarán los rendimientos según la normativa IEC del apartado 4.2.1.1 (dos polos).

Una vez calculada la diferencia de consumo energético entre los motores IE1 e IE2 se estudiará si compensa económicamente la medida correctora.

#### **7.2.4.1 Cambio motores eléctricos de las bombas de carga, de los compresores nitrógeno y de la ventilación de la máquina por IE2**

- Veinte motores eléctricos IE2 para las bombas de carga:
  - Potencia nominal: 200 kW
  - Tensión nominal: 440 V
  - Frecuencia: 60 Hz
- Cuatro motores eléctricos IE2 para los compresores de nitrógeno:
  - Potencia nominal: 285 kW
  - Tensión nominal: 440 V
  - Frecuencia: 60 Hz
- Cuatro motores para ventilación IE2
  - Potencia nominal: 25 kW
  - Tensión nominal: 440 V
  - Frecuencia: 60 Hz

## **7.3 Corrección del factor de potencia**

### **7.3.1 Instalación de baterías de condensadores**

Una vez analizados los consumos de potencia reactiva del barco se hace patente que el mayor consumo de potencia reactiva se produce en descarga pero el coste de las baterías de condensadores es realmente alto y su vida útil de entre 10 y 12 años por lo que jamás podrá ser rentabilizado. Esto da lugar a descartar esta opción en esta primera fase de estudio.

## **8 ANÁLISIS DEL AHORRO ENERGÉTICO OBTENIDO AL IMPLEMENTAR LAS PROPUESTAS**

Una vez perfiladas las propuestas de mejora llega el momento de analizar el ahorro energético real que conllevaría implementar estas soluciones. Se mostrarán los resultados obtenidos diariamente para cada propuesta estudiada en los apartados anteriores con el fin de obtener una serie de conclusiones sobre si realmente merece la pena invertir en un nuevo equipo más eficiente para economizar consumo y reducir emisiones.

### **8.1 Casos prácticos para el estudio**

Para poder estudiar de una manera más real las soluciones aplicadas se plantearán dos casos prácticos de viajes que podría realizar el barco y tiempos de navegación y operaciones. Además de los diferentes tiempos de navegación y operaciones estos dos casos prácticos están condicionados por la zona de navegación (ECA y no ECA):

- Primer caso práctico: Zona de navegación sin control de emisiones
- Segundo caso práctico: Zona de navegación ECA

#### **8.1.1 Primer caso práctico**

##### 1. Inertización:

- Se inertizarán 18 tanques de carga, los slops no se cargan. Unas 14 horas

##### 2. Carga:

- Operación de carga de 48 horas

### 3. Navegación:

- El periodo de navegación será de 31 días.

### 4. Descarga:

- Operación de descarga de 18 horas

### 5. Maniobras

- 2 maniobras de entrada a puerto de 2 horas
- 2 maniobras de salida de puerto de 2 horas

## **8.1.1.1 Consumo responsable de la energía**

### **8.1.1.1.1 Uso responsable de la iluminación**

Esta medida correctora únicamente será aplicada en la habitación y en los espacios de cubierta puesto que en la sala de máquinas no se pueden apagar nunca las luces de acuerdo al SMS de la compañía.

En las siguientes tablas se verá el consumo con iluminación fluorescente antes y después de ser ajustado su uso a lo necesario. Recordar que los tubos fluorescentes son de 20 W.

Esta medida correctora sólo será aplicada durante la navegación. En este apartado únicamente se prestará atención a las 5 primeras columnas de las tablas 8.1.1.1.1.1 y 8.1.1.1.1.2 de las páginas siguientes.

Concepto	Cantidad luces	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo Fluorescente (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo LED (kWh)	Consumo total LED (kW)	Ahorro (kW)	Ahorro total (kWh)
<b>Primera cubierta</b>								
Vestuario máquina	4	24	1,92	19,68	0,96	9,84	0,96	9,84
Vestuario cubierta	4	24	1,92		0,96		0,96	
Gimnasio	4	24	1,92		0,96		0,96	
Lavandería	4	24	1,92		0,96		0,96	
Foam-room	4	24	1,92		0,96		0,96	
Gambuza	12	12	2,88		1,44		1,44	
Salida emergencia	5	24	2,4		1,2		1,2	
Pasillo	10	24	4,8		2,4		2,4	
<b>Segunda cubierta</b>								
Smoking-room TV	4	5	0,4	13,96	0,2	6,98	0,2	6,98
Control de Carga	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina C.Off	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina C.Eng	4	24	1,92		0,96		0,96	
Oficina Master	4	24	1,92		0,96		0,96	
Comedor Off	4	5	0,4		0,2		0,2	
Cocina	6	24	2,88		1,44		1,44	
Comedor Off duty	2	5	0,2		0,1		0,1	
Comedor Mariners	2	24	0,96		0,48		0,48	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
<b>Tercera cubierta</b>								
Camarote 1	5	12	1,2	18,96	0,6	9,48	0,6	9,48
Camarote 2	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 3	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 4	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 5	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 6	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 7	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 8	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 9	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 10	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 11	5	12	1,2		0,6		0,6	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
Sala A.C.	4	24	1,92	0,96	0,96			
<b>Cuarta cubierta</b>								
Camarote 1	5	12	1,2	17,6	0,6	8,8	0,6	8,8
Camarote 2	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 3	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 4	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 5	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 6	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 7	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 8	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 9	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 10	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 11	5	12	1,2		0,6		0,6	
Lavandería	2	12	0,48		0,24		0,24	
Smoking-room TV	2	2	0,08	0,04	0,04			
Pasillo	8	24	3,84	1,92	1,92			
<b>Quinta cubierta</b>								
Camarote 1	5	12	1,2	8,2	0,6	4,1	0,6	4,1
Camarote 2	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 3	5	5	0,5		0,25		0,25	
Camarote 4	5	5	0,5		0,25		0,25	
Lavandería	2	24	0,96		0,48		0,48	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
<b>Cubierta exterior</b>								
Pasarela cubierta	80	2	3,2	9	1,6	4,5	1,6	4,5
Castillo de proa	12	10	2,4		1,2		1,2	
Pañol de pinturas	4	10	0,8		0,4		0,4	
Pañol Bossun	4	10	0,8		0,4		0,4	
Casamata	5	10	1		0,5		0,5	
Sala control vapor	4	10	0,8		0,4		0,4	

Tabla 8.1.1.1.1.1. Consumo eléctrico de la iluminación de la habilitación y la cubierta antes de aplicar la medida correctora

Concepto	Cantidad luces	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo Fluorescente (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo LED (kWh)	Consumo total LED (kW)	Ahorro (kW)	Ahorro total (kWh)
<b>Primera cubierta</b>								
Vestuario máquina	4	8	0,64	12,24	0,32	6,12	0,32	6,12
Vestuario cubierta	4	8	0,64		0,32		0,32	
Gimnasio	4	5	0,4		0,2		0,2	
Lavandería	4	6	0,48		0,24		0,24	
Foam-room	4	24	1,92		0,96		0,96	
Gambuza	12	4	0,96		0,48		0,48	
Salida emergencia	5	24	2,4		1,2		1,2	
Pasillo	10	24	4,8		2,4		2,4	
<b>Segunda cubierta</b>								
Smoking-room TV	4	5	0,4	9,12	0,2	4,56	0,2	4,56
Control de Carga	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina C.Off	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina C.Eng	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina Master	4	9	0,72		0,36		0,36	
Comedor Off	4	5	0,4		0,2		0,2	
Cocina	6	10	1,2		0,6		0,6	
Comedor Off duty	2	5	0,2		0,1		0,1	
Comedor Mariners	2	5	0,2		0,1		0,1	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
<b>Tercera cubierta</b>								
Camarote 1	5	6	0,6	12,36	0,3	6,18	0,3	6,18
Camarote 2	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 3	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 4	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 5	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 6	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 7	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 8	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 9	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 10	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 11	5	6	0,6		0,3		0,3	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
Sala A.C.	4	24	1,92	0,96	0,96			
<b>Cuarta cubierta</b>								
Camarote 1	5	6	0,6	10,76	0,3	5,38	0,3	5,38
Camarote 2	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 3	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 4	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 5	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 6	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 7	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 8	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 9	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 10	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 11	5	6	0,6		0,3		0,3	
Lavandería	2	6	0,24		0,12		0,12	
Smoking-room TV	2	2	0,08	0,04	0,04			
Pasillo	8	24	3,84	1,92	1,92			
<b>Quinta cubierta</b>								
Camarote 1	5	6	0,6	6,28	0,3	3,14	0,3	3,14
Camarote 2	5	6	0,6		0,3		0,3	
Camarote 3	5	5	0,5		0,25		0,25	
Camarote 4	5	5	0,5		0,25		0,25	
Lavandería	2	6	0,24		0,12		0,12	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
<b>Cubierta exterior</b>								
Pasarela cubierta	80	2	3,2	9,00	1,6	4,50	1,6	4,50
Castillo de proa	12	10	2,4		1,2		1,2	
Pañol de pinturas	4	10	0,8		0,4		0,4	
Pañol Bossun	4	10	0,8		0,4		0,4	
Casamata	5	10	1		0,5		0,5	
Sala control vapor	4	10	0,8		0,4		0,4	

Tabla 8.1.1.1.2. Consumo eléctrico de la iluminación de la habitación y la cubierta después de aplicar la medida correctora

La tabla 8.1.1.1.3 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

<b>Ahorro energético / económico</b>					
<b>Concepto</b>	<b>Antes (kWh)</b>	<b>Con medida correctora (kWh)</b>	<b>Ahorro (kWh)</b>	<b>Ahorro combustible (Ton)</b>	<b>Ahorro (€)</b>
TOTAL	87,4	59,76	27,64	0,0066	2,14

Tabla 8.1.1.1.3. Ahorro energético / económico uso responsable de la iluminación

### 8.1.1.1.2 Uso responsable de los equipos informáticos

En las siguientes tablas se muestra el consumo de los equipos informáticos actuales antes y después de ser ajustado su uso a lo necesario.

Esta medida correctora sólo será aplicada durante la navegación.

Sin aplicar medida correctora:

<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Tiempo de funcionamiento (h)</b>	<b>Consumo (kWh)</b>	<b>Consumo total (kWh)</b>
Ordenador control de carga	2	24	16,8	67,2
Ordenador sala de control de carga	1	24	8,4	
Ordenador Primer Oficial	1	24	8,4	
Ordenador Jefe de Máquinas	1	24	8,4	
Ordenador Capitán	1	24	8,4	
Ordenador sala de control máquinas	2	24	16,8	

Tabla 8.1.1.1.2.1. Consumo eléctrico antes de aplicar medida correctora

Aplicando medida correctora:

Concepto	Cantidad	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)
Ordenador control de carga	2	24	16,8	49,0
Ordenador sala de control de carga	1	10	3,5	
Ordenador Primer Oficial	1	10	3,5	
Ordenador Jefe de Máquinas	1	12	4,2	
Ordenador Capitán	1	12	4,2	
Ordenador sala de control máquinas	2	24	16,8	

Tabla 8.1.1.1.2.2: Consumo eléctrico después de aplicar medida correctora

La tabla 8.1.1.1.2.3 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,20	49,00	18,20	0,0044	1,41

Tabla 8.1.1.1.2.3. Ahorro energético / económico uso responsable de los equipos informáticos

### 8.1.1.2 Receptores más eficientes

#### 8.1.1.2.1 Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

La siguiente tabla muestra la comparación de consumos entre iluminación por tubos fluorescentes (20 W) y por tubos LED equivalentes (10 W).

Concepto	Cantidad luces	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo Fluorescente (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo LED (kWh)	Consumo total LED (kW)	Ahorro (kW)	Ahorro total (kWh)
<b>Primera cubierta</b>								
Vestuario	4	24	1,92	19,68	0,96	9,84	0,96	9,84
Vestuario cubierta	4	24	1,92		0,96		0,96	
Gimnasio	4	24	1,92		0,96		0,96	
Lavandería	4	24	1,92		0,96		0,96	
Foam-room	4	24	1,92		0,96		0,96	
Gambuza	12	12	2,88		1,44		1,44	
Salida	5	24	2,4		1,2		1,2	
Pasillo	10	24	4,8		2,4		2,4	
<b>Segunda cubierta</b>								
Smoking-room TV	4	5	0,4	13,96	0,2	6,98	0,2	6,98
Control de Carga	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina C.Off	4	9	0,72		0,36		0,36	
Oficina C.Eng	4	24	1,92		0,96		0,96	
Oficina Master	4	24	1,92		0,96		0,96	
Comedor Off	4	5	0,4		0,2		0,2	
Cocina	6	24	2,88		1,44		1,44	
Comedor Off duty	2	5	0,2		0,1		0,1	
Comedor	2	24	0,96		0,48		0,48	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
<b>Tercera cubierta</b>								
Camarote 1	5	12	1,2	18,96	0,6	9,48	0,6	9,48
Camarote 2	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 3	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 4	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 5	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 6	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 7	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 8	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 9	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 10	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 11	5	12	1,2		0,6		0,6	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
Sala A.C.	4	24	1,92	0,96	0,96			
<b>Cuarta cubierta</b>								
Camarote 1	5	12	1,2	17,60	0,6	8,80	0,6	8,80
Camarote 2	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 3	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 4	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 5	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 6	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 7	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 8	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 9	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 10	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 11	5	12	1,2		0,6		0,6	
Lavandería	2	12	0,48		0,24		0,24	
Smoking-room TV	2	2	0,08	0,04	0,04			
Pasillo	8	24	3,84	1,92	1,92			
<b>Quinta cubierta</b>								
Camarote 1	5	12	1,2	8,20	0,6	4,10	0,6	4,10
Camarote 2	5	12	1,2		0,6		0,6	
Camarote 3	5	5	0,5		0,25		0,25	
Camarote 4	5	5	0,5		0,25		0,25	
Lavandería	2	24	0,96		0,48		0,48	
Pasillo	8	24	3,84		1,92		1,92	
<b>Cubierta exterior</b>								
Pasarela cubierta	80	2	3,2	9,00	1,6	4,50	1,6	4,50
Castillo de proa	12	10	2,4		1,2		1,2	
Pañol de pinturas	4	10	0,8		0,4		0,4	
Pañol Bossun	4	10	0,8		0,4		0,4	
Casamata	5	10	1		0,5		0,5	
Sala control vapor	4	10	0,8		0,4		0,4	

Tabla 8.1.1.2.1.1. Comparativa de consumo eléctrico entre Iluminación Fluorescente e iluminación LED en habitación y cubierta

Debe tenerse en cuenta que en este apartado no se aplicará la medida correctora de uso responsable de la iluminación para que se aprecie de forma más desglosada el ahorro. En la tabla 8.1.1.2.1.2 se evalúa la sala de máquinas.

Concepto	Cantidad luces	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo Fluorescente (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo LED (kWh)	Consumo total LED (kW)	Ahorro (kW)	Ahorro total (kWh)
<b>Plataforma superior</b>								
Sala de control	16	24	7,68	50,24	3,84	25,12	3,84	25,12
Convertidores	12	24	5,76		2,88		2,88	
Taller eléctrico	8	24	3,84		1,92		1,92	
Pañol químico	8	25	4		2		2	
Almacén recambio	4	26	2,08		1,04		1,04	
Taller mecánico	12	24	5,76		2,88		2,88	
Espacio máquinas	28	24	13,44		6,72		6,72	
Sala de control	16	24	7,68		3,84		3,84	
<b>Plataforma media</b>								
Depuradoras	12	24	5,76	26,88	2,88	13,44	2,88	13,44
Espacio AE	16	24	7,68		3,84		3,84	
Espacio máquinas	28	24	13,44		6,72		6,72	
<b>Plataforma superior</b>								
Espacio máquinas	24	24	11,52	11,52	5,76	5,76	5,76	5,76

Tabla 8.1.1.2.1.2. Comparativa de consumo entre Iluminación Fluorescente e iluminación LED en espacios de máquinas

La siguiente tabla muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
Habilitación y cubierta	87,40	43,70	43,70	0,0105	3,38
Espacios de máquinas	88,64	44,32	44,32	0,0111	3,43
<b>TOTAL</b>	<b>176,04</b>	<b>88,02</b>	<b>88,02</b>	<b>0,0216</b>	<b>6,81</b>

Tabla 8.1.1.2.1.3. Ahorro energético / económico sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

#### 8.1.1.2.2 Sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

Conviene recordar que los equipos informáticos empleados para monitorizar la sala de máquinas y el control de carga no serán reemplazados porque tienen una

aplicación informática exclusiva del buque y únicamente funcionan con equipos con Microsoft Windows XP.

La tabla 8.1.1.2.2.1 muestra la comparación de consumos entre los equipos informáticos actuales y los equipos informáticos más eficientes.

#### EQUIPOS INFORMÁTICOS

Concepto	Cantidad	Horas de funcionamiento (h)	Consumo actual (kWh)	Consumo total (kWh)	Consumo eficiente (kWh)	Consumo total eficiente (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro total (kWh)
Ordenador control de carga	2	24	16,80	67,20	11,52	46,08	5,28	21,12
Ordenador sala de control de carga	1	24	8,40		5,76		2,64	
Ordenador Primer Oficial	1	24	8,40		5,76		2,64	
Ordenador Jefe de Máquinas	1	24	8,40		5,76		2,64	
Ordenador Capitán	1	24	8,40		5,76		2,64	
Ordenador sala de control máquinas	2	24	16,80		11,52		5,28	

Tabla 8.1.1.2.2.1. Comparativa de consumo entre equipos informáticos actuales y otros más eficientes

La tabla 8.1.1.2.2.2 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,20	56,64	10,56	0,0025	0,82

Tabla 8.1.1.2.2.2. Ahorro energético / económico sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

### 8.1.1.3 Uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

Volviendo a las tablas anteriores y se puede ver el ahorro total al combinar un uso responsable de la iluminación con la sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.

**Ahorro energético / económico**

Concepto	Antes (kWh)	Con medidas correctoras (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
Habilitación y cubierta	87,40	29,88	57,52	0,0138	4,46
Espacios de máquinas	88,64	44,32	44,32	0,0106	3,43
<b>TOTAL</b>	<b>176,04</b>	<b>74,20</b>	<b>101,84</b>	<b>0,0244</b>	<b>7,89</b>

Tabla 8.1.1.3.1. Ahorro energético / económico uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

#### 8.1.1.4 Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

En las siguientes tablas observaremos el ahorro total al combinar un uso responsable de los equipos informáticos con la sustitución de equipos informáticos actuales por otros más modernos.

Concepto	Cantidad	Tiempo de funcionamiento (h)	Consumo (kWh)	Consumo total (kWh)
Ordenador control de carga	2	24	16,80	44,16
Ordenador sala de control de carga	1	10	2,40	
Ordenador Primer Oficial	1	10	2,40	
Ordenador Jefe de Máquinas	1	12	2,88	
Ordenador Capitán	1	12	2,88	
Ordenador sala de control máquinas	2	24	16,80	

Tabla 8.1.1.4.1. Consumo energético de los equipos informáticos eficientes haciendo un uso responsable

La siguiente tabla muestra la diferencia de consumo producida al aplicar ambas medidas correctoras simultáneamente por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medidas correctoras (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,2	44,16	23,04	0,0055	1,78

Tabla 8.1.1.4.2. Ahorro energético / económico uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

#### 8.1.1.5 Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

La siguiente tabla muestra la comparación de consumos entre los electrodomésticos actuales y los electrodomésticos más eficientes.

#### ELECTRODOMÉSTICOS

Concepto	Cantidad	Tiempo funcionamiento (h)	Consumo actual (kWh)	Consumo total actual (kWh)	Consumo eficiente (kWh)	Consumo total eficiente (kWh)	Ahorro total (kWh)
Lavadora industrial	1	12	61,20	67,38	57,6	61,26	6,12
Lavadora doméstica	3	12	0,90		0,54		
Secadora	2	12	1,20		0,62		
Nevera	2	24	1,20		0,96		
Nevera pequeña	4	24	2,88		1,536		

Tabla 8.1.1.5.1. Comparativa de consumo entre electrodomésticos actuales y otros más eficientes

La tabla 8.1.1.5.2 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,38	61,26	6,12	0,0015	0,47

Tabla 8.1.1.5.2. Ahorro energético / económico sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

### 8.1.1.6 Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2

Se procederá a sustituir los motores de las 20 bombas de carga, 4 compresores de nitrógeno y 4 motores de la ventilación de la máquina. Los consumos se calculan por la potencia nominal de cada uno de los motores suponiendo que el compresor de aire acondicionado trabaja a su máxima potencia nominal.

#### Operación de inertización

Para calcular el tiempo en inertizar 18 tanques sin cargar los slops, se parte de:

- Los 18 tanques tienen una capacidad total de  $51006,4 \text{ m}^3$
- La planta de gas inerte puede suministrar  $3750 \text{ m}^3/\text{h}$

$$t_{\text{inertización}} = \frac{\text{Volumen}_{\text{inertizar}}}{\text{Capacidad}_{\text{inertización}}} \Rightarrow \frac{51006,4 \text{ m}^3}{3750 \text{ m}^3/\text{h}} = 13,6 \text{ h} \approx 14 \text{ h} \quad (8.1.1.6.1)$$

Por lo tanto, se tarda aproximadamente 14 horas en inertizar los 18 tanques.

#### Operación de carga

De acuerdo con el apartado 8.1.1 la operación de carga durará 48 horas.

#### Navegación

De acuerdo con el apartado 8.1.1 el tiempo de navegación es de 31 días.

#### Operación de descarga

De acuerdo con en el apartado 8.1.1 la operación de descarga durará 18 horas.

- Durante 18 horas 6 bombas de carga que funcionaran a plena carga y 4 compresores de nitrógeno funcionarán a un 90% de su capacidad.
- Durante 10 horas 1 bomba de lastre funcionará a su potencia nominal.

#### Maniobras

De acuerdo con en el apartado 8.1.1 la maniobra de entrada a puerto durará 2 horas y la maniobra de salida de puerto durará otras 2 horas.

Las siguientes tablas muestran los consumos energéticos para cada operación con motores IE2 en las bombas de carga, los compresores de nitrógeno y los motores de la ventilación de la máquina:

## CONSUMOS EN NAVEGACIÓN

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	24	1354,84
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	24	50,80
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	1	25	0,6	15	89,5	16,76	24	402,23
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	24	368,42
Compresor arranque M.E	1	25	0,8	20	89,5	22,35	5	111,73
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	0	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	0	0,00
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	24	108,84
Depuradora lubricante A.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	4	18,14
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	271,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	12	117,32
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	1	24	0,8	19,2	89,5	21,45	24	514,86
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	1	12	0,6	7,2	87,5	8,23	6	49,37
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	24	24,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	91,3	21,91	24	2103,36
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	1	0,8	0,8	0,64	77	0,83	6	4,99
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	0	200	1	200	95	210,53	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	95	270	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh): 12165,78</b>								

Tabla 8.1.1.6.1. Consumo eléctrico en navegación con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina

## CONSUMOS EN MANIOBRA

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	2	112,90
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	2	4,23
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	2	4,52
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	2	7,20
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	2	3,48
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	2	4,94
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	2	73,16
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	2	141,77
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	2	30,73
Generador de agua dulce	0	25	0,6	15	89,5	16,76	0	0,00
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	2	30,70
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	1	44,69
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	1	22,37
Compresor de emergencia	1	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	1	6,45
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	2	22,37
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	2	18,26
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	2	94,62
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	2	17,14
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	2	9,07
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	2	22,60
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	2	19,55
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	2	3,36
Tratamiento agua dulce	0	24	0,8	19,2	89,5	21,45	0	0,00
Hélice de proa	1	1000	0,8	800	100	800,00	1	800,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	2	2,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	2	4,11
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	2	6,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	21,91	2	175,28
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	2	8,67
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	2	4,29
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	2	5,96
Ventilador cocina	0	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	0	0,00
Consumos cocina	0	64	0,35	22,4	100	22,40	0	0,00
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	2	18,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	2	32,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	0	200	1	200	95	210,53	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	2	16,50
Molinete	3	45	0,8	36	92,9	38,75	1	116,25
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	95	270	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh):2193,79</b>								

Tabla 8.1.1.6.2. Consumo eléctrico en maniobra con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina

## CONSUMOS EN DESCARGA

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	0	70	0,75	52,5	93	56,45	0	0,00
Bomba depuradoras M.E	0	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	0	0,00
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja T <sup>a</sup>	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta T <sup>a</sup>	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	0	25	0,6	15	89,5	16,76	0	0,00
Bomba hidráulica del timón	0	35	0,4	14	91,2	15,35	0	0,00
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	12	536,31
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	1	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	12	77,40
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	271,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	24	234,64
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	0	24	0,8	19,2	89,5	21,45	0	0,00
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	0	10	0,1	1	100	1,00	0	0,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	21,91	24	2103,36
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	1	6,2	0,7	4,34	86	5,05	24	121,12
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	1	73	1	73	93	78,49	10	784,95
Bomba de carga	6	200	1	200	95	210,53	18	22737,24
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	4	285	0,9	256,5	95	270	18	19440
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh):52971,9</b>								

Tabla 8.1.1.6.3. Consumo eléctrico en operación de descarga con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina

## CONSUMOS EN CARGA

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	0	70	0,75	52,5	93	56,45	0	0,00
Bomba depuradoras M.E	0	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	0	0,00
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja T <sup>a</sup>	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta T <sup>a</sup>	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	0	25	0,6	15	89,5	16,76	0	0,00
Bomba hidráulica del timón	0	35	0,4	14	91,2	15,35	0	0,00
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	12	536,31
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	1	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	12	77,40
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	271,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	24	234,64
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	0	24	0,8	19,2	89,5	21,45	0	0,00
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	0	10	0,1	1	100	1,00	0	0,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	21,91	24	2103,36
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	1	6,2	0,7	4,34	86	5,05	24	121,12
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	1	73	1	73	93	78,49	10	784,95
Bomba de carga	0	200	1	200	95	210,53	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	95	270	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh):10794,66</b>								

Tabla 8.2 Consumo eléctrico en operación de carga con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina

## CONSUMOS DURANTE LA INERTIZACIÓN

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	14	790,32
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	14	29,63
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	14	31,61
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	14	50,37
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	14	24,34
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	14	34,57
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	14	512,12
Bomba circuito baja T <sup>a</sup>	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	14	992,37
Bomba circuito alta T <sup>a</sup>	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	14	215,14
Generador de agua dulce	1	25	0,6	15	89,5	16,76	14	234,64
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	14	214,91
Compresor arranque M.E	2	25	0,8	20	89,5	22,35	12	536,31
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	0	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	0	0,00
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	12	109,59
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	14	662,37
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	14	120,00
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	14	63,49
Depuradora lubricante A.E	0	5,2	0,75	3,9	86	4,53	0	0,00
Bomba circulación caldera	1	12,5	0,8	10	88,5	11,30	14	158,19
Bomba alimentación caldera	1	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	14	136,87
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	14	23,51
Tratamiento agua dulce	1	24	0,8	19,2	89,5	21,45	14	300,34
Hélice de proa	0	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	0	12	0,6	7,2	87,5	8,23	0	0,00
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	14	14,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	14	28,80
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	14	42,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	89,5	21,91	14	1226,96
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	14	60,72
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	0	0,8	0,8	0,64	77	0,83	0	0,00
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	14	30,06
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	14	41,75
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	14	224,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	0	200	1	200	95	210,53	0	0,00
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	14	115,50
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	0	98	0,8	78,4	93	84,3	0	0,00
Compresor de nitrógeno	4	285	0,9	256,5	95	270	14	15120
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh):23089,5</b>								

Tabla 8.3.1.6.5. Consumo eléctrico durante la operación de inertización con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina

Recurriendo al balance eléctrico del apartado 6.5 y a las tablas anteriores se obtiene la siguiente tabla 8.1.1.6.6 que muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora en cada situación del buque por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
Operación de inertización	23274,79	23089,50	185,29	0,0445	14,32
Operación de carga	10836,55	10794,66	41,89	0,0101	3,24
Navegación	12207,67	12165,78	41,89	0,0101	3,24
Operación de descarga	53437,66	52971,9	465,76	0,1118	35,99
Maniobras	2197,28	2193,79	3,49	0,0008	0,27
TOTAL	101953,95	101215,63	738,32	0,1773	57,06

Tabla 8.4.1.6.6. Comparativa de consumo eléctrico motores IE1 e IE2 en cada situación

El ahorro energético y económico debido a la sustitución de los motores eléctricos clase IE1 por clase IE2 en este primer caso práctico será:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Ahorro diario combustible (Ton)	Ahorro económico diario (€)	Número de veces en la situación	Ahorro combustible primer caso práctico (Ton)	Ahorro económico primer caso práctico (€)
Operación de inertización	0,0445	14,32	1	0,0445	14,32
Operación de carga	0,0101	3,24	2	0,0202	6,48
Navegación	0,0101	3,24	31	0,3131	100,44
Operación de descarga	0,1118	35,99	1	0,1118	35,99
Maniobras	0,0008	0,27	4	0,0032	1,08
TOTAL				0,4928	158,31

Tabla 8.5.1.6.7. Ahorro energético/económico sustitución de motores clase IE1 por clase IE2

### **8.1.1.7 Corrección del factor de potencia**

#### **8.1.1.7.1 Instalación batería de condensadores**

Como ya se concluyó en el apartado 7.3.1 el coste de las baterías de condensadores es realmente alto y su vida útil de entre 10 y 12 años por lo que jamás podrá ser rentabilizado. Por ello se descartó en la primera fase de estudio.

### **8.1.2 Segundo caso práctico**

#### 1. Lavado de tanques:

- Se lavan 18 tanques en zona ECA durante 2 días.

#### 2. Inertización:

- Se inertizarán 18 tanques de carga en zona ECA. Tomará un tiempo de unas 14 horas, como en el primer caso práctico.

#### 3. Carga:

- Operación de carga de 48 horas

#### 4. Navegación:

- El periodo de navegación será de 3 días

#### 5. Descarga:

- Operación de descarga 18h

#### 6. Maniobras:

- 2 maniobras de entrada a puerto de 2 horas
- 2 maniobras de salida de puerto de 2 horas

### 8.1.2.1 Consumo responsable de la energía

Para no duplicar tablas y debido a la similitud con el primer caso práctico, se centrará el estudio en los ahorros económicos por jornada puesto que los ahorros energéticos permanecen inalterados, tanto en kWh como en toneladas de combustible.

#### 8.1.2.1.1 Uso responsable de la iluminación

Como bien se ha dicho previamente, esta medida correctora únicamente será aplicada en la habitación y en los espacios de cubierta puesto que en la sala de máquinas no se pueden apagar nunca las luces de acuerdo al SMS de la compañía.

La siguiente tabla 8.1.2.1.1 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

<b>Ahorro energético / económico</b>					
<b>Concepto</b>	<b>Antes (kWh)</b>	<b>Con medida correctora (kWh)</b>	<b>Ahorro (kWh)</b>	<b>Ahorro combustible (Ton)</b>	<b>Ahorro (€)</b>
TOTAL	87,40	59,76	27,64	0,0066	3,10

Tabla 8.1.2.1.1.1. Ahorro energético / económico uso responsable de la iluminación

#### 8.1.2.1.2 Uso responsable de los equipos informáticos

Esta medida solo será aplicada durante la navegación.

La siguiente tabla 8.1.2.1.2.1 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

**Ahorro energético / económico**

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,20	49,00	18,20	0,0044	2,07

Tabla 8.1.2.1.2.1. Ahorro energético / económico uso responsable de los equipos informáticos

**8.1.2.2 Receptores más eficientes****8.1.2.2.1 Sustitución de las lámparas fluorescentes por lámparas LED**

La siguiente tabla 8.1.2.2.1.1 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

**Ahorro energético / económico**

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
Habilitación y cubierta	87,40	43,70	43,70	0,0105	4,94
Espacios de máquinas	88,64	44,32	44,32	0,0111	5,22
TOTAL	176,04	88,02	88,02	0,0216	10,16

Tabla 8.1.2.2.1.1. Ahorro energético / económico sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

**8.1.2.2.2 Sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes**

Conviene recordar que los equipos informáticos empleados para monitorizar la sala de máquinas y el control de carga no serán reemplazados porque tienen una aplicación informática exclusiva del buque y únicamente funcionan con equipos con Microsoft Windows XP.

La siguiente tabla 8.1.2.2.1 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,20	56,64	10,56	0,0025	1,19

Tabla 8.1.2.2.1. Ahorro energético / económico sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

#### 8.1.2.3 Uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

En la siguiente tabla se puede observar el ahorro total al combinar un uso responsable de la iluminación con la sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED.

#### Ahorro energético / económico

Concepto	Antes (kWh)	Con medidas correctoras (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
Habilitación y cubierta	87,40	29,88	57,52	0,0138	6,49
Espacios de máquinas	88,64	44,32	44,32	0,0106	4,98
TOTAL	176,04	74,20	101,84	0,0244	11,47

Tabla 8.1.2.3.1. Ahorro energético / económico uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

#### 8.1.2.4 Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

Las siguiente tabla muestra el ahorro total al combinar un uso responsable de los equipos informáticos con la sustitución de equipos informáticos actuales por otros más modernos.

**Ahorro energético / económico**

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,20	44,16	23,04	0,0055	2,60

Tabla 8.1.2.4.1. Ahorro energético / económico uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

**8.1.2.5 Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes**

La siguiente tabla muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

**Ahorro energético / económico**

Concepto	Antes (kWh)	Con medida correctora (kWh)	Ahorro (kWh)	Ahorro combustible (Ton)	Ahorro (€)
TOTAL	67,38	61,26	6,12	0,0015	0,71

Tabla 8.1.6 Ahorro energético / económico sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

**8.1.2.6 Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2**

Como sucedía en el primer caso práctico, se procederá a sustituir los motores de las 20 bombas de carga, de los 4 compresores de nitrógeno y los 4 motores de la ventilación de la máquina.

El consumo se calcula teniendo en cuenta la potencia nominal de cada motor

Se supone que el compresor de aire acondicionado trabaja a máxima potencia por lo que está funcionando en condiciones nominales.

Como diferencia al anterior caso práctico se ha añadido el lavado de tanques para hallar los datos de consumo se ha utilizado la tabla del apartado 6.5.6 y de la siguiente tabla 8.1.2.6.1:

## CONSUMOS DURANTE EL LAVADO DE TANQUES

Equipo	En uso	Potencia (kW)	Factor de carga	Potencia requerida (kW)	Rendimiento IE 1	Potencia consumida (kW)	Uso (h)	Consumo real (kWh)
<b>SALA DE MAQUINAS</b>								
Bomba lubricación M.E	1	70	0,75	52,5	93	56,45	24	1354,84
Bomba depuradoras M.E	1	2,3	0,75	1,725	81,5	2,12	24	50,80
Bomba Feeder M.E	1	2,3	0,8	1,84	81,5	2,26	24	54,18
Bomba Booster M.E	1	3,8	0,8	3,04	84,5	3,60	24	86,34
Bomba Feeder A.E	1	1,76	0,8	1,408	81	1,74	24	41,72
Bomba Booster A.E	1	2,5	0,8	2	81	2,47	24	59,26
Bomba toma de mar	1	52	0,65	33,8	92,4	36,58	24	877,92
Bomba circuito baja Tª	2	50	0,65	32,5	91,7	35,44	24	1701,20
Bomba circuito alta Tª	1	17	0,8	13,6	88,5	15,37	24	368,81
Generador de agua dulce	1	25	0,6	15	89,5	16,76	24	402,23
Bomba hidráulica del timón	1	35	0,4	14	91,2	15,35	24	368,42
Compresor arranque M.E	1	25	0,8	20	89,5	22,35	5	111,73
Compresor de trabajo	1	34	0,6	20,4	91,2	22,37	12	268,42
Compresor de emergencia	0	6,8	0,83	5,644	87,5	6,45	0	0,00
Compresor provisiones	1	13,2	0,75	9,9	88,5	11,19	12	134,24
A/A sala de control	1	10	0,8	8	87,6	9,13	24	219,18
Compresor A/A	1	55	0,8	44	93	47,31	24	1135,48
Depuradora HFO	1	10	0,75	7,5	87,5	8,57	24	205,71
Depuradora lubricante M.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	24	108,84
Depuradora lubricante A.E	1	5,2	0,75	3,9	86	4,53	4	18,14
Bomba circulación caldera	2	12,5	0,8	10	88,5	11,30	24	542,37
Bomba alimentación caldera	2	12,5	0,7	8,75	89,5	9,78	12	234,64
Unidad presión agua dulce	1	1,7	0,8	1,36	81	1,68	24	40,30
Tratamiento agua dulce	1	24	0,8	19,2	89,5	21,45	24	514,86
Hélice de proa	1	1000	0,8	800	100	800,00	0	0,00
incinerador	1	12	0,6	7,2	87,5	8,23	6	49,37
Protección catódica	1	10	0,1	1	100	1,00	24	24,00
Planta aguas negras/grises	1	9,2	0,8	1,8	87,5	2,06	24	49,37
Unidad prelubricación A.E	3	10	0,1	1	100	1,00	24	72,00
<b>VENTILACIÓN</b>								
Ventilador sala de control	4	25	0,8	20	91,3	21,91	24	2103,36
Sala de depuradoras	1	4,5	0,8	3,6	83	4,34	24	104,10
Cuarto de convertidores	0	6,2	0,7	4,34	86	5,05	0	0,00
Cuarto del incinerador	1	0,8	0,8	0,64	77	0,83	6	4,99
<b>HABILITACIÓN</b>								
Ventilador espacios sanit.	1	2,5	0,7	1,75	81,5	2,15	24	51,53
Ventilador espacios común	1	3,6	0,7	2,52	84,5	2,98	24	71,57
Ventilador cocina	1	1,2	0,8	0,96	78,5	1,22	6	7,34
Consumos cocina	1	64	0,35	22,4	100	22,40	6	134,40
Consumidores P.Provisión	1	20	0,45	9	100	9,00	10	90,00
Unidad de tratamiento A/A	1	40	0,4	16	100	16,00	24	384,00
<b>CARGA/ CUBIERTA</b>								
Bomba de lastre	0	73	1	73	93	78,49	0	0,00
Bomba de carga	6	200	1	200	95	210,53	2	2526,36
Navegación/Contraincendios	1	15	0,55	8,25	100	8,25	24	198,00
Molinete	0	45	0,8	36	92,9	38,75	0	0,00
Bombas agua de lavado	1	98	0,8	78,4	93	84,3	24	2023,23
Compresor de nitrógeno	0	285	0,9	256,5	95	270	0	0,00
<b>ILUMINACIÓN</b>								
Habilitación								87,4
Sala de máquinas								88,64
<b>OTROS</b>								
Electrodomésticos								67,38
Informática								67,20
<b>TOTAL (kWh):17103,87</b>								

Tabla 8.1.2.6.1. Consumo eléctrico en operación de lavado de tanques con motores IE2 en bombas de carga compresores de nitrógeno y ventilación de la máquina

La siguiente tabla 8.1.2.6.2 muestra la diferencia de consumo producida al aplicar la medida correctora por jornada:

<b>Ahorro energético / económico</b>					
<b>Concepto</b>	<b>Antes (kWh)</b>	<b>Con medida correctora (kWh)</b>	<b>Ahorro (kWh)</b>	<b>Ahorro combustible (Ton)</b>	<b>Ahorro (€)</b>
Lavado de tanques	17169,88	17103,87	66,01	0,0158	7,43
Operación de inertización	23274,79	23089,5	185,29	0,0445	20,92
Operación de carga	10836,55	10794,66	41,89	0,0101	4,75
Navegación	12207,67	12165,78	41,89	0,0101	4,75
Operación de descarga	53437,66	52971,90	465,76	0,1118	52,55
Maniobras	2197,28	2193,79	3,49	0,0008	0,38
<b>TOTAL</b>	<b>119123,83</b>	<b>118319,5</b>	<b>804,33</b>	<b>0,1931</b>	<b>90,78</b>

Tabla 8.1.2.6.2. Comparativa de consumo eléctrico motores IE1 e IE2 en cada situación

El ahorro energético y económico debido a la sustitución de los motores eléctricos clase IE1 por clase IE2 de este segundo caso práctico será:

<b>Ahorro energético / económico</b>					
<b>Concepto</b>	<b>Ahorro diario combustible (Ton)</b>	<b>Ahorro económico diario (€)</b>	<b>Número de veces en la situación</b>	<b>Ahorro combustible 2º caso práctico (Ton)</b>	<b>Ahorro económico segundo caso práctico (€)</b>
Lavado de tanques	0,0158	7,43	2	0,0316	14,85
Operación de inertización	0,0445	20,92	1	0,0445	20,91
Operación de carga	0,0101	4,75	2	0,0202	9,49
Navegación	0,0101	4,75	3	0,0303	14,24
Operación de descarga	0,1118	52,55	1	0,1118	52,55
Maniobras	0,0008	0,38	4	0,0032	1,5
<b>TOTAL</b>				<b>0,2416</b>	<b>113,54</b>

Tabla 8.1.2.6.3. Ahorro energético/económico sustitución de motores clase IE1 por clase IE2

### **8.1.2.7 Corrección del factor de potencia**

#### **8.1.2.7.1 Instalación batería de condensadores**

Como ya se concluyó en el apartado 7.3.1 el coste de las baterías de condensadores es realmente alto y su vida útil de entre 10 y 12 años por lo que jamás podrá ser rentabilizado. Por ello se descartó en la primera fase de estudio.

## 9 CONCLUSIONES FINALES

A lo largo de este capítulo se analizarán los resultados obtenidos al aplicar las diferentes medidas de ahorro en cada caso y si es económicamente rentable la inversión inicial para llevarlas a cabo. En muchas ocasiones también ha de tenerse en cuenta que pese a que los nuevos equipos ofrecen menor consumo la gestión de los equipos viejos también produce contaminación y en muchos casos ésta puede ser incluso superior a la reducción de la contaminación obtenida por un nuevo equipo.

### 9.1 Primer caso práctico

#### 9.1.1 Uso responsable de la iluminación

##### 9.1.1.1 Uso responsable de la iluminación

Simplemente con una buena concienciación del uso de la iluminación se puede conseguir un ahorro económico de 2,14 € por día de navegación, lo que en los 31 días de navegación de este primer caso práctico se traduce en 66,34 €.

La inversión financiera para realizar la concienciación energética de la tripulación será prácticamente nula puesto que el programa de cursillos online (VIDEOTEL) se paga igualmente para realizar otros cursillos.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

<b>Reducción de la contaminación</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 1º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,32	10,04
PM	0,05	1,43
NO <sub>x</sub>	0,40	12,37
CO <sub>2</sub>	20,55	637,12

Tabla 9.1.1.1.1: Reducción de la contaminación uso responsable de la iluminación

A la vista de los resultados finales es posible afirmar con rotundidad que esta medida resulta favorable en la totalidad de los puntos de estudio.

### 9.1.1.2 Uso responsable de los equipos informáticos

Simplemente con una buena concienciación del uso de los equipos informáticos se puede conseguir un ahorro económico de 1,41 € por día de navegación, lo que en los 31 días de navegación de este primer caso práctico se traduce en 43,71 €.

La inversión financiera para realizar la concienciación energética de la tripulación será prácticamente nula puesto que el programa de cursillos online (VIDEOTEL) se paga igualmente para realizar otros cursillos.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

**Reducción de la contaminación**

<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 1º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,22	6,69
PM	0,03	0,95
NO <sub>x</sub>	0,27	8,25
CO <sub>2</sub>	13,70	424,75

Tabla 9.1.1.2.1. Reducción de la contaminación uso responsable de los equipos informáticos

A la vista de los resultados finales es posible afirmar con rotundidad que esta medida resulta favorable en la totalidad de los puntos de estudio.

## 9.1.2 Receptores más eficientes

### 9.1.2.1 Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

Con la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED tanto en habilitación, cubierta como espacios de máquinas se puede conseguir un ahorro económico de 6,81 € por día, lo que en los 35 días de este primer caso práctico se traduce en 238,35 €.

La inversión financiera para realizar el cambio de iluminación será la siguiente:

#### Iluminación LED habilitación

Concepto	Cantidad	Potencia (W)	Precio ud (€)	Total (€)
Primera cubierta	50	10	8	400
Segunda cubierta	42	10	8	336
Tercera cubierta	67	10	8	536
Cuarta cubierta	67	10	8	536
Quinta cubierta	30	10	8	240
<b>TOTAL</b>	<b>256</b>			<b>2048</b>

Tabla 9.1.2.1.1. Precios y cantidades de tubos LED habilitación

#### Iluminación LED cubierta y espacios de máquinas

Concepto	Cantidad	Potencia (W)	Precio ud (€)	Total (€)
Plataforma superior	88	10	8	704
Plataforma media	56	10	8	448
Plataforma inferior	24	10	8	192
Motor principal	12	10	8	96
Primera cubierta	20	10	8	160
Espacios exteriores	18	10	8	144
Cubierta principal	109	10	8	872
<b>TOTAL</b>	<b>327</b>			<b>2616</b>

Tabla 9.1.2.1.2. Precios y cantidades de tubos LED cubierta y espacios de máquinas

#### Plafones LED habilitación (IP67)

Concepto	Cantidad	Tipo	Precio ud (€)	Total (€)
Primera cubierta	25	2 Tubos T8	9	225
Segunda cubierta	21	2 Tubos T8	9	189
Tercera cubierta	34	2 Tubos T8	9	306
Cuarta cubierta	34	2 Tubos T8	9	306
Quinta cubierta	15	2 Tubos T8	9	135
<b>TOTAL</b>	<b>129</b>			<b>1161</b>

Tabla 9.1.2.1.3. Precios y cantidades de plafones LED habilitación

**Plafones LED cubierta y espacios de máquinas (IP67)**

Concepto	Cantidad	Tipo	Precio ud (€)	Total (€)
Plataforma superior	44	2 Tubos T8	9	396
Plataforma media	28	2 Tubos T8	9	252
Plataforma inferior	12	2 Tubos T8	9	108
Motor principal	6	2 Tubos T8	9	54
Primera cubierta	10	2 Tubos T8	9	90
Espacios exteriores	9	2 Tubos T8	9	81
Cubierta principal	55	2 Tubos T8	9	495
<b>TOTAL</b>	<b>164</b>			<b>1476</b>

Tabla 9.1.2.1.4, Precios y cantidades de plafones LED cubierta y espacios de máquinas

La inversión financiera total para la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED es de 7301 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 6,81 € se recuperará la inversión en el cambio de iluminación menos de 3 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

**Reducción de la contaminación**

Contaminante	kg / día	Total 1º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	1,06	37,1
PM	0,15	5,28
NO <sub>x</sub>	1,31	45,72
CO <sub>2</sub>	67,26	2354,18

Tabla 9.1.2.1.5: Reducción de la contaminación sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

A la vista de los resultados finales esta medida resulta interesante ya que se espera que la vida del buque sea muy superior a los 3 años de amortización de la nueva iluminación.

### 9.1.2.2 Sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

Con la sustitución de los equipos informáticos actuales por otros más eficientes se puede conseguir un ahorro económico de 0,82 € por día de navegación, lo que en los 31 días de navegación de este primer caso práctico se traduce en 25,42 €.

No hay que olvidar que los equipos informáticos empleados para monitorizar la sala de máquinas y el control de carga no serán reemplazados porque tienen una aplicación informática exclusiva del buque y únicamente funcionan con equipos con Microsoft Windows XP.

La inversión financiera para realizar el cambio de equipos informáticos será:

#### Equipos informáticos

Concepto	Cantidad	Potencia (kW)	Precio ud (€)	Total (€)
Toshiba i3	4	0,24	389	1556

Tabla 9.1.2.2.1. Equipos informáticos eficientes

La inversión total para la sustitución de los equipos informáticos es de 1556 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 0,82 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de equipos informáticos más de 5 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

#### Reducción de la contaminación

Contaminante	kg / día	Total 1º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	0,12	3,80
PM	0,02	0,54
NO <sub>x</sub>	0,15	4,69
CO <sub>2</sub>	7,79	241,34

Tabla 9.1.2.2.2. Reducción de la contaminación sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

A la vista de los resultados finales esta medida no resulta interesante ya que se tardarían más de 5 años en la amortización de los nuevos equipos informáticos. Teniendo en cuenta la obsolescencia de estos equipos y la antigüedad de los equipos actuales sugiero cambiar los equipos informáticos gradualmente según se vayan averiando los antiguos.

### **9.1.2.3 Uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED**

La combinación de un uso responsable de la iluminación con la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED tanto en habitación, cubierta como espacios de máquinas permite conseguir un ahorro económico de 7,89 € por día, lo que en los 31 días de navegación de este primer caso se traducen en 244,59 €.

Como bien se ha detallado en el apartado 9.1.2.1 la inversión financiera total para la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED es de 7301 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 7,89 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de iluminación si se combina con un uso responsable de la misma 2,5 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

<b>Reducción de la contaminación</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 1º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	1,19	37,12
PM	0,17	5,29
NO <sub>x</sub>	1,48	45,74
CO <sub>2</sub>	75,98	2355,43

Tabla 9.1.2.3.1. Reducción de la contaminación por uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

A la vista de los resultados finales esta medida resulta interesante ya que se espera que en menos de 3 años esté totalmente rentabilizada la nueva iluminación.

#### **9.1.2.4 Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes**

La combinación de un uso responsable de los equipos informáticos con la sustitución de los equipos informáticos actuales por otros más eficientes permite conseguir un ahorro económico de 1,78 € por día, lo que en los 31 días de navegación de este primer caso práctico se traduce en 55,18 €.

Como bien se ha detallado en el apartado 9.1.2.2 la inversión financiera total para la sustitución de los equipos informáticos actuales por otros más eficientes es de 1556 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 1,78 € se tardará en amortizar económicamente la sustitución de equipos informáticos si se combina con un uso responsable de los mismos 2,4 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

**Reducción de la contaminación**

<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 1º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,27	8,37
PM	0,04	1,19
NO <sub>x</sub>	0,33	10,31
CO <sub>2</sub>	17,13	530,94

Tabla 9.1.2.4.1. Reducción de la contaminación uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

A la vista de los resultados finales podría parecer que la combinación de estas dos medidas resulta interesante ya que en menos de 3 años estarían totalmente rentabilizados los nuevos equipos informáticos, pero si se presta atención a los apartados 9.1.1.2 y 9.1.2.2 se puede ver que la mayor parte del ahorro viene por la utilización responsable de los equipos informáticos que además no requiere inversión financiera alguna.

### 9.1.2.5 Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

Con la sustitución de los electrodomésticos actuales por otros más eficientes se puede conseguir un ahorro económico de 0,47 € por día, lo que en los 35 días de este primer caso práctico se traduce en 16,45 €.

La inversión financiera para realizar el cambio de electrodomésticos será la siguiente:

<b>Electrodomésticos</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Precio ud (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Lavadora industrial	1	4,800	4600	4600
Lavadora doméstica	3	0,015	400	1200
Secadora	2	0,026	420	840
Nevera	2	0,020	650	1300
Nevera pequeña	4	0,016	380	1520
<b>TOTAL</b>				<b>9460</b>

Tabla 9.1.2.5.1. Precios y unidades de electrodomésticos eficientes

La inversión financiera total para la sustitución de los electrodomésticos es de 9460 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 0,47 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de electrodomésticos más de 55 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

### Reducción de la contaminación

Contaminante	kg / día	Total 1º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	0,07	2,58
PM	0,01	0,37
NO <sub>x</sub>	0,09	3,17
CO <sub>2</sub>	4,67	163,49

Tabla 9.1.2.5.2. Reducción de la contaminación sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

A la vista de los resultados finales esta medida no resulta interesante ya que se tardarían más de 55 años en la amortización de los nuevos electrodomésticos. Bajo ningún concepto esta medida es adecuada por lo que sugiero cambiar los electrodomésticos según se vayan averiando los antiguos.

#### 9.1.2.6 Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2

Con la sustitución de los motores clase IE1 por motores clase IE2 se puede conseguir un ahorro económico de 14,32 € en la operación de inertización, 6,48 € en la operación de carga, 100,44 € en navegación, 35,99 € en la operación de descarga y 1,08 € en las maniobras. Lo que en este primer caso práctico se traduce en un total de 158,31 €.

La inversión financiera para realizar la sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 será la siguiente:

#### Motores IE2

Concepto	Cantidad	Potencia (kW)	Precio ud (€)	Total (€)
Bomba de carga IE2	20	200	7200	144000
Compresor N2 IE2	4	285	6800	27200
Ventilación máq. IE2	4	25	2800	11200
<b>TOTAL</b>				<b>182400</b>

Tabla 9.1.2.6.1. Precios y cantidades motores IE2

La inversión financiera total para la sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 será de 182400 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro para este primer caso práctico asciende a 158,31 € por lo que se tardará en amortizar económicamente el cambio de motores clase IE1 por motores clase IE2 más de 100 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

<b>Reducción de la contaminación</b>	
<b>Contaminante</b>	<b>Total 1º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	24,19
PM	3,44
NO <sub>x</sub>	29,80
CO <sub>2</sub>	1534,58

Tabla 9.1.2.6.2. Reducción de la contaminación sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2

A la vista de los resultados finales esta medida no resulta interesante ya que se tardarían más de 100 años en la amortización de los motores IE2 y si además se tiene en cuenta el residuo generado por los motores antiguos hasta resultaría contraproducente desde un punto de vista ecológico.

### **9.1.3 Corrección del factor de potencia**

#### **9.1.3.1 Instalación de batería de condensadores**

Como ya se concluyó en el apartado 7.3.1 el coste de las baterías de condensadores es realmente alto y su vida útil de entre 10 y 12 años por lo que jamás podrá ser rentabilizado. Por ello se descartó en la primera fase de estudio.

## 9.2 Segundo caso práctico

### 9.2.1 Uso responsable de la iluminación

#### 9.2.1.1 Uso responsable de la iluminación

Simplemente con una buena concienciación del uso de la iluminación es posible conseguir un ahorro económico de 3,1 € por día de navegación, lo que en los 3 días de navegación de este segundo caso práctico se traduce en 9,3 €.

La inversión financiera para realizar la concienciación energética de la tripulación será prácticamente nula puesto que el programa de cursillos online (VIDEOTEL) se paga igualmente para realizar otros cursillos.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

<b>Reducción de la contaminación</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 2º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,020	0,05
PM	0,007	0,02
NO <sub>x</sub>	0,375	1,13
CO <sub>2</sub>	21,160	63,48

Tabla 9.2.1.1.1. Reducción de la contaminación uso responsable de la iluminación

A la vista de los resultados finales se puede afirmar con rotundidad que esta medida resulta favorable en la totalidad de los puntos de estudio.

#### 9.2.1.2 Uso responsable de los equipos informáticos

Simplemente con una buena concienciación del uso de los equipos informáticos se puede conseguir un ahorro económico de 2,07 € por día de navegación, lo que en los 3 días de navegación de este segundo caso práctico se traduce en 6,21 €.

La inversión financiera para realizar la concienciación energética de la tripulación será prácticamente nula puesto que el programa de cursos online (VIDEOTEL) se paga igualmente para realizar otros cursos.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

#### **Reducción de la contaminación**

<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 2º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,010	0,03
PM	0,004	0,013
NO <sub>x</sub>	0,250	0,75
CO <sub>2</sub>	14,100	42,32

Tabla 9.2.1.2.1.3 Reducción de la contaminación uso responsable de los equipos informáticos

A la vista de los resultados finales se puede afirmar con rotundidad que esta medida resulta favorable en la totalidad de los puntos de estudio.

## **9.2.2 Receptores más eficientes**

### **9.2.2.1 Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED**

Con la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED tanto en habitación, cubierta como espacios de máquinas se puede conseguir un ahorro económico de 10,16 € por día, lo que en los 8 días de este segundo caso práctico se traduce en 81,28 €.

La inversión financiera para realizar el cambio de iluminación será la siguiente:

**Iluminación LED habilitación**

Concepto	Cantidad	Potencia (W)	Precio ud (€)	Total (€)
Primera cubierta	50	10	8	400
Segunda cubierta	42	10	8	336
Tercera cubierta	67	10	8	536
Cuarta cubierta	67	10	8	536
Quinta cubierta	30	10	8	240
<b>TOTAL</b>	<b>256</b>			<b>2048</b>

Tabla 9.2.2.1.14. Precios y cantidades de tubos LED habilitación

**Iluminación LED cubierta y espacios de máquinas**

Concepto	Cantidad	Potencia (W)	Precio ud (€)	Total (€)
Plataforma superior	88	10	8	704
Plataforma media	56	10	8	448
Plataforma inferior	24	10	8	192
Motor principal	12	10	8	96
Primera cubierta	20	10	8	160
Espacios exteriores	18	10	8	144
Cubierta principal	109	10	8	872
<b>TOTAL</b>	<b>327</b>			<b>2616</b>

Tabla 9.2.2.1.2. Precios y cantidades de tubos LED cubierta y espacios de máquinas

**Plafones LED habilitación (IP67)**

Concepto	Cantidad	Tipo	Precio ud (€)	Total (€)
Primera cubierta	25	2 Tubos T8	9	225
Segunda cubierta	21	2 Tubos T8	9	189
Tercera cubierta	34	2 Tubos T8	9	306
Cuarta cubierta	34	2 Tubos T8	9	306
Quinta cubierta	15	2 Tubos T8	9	135
<b>TOTAL</b>	<b>129</b>			<b>1161</b>

Tabla 9.2.2.1.3. Precios y cantidades de plafones LED habilitación

**Plafones LED cubierta y espacios de máquinas (IP67)**

Concepto	Cantidad	Tipo	Precio ud (€)	Total (€)
Plataforma superior	44	2 Tubos T8	9	396
Plataforma media	28	2 Tubos T8	9	252
Plataforma inferior	12	2 Tubos T8	9	108
Motor principal	6	2 Tubos T8	9	54
Primera cubierta	10	2 Tubos T8	9	90
Espacios exteriores	9	2 Tubos T8	9	81
Cubierta principal	55	2 Tubos T8	9	495
<b>TOTAL</b>	<b>164</b>			<b>1476</b>

Tabla 9.2.2.1.4. Precios y cantidades de plafones LED cubierta y espacios de máquinas

La inversión financiera total para la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED es de 7301 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 10,16 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de iluminación menos de 2 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

#### Reducción de la contaminación

Contaminante	kg / día	Total 2º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	0,06	0,46
PM	0,02	0,18
NO <sub>x</sub>	1,23	9,82
CO <sub>2</sub>	69,25	553,99

Tabla 9.2.2.1.5. Reducción de la contaminación sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

A la vista de los resultados finales esta medida resulta aun más interesante en este segundo caso práctico al ser el MDO un combustible más caro.

#### **9.2.2.2 Sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes**

Con la sustitución de los equipos informáticos actuales por otros más eficientes se puede conseguir un ahorro económico de 1,19 € por día de navegación, lo que en los 3 días de navegación de este segundo caso práctico se traduce en 3,57 €.

Hay que recordar que los equipos informáticos empleados para monitorizar la sala de máquinas y el control de carga no serán reemplazados porque tienen una aplicación informática exclusiva del buque y únicamente funcionan con equipos con Microsoft Windows XP.

La inversión financiera para realizar el cambio de equipos informáticos será la siguiente:

#### Equipos informáticos

Concepto	Cantidad	Potencia (kW)	Precio ud (€)	Total (€)
Toshiba i3	4	0,24	389	1556

Tabla 9.2.2.2.1. Equipos informáticos eficientes

La inversión financiera total para la sustitución de los equipos informáticos es de 1556 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 1,19 € tardaremos en amortizar económicamente el cambio de equipos informáticos más de 3,5 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

#### Reducción de la contaminación

Contaminante	kg / día	Total 2º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	0,006	0,02
PM	0,003	0,008
NO <sub>x</sub>	0,14	0,43
CO <sub>2</sub>	8,02	24,05

Tabla 9.2.2.2.2. Reducción de la contaminación sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

A la vista de los resultados finales esta medida sigue sin resultar interesante para este segundo caso práctico ya que se tardarían más de 3,5 años en la amortización de los nuevos equipos informáticos. Teniendo en cuenta la obsolescencia de estos equipos y la antigüedad de los equipos actuales sugiero cambiar los equipos informáticos gradualmente según se vayan averiando los antiguos.

Pese a seguir sin resultar completamente interesante la medida se ha reducido considerablemente el tiempo de amortización respecto al primer caso práctico.

### 9.2.2.3 Uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

La combinación de un uso responsable de la iluminación con la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED tanto en habilitación, cubierta como espacios de máquinas permite conseguir un ahorro económico de 11,47 € por día, lo que en los 3 días de navegación de este segundo caso práctico se traduce en 34,41 €.

Como bien se ha detallado en el apartado 9.2.2.1 la inversión financiera total para la sustitución de los tubos fluorescentes por tubos LED es de 7301 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 11,47 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de iluminación si se combina con un uso responsable de la misma menos de 2 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

<b>Reducción de la contaminación</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 2º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,06	0,19
PM	0,02	0,07
NO <sub>x</sub>	1,39	4,16
CO <sub>2</sub>	78,23	234,68

Tabla 9.2.2.3.1. Reducción de la contaminación uso responsable de la iluminación y sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas LED

A la vista de los resultados finales esta medida resulta aún más interesante que en el primer caso práctico ya que se espera que en menos de 2 años esté totalmente rentabilizada la nueva iluminación.

#### 9.2.2.4 Uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

La combinación de un uso responsable de los equipos informáticos con la sustitución de los equipos informáticos actuales por otros más eficientes permite conseguir un ahorro económico de 2,6 € por día, lo que en los 3 días de navegación de este segundo caso práctico se traduce en 7,8 €.

Como bien se ha detallado en el apartado 9.2.2.2 la inversión financiera total para la sustitución de los equipos informáticos actuales por otros más eficientes es de 1556 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 2,6 € se tardará en amortizar económicamente la sustitución de equipos informáticos si se combina con un uso responsable de los mismos 1,6 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

**Reducción de la contaminación**

Contaminante	kg / día	Total 2º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	0,01	0,04
PM	0,006	0,02
NO <sub>x</sub>	0,31	0,94
CO <sub>2</sub>	17,63	52,89

Tabla 9.5.1: Reducción de la contaminación uso responsable de los equipos informáticos y sustitución de equipos informáticos actuales por otros más eficientes

A la vista de los resultados finales podría parecer que la combinación de estas dos medidas resulta interesante ya que en menos de 2 años estarían totalmente rentabilizados los nuevos equipos informáticos, pero si se revisan los apartados 9.2.1.2 y 9.2.2.2 se puede ver que la mayor parte del ahorro viene por la utilización responsable de los equipos informáticos que además no requiere inversión financiera alguna.

### 9.2.2.5 Sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

Con la sustitución de los electrodomésticos actuales por otros más eficientes se puede conseguir un ahorro económico de 0,71 € por día, lo que en los 8 días de este segundo caso práctico se traduce en 5,68 €.

La inversión financiera para realizar el cambio de electrodomésticos será la siguiente:

<b>Electrodomésticos</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Precio ud (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Lavadora industrial	1	4,800	4600	4600
Lavadora doméstica	3	0,015	400	1200
Secadora	2	0,026	420	840
Nevera	2	0,020	650	1300
Nevera pequeña	4	0,016	380	1520
<b>TOTAL</b>				<b>9460</b>

Tabla 9.2.2.5.1. Precios y cantidades electrodomésticos eficientes

La inversión financiera total para la sustitución de los electrodomésticos es de 9460 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro diario asciende a 0,71 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de electrodomésticos más de 36 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

<b>Reducción de la contaminación</b>		
<b>Contaminante</b>	<b>kg / día</b>	<b>Total 2º caso práctico (kg)</b>
SO <sub>x</sub>	0,004	0,03
PM	0,002	0,01
NO <sub>x</sub>	0,080	0,68
CO <sub>2</sub>	4,810	38,47

Tabla 9.6.2.5.2. Reducción de la contaminación sustitución de electrodomésticos actuales por otros más eficientes

A la vista de los resultados finales esta medida no resulta interesante ya que se tardarían más de 36 años en la amortización de los nuevos electrodomésticos. Bajo ningún concepto esta medida es adecuada por lo que sugiero cambiar los electrodomésticos según se vayan averiando los antiguos.

Se observa que para este segundo caso práctico al ser el MDO más caro que el HFO los años para la rentabilización de la medida han caído desde 55 a 36. Lo que es un claro indicador que ante un drástico cambio de precio del combustible se deben reevaluar todas las medidas.

### 9.2.2.6 Sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2

Con la sustitución de los motores clase IE1 por motores clase IE2 se puede conseguir un ahorro económico de 14,85€ en la operación de lavado de tanques, 20,91 € en la operación de inertización, 9,49 € en la operación de carga, 14,24 € en navegación, 52,55 € en la operación de descarga y 1,5 € en las maniobras. Lo que en este primer caso práctico se traduce en un total de 113,54 €.

La inversión financiera para realizar la sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 será la siguiente:

<b>Motores IE2</b>				
<b>Concepto</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Potencia (kW)</b>	<b>Precio ud (€)</b>	<b>Total (€)</b>
Bomba de carga IE2	20	200	7200	144000
Compresor N2 IE2	4	285	6800	27200
Ventilación máq. IE2	4	25	2800	11200
<b>TOTAL</b>				<b>182400</b>

Tabla 9.2.2.6.1. Precios y cantidades motores IE2

La inversión financiera total para la sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2 será de 182400 €.

Teniendo en cuenta que el ahorro para este segundo caso práctico asciende a 113,54 € se tardará en amortizar económicamente el cambio de motores clase IE1 por motores clase IE2 más de 35 años siempre y cuando los precios del combustible no sufran ninguna variación importante.

Para valorar el efecto sobre los costes ecológicos, con la cantidad de combustible economizada y los datos del apartado 6.2.2 (usando los valores del año 2012 por ser los más recientes) se obtiene la siguiente tabla:

#### Reducción de la contaminación

Contaminante	Total 2º caso práctico (kg)
SO <sub>x</sub>	0,64
PM	0,25
NO <sub>x</sub>	13,73
CO <sub>2</sub>	774,57

Tabla 9.2.2.6.2: Reducción de la contaminación sustitución de motores clase IE1 por motores clase IE2

A la vista de los resultados finales esta medida no resulta interesante ya que se tardarían más de 35 años en la amortización de los motores IE2 y si además se tiene en cuenta el residuo generado por los motores antiguos hasta resultaría contraproducente desde un punto de vista ecológico.

Se observa que para este segundo caso práctico al ser el MDO más caro que el HFO los años para la rentabilización de la medida han caído drásticamente desde 100 a 35. Lo que es un claro indicador que ante un drástico cambio de precio del combustible se deberá reevaluar todas las medidas propuestas.

### 9.2.3 Corrección del factor de potencia

#### 9.2.3.1 Instalación de batería de condensadores

Como ya se concluyó en el apartado 7.3.1 el coste de las baterías de condensadores es realmente alto y su vida útil de entre 10 y 12 años por lo que jamás podrá ser rentabilizado. Por ello se descartó en la primera fase de estudio.

## 10 REFERENCIAS

### 10.1 Internet

[1] Tecnum – Abril 2018

<http://www4.tecnun.es/asignaturas/Ecologia/Hipertexto/07Energ/120PetrolGas.htm>

[2] Comofuncionaque – Abril 2018

<https://comofuncionaque.com/que-es-el-efecto-invernadero/>

[3] Historiaybiografias – Abril 2018

[https://historiaybiografias.com/efecto\\_invernadero1/](https://historiaybiografias.com/efecto_invernadero1/)

[4] Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes – Abril 2018

<http://www.prtr-es.es/SOx-oxidos-de-azufre,15598,11,2007.html>

[5] Quimicageneralylaboratorio – Mayo 2018

<https://quimicageneralylaboratorio.wordpress.com/2015/11/05/lluvia-acida-5/>

[6] Wikipedia – Abril 2018

[https://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%ADculas\\_en\\_suspensi%C3%B3n](https://es.wikipedia.org/wiki/Part%C3%ADculas_en_suspensi%C3%B3n)

[7] Wikipedia – Mayo 2018

[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xidos\\_de\\_nitr%C3%B3geno](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%93xidos_de_nitr%C3%B3geno)

[8] Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes – Abril 2018

<http://www.prtr-es.es/NOx-oxidos-de-nitrogeno,15595,11,2007.html>

[9] IMO – Junio 2018

<http://www.imo.org/es/About/Paginas/Default.aspx>

[10] IMO – Junio 2018

<http://www.imo.org/es/About/strategy/Paginas/Default.aspx>

[11] IMO – Mayo 2018

<http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/Default.aspx>

[12] IMO – Mayo 2018

[http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-\(MARPOL\).aspx](http://www.imo.org/es/About/Conventions/ListOfConventions/Paginas/International-Convention-for-the-Prevention-of-Pollution-from-Ships-(MARPOL).aspx)

[13] IMO – Mayo 2018

<http://www.imo.org/en/ourwork/environment/pollutionprevention/airpollution/pages/technical-and-operational-measures.aspx>

[14] TFG de Antonio Luis Rodríguez Fabal “Propulsión SEEMP con motores de cuatro tiempos” – Junio 2018

[https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14054/RodriguezFabal\\_AntonioLuis\\_TFG\\_2014\\_pdf.pdf?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14054/RodriguezFabal_AntonioLuis_TFG_2014_pdf.pdf?sequence=2)

[15] TFC de Luis Vacas Forns “Análisis de la nueva normativa OMI sobre eficiencia energética(EEDI/SEEMP)” – Junio 2018

[https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16382/Vacas\\_Forns\\_Luis\\_TFC.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/16382/Vacas_Forns_Luis_TFC.pdf)

[16] Wikipedia – Junio 2018

[https://es.wikipedia.org/wiki/Comisi%C3%B3n\\_Electrot%C3%A9cnica\\_Internacional](https://es.wikipedia.org/wiki/Comisi%C3%B3n_Electrot%C3%A9cnica_Internacional)

[17] Directiva 2005/32/EC ámbito aplicación IEC 60034-30– Junio 2018

<https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:191:0026:0034:EN:PDF>

[18] Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid – Junio 2018

<https://www.fenercom.com/pdf/formacion/e3plus2012/15-eficiencia-energetica-en-motores-electricos.pdf>

[19] Circutor – Junio 2018

<http://circutor.es/es/formacion/eficiencia-energetica-electrica/que-es-la-eficiencia-energetica-electrica>

[20] Instituto Enerxético de Galicia – Julio 2018

<http://www.inega.gal/eficienciaenerxetica/industrialprimario.html?idioma=es>

[21] Wikipedia – Julio 2018

[https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia\\_el%C3%A9ctrica](https://es.wikipedia.org/wiki/Potencia_el%C3%A9ctrica)

[22] Wikipedia – Julio 2018

[https://es.wikipedia.org/wiki/Factor\\_de\\_potencia](https://es.wikipedia.org/wiki/Factor_de_potencia)

[23] Ingeniería marítima – Junio 2018

<http://ingmaritima.blogspot.com/2017/06/zonas-eca.html>

[24] IMO – Abril 2018

<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>

[25] Manual Man L23/30H Project Guide - Power Plant Four-stroke GenSet – Mayo 2018

<https://powerplants.mandieselturbo.com/docs/librariesprovider7/brochures/2330h-project-guide.pdf?sfvrsn=14>

[26] IMO – Mayo 2018

<http://www.imo.org/es/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Paginas/Air-Pollution.aspx>

[27] DCO – Agosto 2018

<https://www.dco.uscg.mil/Portals/9/DCO%20Documents/5p/CG-5PC/INV/Alerts/1318.pdf>

## 10.2 Libros, artículos y manuales

[28] Manuales y esquemas eléctricos internos del “Markos I”

## 10.3 Imágenes

[29] Efecto invernadero

<https://comofuncionaque.com/wp-content/uploads/2016/01/efecto-invernadero1.jpg>

[30] Luvia ácida

<https://quimicageneralylaboratorio.wordpress.com/2015/11/05/lluvia-acida-5/>

[31] Esmog en China

<https://noticias.canalrcn.com/tags/esmog>

[32] Mascarilla protección esmog

<https://www.abc.es/natural-vivirenverde/20141105/abci-smog-china-muertes-2012-201411051102.html>

[33] Conflictos por el control de los yacimientos de petróleo

<https://enigmasovni.blogspot.com/2016/03/guerra-contra-terrorismo-causas-consecuencias.html>

[34] Coseno de fi, representación de la relación entre potencia activa, reactiva y aparente

<http://www.comoahorrarenergia.es/baterias-de-condensadores/>

[35] Buque petroquímico Markos I

<https://www.marinetraffic.com/es/ais/details/ships/shipid:124761/mmsi:210449000/vessel:MARKOS%20I>

[36] Zonas ECA

<http://ingmaritima.blogspot.com/2017/06/zonas-eca.html>

[37] Generadores Auxiliares - Fotografía propiedad del autor

- [38] Bombas de lubricación del motor principal - Fotografía propiedad del autor
- [39] Unidad preparación combustible auxiliares - Fotografía propiedad del autor
- [40] Depuradoras de gasóleo y aceite - Fotografía propiedad del autor
- [41] Bombas de agua salada - Fotografía propiedad del autor
- [42] Compresores arranque motor principal - Fotografía propiedad del autor

#### 10.4 Tablas

- [43] Valores de  $C_F$  según tipo de combustible  
[https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14054/RodriguezFabal\\_AntonioLuis\\_TFG\\_2014\\_pdf.pdf?sequence=2](https://ruc.udc.es/dspace/bitstream/handle/2183/14054/RodriguezFabal_AntonioLuis_TFG_2014_pdf.pdf?sequence=2)
- [44] Comparativa eficiencia IEC 60034-30 IE1, IE2 e IE3  
<https://procoen.com/productos/abb/>
- [45] Factor para cálculo emisiones de SOx y PM. Estudio Gases efecto invernadero 2014 OMI  
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>
- [46] Factor para cálculo emisiones de NOx y COx. Estudio Gases efecto invernadero 2014 OMI  
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>
- [47] Clasificación Tier para motores diésel marinos según OMI  
<http://www.imo.org/en/OurWork/Environment/PollutionPrevention/AirPollution/Documents/Third%20Greenhouse%20Gas%20Study/GHG3%20Executive%20Summary%20and%20Report.pdf>