

ANEXO 5

RESOLUCIÓN MEPC.308(73) (adoptada el 26 de octubre de 2018)

DIRECTRICES DE 2018 SOBRE EL MÉTODO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE PROYECTO (EEDI) OBTENIDO PARA BUQUES NUEVOS

EL COMITÉ DE PROTECCIÓN DEL MEDIO MARINO,

RECORDANDO el artículo 38 a) del Convenio constitutivo de la Organización Marítima Internacional, artículo que trata de las funciones del Comité de protección del medio marino ("el Comité") conferidas por los convenios internacionales relativos a la prevención y la contención de la contaminación del mar por los buques,

RECORDANDO TAMBIÉN que adoptó, mediante la resolución MEPC.203(62), enmiendas al anexo del Protocolo de 1997 que enmienda el Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, modificado por el Protocolo de 1978 (inclusión de reglas sobre la eficiencia energética de los buques en el Anexo VI del Convenio MARPOL),

TOMANDO NOTA de que las citadas enmiendas al Anexo VI del Convenio MARPOL entraron en vigor el 1 de enero de 2013,

TOMANDO NOTA TAMBIÉN de que en la regla 20 (índice de eficiencia energética de proyecto obtenido (EEDI obtenido)) del Anexo VI del Convenio MARPOL, enmendado, se prescribe que el EEDI se calcule teniendo en cuenta las directrices elaboradas por la Organización,

TOMANDO NOTA ASIMISMO de las Directrices de 2012 sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) obtenido para buques nuevos, adoptadas mediante la resolución MEPC.212(63), y de las enmiendas a la misma, adoptadas mediante la resolución MEPC.224(64),

TOMANDO NOTA ADEMÁS de que adoptó, mediante la resolución MEPC.245(66), las Directrices de 2014 sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) obtenido para buques nuevos, y enmiendas a dichas Directrices mediante las resoluciones MEPC.263(68) y MEPC.281(70),

RECONOCIENDO que las citadas enmiendas al Anexo VI del Convenio MARPOL requieren la adopción de las directrices pertinentes para una implantación uniforme y sin contratiempos de las reglas,

HABIENDO EXAMINADO, en su 73º periodo de sesiones, la propuesta de Directrices de 2018 sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) obtenido para buques nuevos,

1 ADOPTA las Directrices de 2018 sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) obtenido para buques nuevos, que figuran en el anexo de la presente resolución;

2 INVITA a las Administraciones a que tengan en cuenta las citadas enmiendas al elaborar y promulgar leyes nacionales que hagan entrar en vigor e implanten las disposiciones de la regla 20 del Anexo VI del Convenio MARPOL, enmendado;

3 PIDE a las Partes en el Anexo VI del Convenio MARPOL y a otros Gobiernos Miembros que pongan las enmiendas en conocimiento de propietarios, armadores, instructores y proyectistas de buques y demás partes interesadas;

4 ACUERDA mantener estas directrices sometidas a examen a la luz de la experiencia adquirida con su implantación;

5 SUSTITUYE las Directrices de 2014 sobre el método de cálculo del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) obtenido para buques nuevos, adoptadas mediante la resolución MEPC.245(66) y enmendadas mediante las resoluciones MEPC.263(66) y MEPC.281(70) y MEPC.1/Circ.866.

ANEXO

DIRECTRICES DE 2018 SOBRE EL MÉTODO DE CÁLCULO DEL ÍNDICE DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE PROYECTO (EEDI) OBTENIDO PARA BUQUES NUEVOS

ÍNDICE

- 1 Definiciones
- 2 Índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI), incluida la ecuación
 - 2.1 C_F : factor de conversión adimensional entre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂
 - 2.2 V_{ref} : velocidad del buque
 - 2.3 Capacidad
 - 2.3.1 Graneleros, buques tanque, gaseros, buques para el transporte de GNL, buques de carga rodada (buques para el transporte de vehículos), buques de carga rodada, buques de pasaje de transbordo rodado, buques de carga general, buques frigoríficos y buques de carga combinada
 - 2.3.2 Buques de pasaje y buques de pasaje de crucero
 - 2.3.3 Buques portacontenedores
 - 2.4 Peso muerto
 - 2.5 P : potencia de los motores principales y auxiliares
 - 2.5.1 P_{ME} : potencia de los motores principales
 - 2.5.2 P_{PTO} : generador acoplado al eje
 - 2.5.3 P_{PTI} : motor acoplado al eje
 - 2.5.4 P_{eff} : potencia de las tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía mecánica
 - 2.5.5 P_{AEff} : reducción de la potencia de los motores auxiliares
 - 2.5.6 P_{AE} : potencia de los motores auxiliares
 - 2.6 V_{ref} , capacidad y P
 - 2.7 SFC : consumo de combustible específico
 - 2.8 f_j : factor de corrección para los elementos de proyecto específicos del buque
 - 2.8.1 f_j : buques clasificados para la navegación en hielo

- 2.8.2 f_j : buques tanque lanzadera
- 2.8.3 $f_{j\text{rodo}}$: buques de carga rodada y buques de pasaje de transbordo rodado
- 2.8.4 f_j : buques de carga general
- 2.8.5 f_j : otros tipos de buques
- 2.9 f_w : factor meteorológico
- 2.10 $f_{\text{eff}(i)}$: factor de disponibilidad de una tecnología innovadora de eficiencia energética
- 2.11 f_i : factor de capacidad
 - 2.11.1 f_i : buques clasificados para la navegación en hielo
 - 2.11.2 f_i : mejoras estructurales voluntarias específicas del buque
 - 2.11.3 f_i : graneleros y petroleros construidos de conformidad con las reglas estructurales comunes (CSR)
 - 2.11.4 f_i : otros tipos de buques
- 2.12 f_c : factor de corrección de la capacidad cúbica
 - 2.12.1 f_c : quimiqueros
 - 2.12.2 f_c : gaseros
 - 2.12.3 $f_{c\text{RoPax}}$: buques de pasaje de transbordo rodado
 - 2.12.4 f_c graneleros proyectados para transportar cargas ligeras: buques para el transporte de astillas de madera
- 2.13 L_{pp} : eslora entre perpendiculares
- 2.14 f_i : *factor para los buques de carga general equipados con grúas y otros dispositivos relacionados con la manipulación de la carga*
- 2.15 d_s : calado en la línea de carga de verano
- 2.16 B_s : manga
- 2.17 ∇ : desplazamiento volumétrico
- 2.18 g : aceleración de la gravedad

- APÉNDICE 1 Sistema de motores marinos general y simplificado
- APÉNDICE 2 Directrices para la elaboración de cuadros de potencia eléctrica para el EEDI (EPT-EEDI)
- APÉNDICE 3 Sistema de motores marinos general y simplificado para buques de pasaje de crucero con sistemas de propulsión no tradicionales
- APÉNDICE 4 Ejemplos sobre el cálculo del EEDI cuando se utilicen motores de combustible mixto

1 Definiciones

1.1 *Convenio MARPOL*: Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques, 1973, en su forma modificada por los Protocolos de 1978 y 1997, enmendados.

1.2 A los efectos de las presentes directrices se aplican las definiciones que figuran en el capítulo 4 del Anexo VI enmendado del Convenio MARPOL.

2 Índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI)

2.1 Fórmula EEDI

El índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI) obtenido para los buques nuevos indica la eficiencia energética de los buques (g/t*milla marina) y se calcula aplicando la siguiente fórmula:

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^n f_j \right) \left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)} \right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) + \left(\left(\prod_{j=1}^n f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEff(i)} \right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE} \right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME} \right)}{f_i \cdot \dot{V}_c \cdot \text{Capacidad} \cdot f_w \cdot V_{ref}}$$

* Si parte de la carga normal máxima en el mar se obtiene con generadores acoplados al eje, para dicha parte de la potencia podrán utilizarse SFC_{ME} y C_{FME} en vez de SFC_{AE} y C_{FAE} .

** En caso de que $P_{PTI(i)} > 0$, se utilizará el valor medio ponderado de $(SFC_{ME} \cdot C_{FME})$ y $(SFC_{AE} \cdot C_{FAE})$ para calcular P_{eff} .

Nota: Es posible que esta fórmula no sea aplicable a los buques que tengan propulsión diésel-eléctrica, propulsión mediante turbina o sistemas de propulsión híbridos, salvo los buques de pasaje de crucero y los buques para el transporte de gas natural licuado (GNL).

2.2 Parámetros

Para el cálculo del EEDI mediante la fórmula que figura en el párrafo 2.1, se aplican los siguientes parámetros.

2.2.1 C_F : factor de conversión adimensional entre el consumo de combustible y las emisiones de CO₂

C_F es un factor de conversión adimensional entre el consumo de combustible (medido en g) y las emisiones de CO₂ (también medidas en g), basándose en el contenido de carbono. Los subíndices $ME(i)$ y $AE(i)$ corresponden a los motores principales y auxiliares, respectivamente. C_F corresponde al combustible consumido al determinar el SFC que figura en el informe de prueba aplicable incluido en el expediente técnico según se define éste en el párrafo 1.3.15 del Código técnico sobre los NO_x (en adelante "informe de prueba incluido en el expediente técnico sobre los NO_x"). Los valores de C_F son los siguientes:

Tipo de combustible	Referencia	Poder calorífico inferior (kJ/kg)	Contenido de carbono	C_F (ton. de CO ₂ /ton. de combustible)
1. Diésel/gasoil	ISO 8217 Grados DMX a DMB	42 700	0,8744	3,206
2. Fueloil ligero	ISO 8217 Grados RMA a RMD	41 200	0,8594	3,151
3. Fueloil pesado	ISO 8217 Grados RME a RMK	40 200	0,8493	3,114
4. Gas de petróleo licuado (GPL)	Propano	46 300	0,8182	3,000
	Butano	45 700	0,8264	3,030
5. Gas natural licuado (GNL)		48 000	0,7500	2,750
6. Metanol		19 900	0,3750	1,375
7. Etanol		26 800	0,5217	1,913

En el caso de los buques equipados con un motor principal o auxiliar de combustible mixto, se deberían aplicar el factor C_F para el combustible gaseoso y el factor C_F para el combustible líquido, multiplicados por el consumo específico de fueloil en el punto de carga pertinente del EEDI. En el ínterin, para determinar si el combustible gaseoso se debe considerar 'combustible principal', se empleará la fórmula que aparece a continuación:

$$f_{DFgas} = \frac{\sum_{i=1}^{ntotal} P_{total(i)}}{\sum_{i=1}^{ngasfuel} P_{gasfuel(i)}} \times \frac{V_{gas} \times \rho_{gas} \times LCV_{gas} \times K_{gas}}{\left[\sum_{i=1}^{nliquid} V_{liquid(i)} \times \rho_{liquid(i)} \times LCV_{liquid(i)} \times K_{liquid(i)} \right] + V_{gas} \times \rho_{gas} \times LCV_{gas} \times K_{gas}}$$

$$f_{DFliquid} = 1 - f_{DFgas}$$

donde:

f_{DFgas} es la tasa de disponibilidad de combustible gaseoso corregida utilizando el coeficiente de potencia entre los motores de gas y todos los motores; f_{DFgas} no debería ser superior a 1;

V_{gas} es la capacidad neta total de combustible gaseoso a bordo (en m³). Si se utilizan otros medios, como los contenedores cisterna de GNL intercambiables (especializados) y/o configuraciones que permitan utilizar la toma frecuente de combustible gaseoso, para V_{gas} deberá utilizarse la capacidad de la totalidad del sistema de combustible GNL. Si los tanques de carga de gas están conectados al sistema de alimentación de combustible gaseoso, se calculará el régimen de evaporación y se incluirá en V_{gas} ;

V_{liquid} es la capacidad neta total de combustible líquido a bordo (en m^3) de los tanques de combustible líquido conectados permanentemente al sistema de combustible del buque. Si se desconecta un tanque de combustible mediante válvulas de sellado permanente, no se tendrá en cuenta el V_{liquid} de dicho tanque de combustible;

ρ_{gas} es la densidad del combustible gaseoso, en kg/m^3 ;

ρ_{liquid} es la densidad de cada combustible líquido, en kg/m^3 ;

LCV_{gas} es el poder calorífico bajo del combustible gaseoso, en kJ/kg ;

LCV_{liquid} es el poder calorífico bajo del combustible líquido, en kJ/kg ;

K_{gas} es el régimen de llenado de los tanques de combustible gaseoso;

K_{liquid} es el régimen de llenado de los tanques de combustible líquido;

P_{total} es el total de potencia instalada de los motores, P_{ME} y P_{AE} , en kW ;

$P_{gasfuel}$ es la potencia instalada de motores de combustible mixto, P_{ME} y P_{AE} , en kW ;

- .1 Si la capacidad total de combustible gaseoso es, como mínimo, el 50 % de la capacidad de combustible dedicado a los motores de combustible mixto, es decir, $f_{DFgas} \geq 0,5$, se considerará que el combustible gaseoso es el "combustible principal" y que $f_{DFgas} = 1$ y que $f_{DFliquid} = 0$ para cada motor de combustible mixto.
- .2 Si $f_{DFgas} < 0,5$, el combustible gaseoso no se considerará el "combustible principal". Se deberá calcular C_F y el consumo específico de combustible (SCF) del cálculo del EEDI para cada motor de combustible mixto (tanto motores principales como motores auxiliares) como el promedio ponderado de C_F y SFC para la modalidad de líquido y de gas utilizando f_{DFgas} y $f_{DFliquid}$, y el elemento original $P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}$ del cálculo del EEDI se debe remplazar por la fórmula que figura a continuación.

$$P_{ME(i)} \cdot (f_{DFgas(i)} \cdot (C_{FME\ pilot\ fuel(i)} \cdot SFC_{ME\ pilot\ fuel(i)} + C_{FME\ gas(i)} \cdot SFC_{ME\ gas(i)}) + f_{DFliquid(i)} \cdot C_{FME\ liquid(i)} \cdot SFC_{ME\ liquid(i)})$$

2.2.2 V_{ref} : Velocidad del buque

V_{ref} es la velocidad del buque, medida en millas marinas por hora (nudos) en aguas profundas en la condición correspondiente a la *capacidad* según se define en los párrafos 2.2.3.1 y 2.2.3.3 (en el caso de buques de pasaje y buques de pasaje de crucero, esta condición será el calado en carga de verano según se indica en el párrafo 2.2.4), con la potencia al eje del motor o motores de acuerdo con la definición del párrafo 2.2.5 y dando por supuestas condiciones meteorológicas favorables, sin viento ni olas.

2.2.3 Capacidad

Capacidad se define de la manera siguiente:

- 2.2.3.1 Para los graneleros, buques tanque, gaseros, buques para el transporte de GNL, buques de carga rodada (buques para el transporte de vehículos), buques de carga

rodada, buques de pasaje de transbordo rodado, buques de carga general, buques frigoríficos y buques de carga combinada debería utilizarse el peso muerto como *capacidad*.

2.2.3.2 Para los buques de pasaje y los buques de pasaje de crucero debería utilizarse como *capacidad* el arqueo bruto de conformidad con la regla 3 del anexo I del Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969.

2.2.3.3 Para los buques portacontenedores, debería utilizarse el 70 % del peso muerto como *capacidad*. Los valores del EEDI para los buques portacontenedores se calculan de la manera siguiente:

- .1 el EEDI obtenido se calcula de conformidad con la fórmula del EEDI utilizando el 70 % del peso muerto para la *capacidad*;
- .2 el valor estimado del índice en las Directrices para el cálculo de los niveles de referencia se calcula utilizando el 70 % del peso muerto:

$$\text{Valor estimado del índice} = 3,1144 \cdot \frac{190 \cdot \sum_{i=1}^{NME} P_{MEi} + 215 \cdot P_{AE}}{70 \% \text{ DWT} \cdot V_{ref}}$$

- .3 los parámetros a y c para los buques portacontenedores que figuran en el cuadro 2 de la regla 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL se determinan representando gráficamente el valor estimado del índice con respecto al 100 % del peso muerto, es decir, se determinó que a = 174,22 y c = 0,201;
- .4 el EEDI prescrito para un buque portacontenedores nuevo se calcula utilizando el 100 % del peso muerto:

$$\text{EEDI prescrito} = (1-X/100) \cdot a \cdot 100 \% \text{ peso muerto}^{-c}$$

Donde X es el factor de reducción (en porcentaje) de conformidad con el cuadro 1 de la regla 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL, relativo a la fase y el tamaño aplicables de los buques portacontenedores nuevos.

2.2.4 Peso muerto

Peso muerto es la diferencia, expresada en toneladas, entre el desplazamiento de un buque en aguas de densidad relativa de 1 025 kg/m³ al calado en carga de verano y el desplazamiento en rosca del buque. Se debería considerar que el calado en carga de verano es el calado máximo de verano certificado en el cuadernillo de estabilidad aprobado por la Administración o una organización reconocida por ella.

2.2.5 P: Potencia de los motores principales y auxiliares

P es la potencia de los motores principales y auxiliares, medida en kW. Los subíndices $ME(i)$ y $AE(i)$ corresponden a los motores principales y auxiliares, respectivamente. La sumatoria en i es para todos los motores, siendo (n_{ME}) el número de motores. (Véase el diagrama que figura en el apéndice 1.)

2.2.5.1 $P_{ME(i)}$: Potencia de los motores principales

$P_{ME(i)}$ es el 75 % de la potencia nominal instalada (MCR^1) de cada motor principal (i).

En los buques para el transporte de GNL que tengan un sistema de propulsión diésel-eléctrica, $P_{ME(i)}$ debería calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$P_{ME(i)} = 0,83 \times \frac{MPP_{motor(i)}}{\eta_{(i)}}$$

donde:

$MPP_{motor(i)}$ es la potencia nominal del motor especificada en el documento certificado.

$\eta_{(i)}$ es el producto de la eficiencia eléctrica del generador, el transformador, el convertidor y el motor, teniendo en cuenta la media ponderada, si es necesario.

Debería considerarse que la eficiencia eléctrica $\eta_{(i)}$ es del 91,3 % a efectos del cálculo del EEDI obtenido. De lo contrario, si ha de aplicarse un valor superior al 91,3 %, la $\eta_{(i)}$ debería obtenerse mediante medición y debería verificarse con el método aprobado por el verificador.

En los buques para el transporte de GNL que tengan un sistema de propulsión mediante turbina de vapor, $P_{ME(i)}$ es el 83 % de la potencia nominal instalada ($MCR_{turbina\ de\ vapor}$) para cada turbina de vapor (i).

En los párrafos siguientes se indica la influencia de la toma o de la entrega de potencia adicional en el eje.

2.2.5.2 $P_{PTO(i)}$: Generador acoplado al eje

En caso de que haya uno o varios generadores acoplados al eje, $P_{PTO(i)}$ es el 75 % de la potencia eléctrica nominal de salida de cada generador acoplado al eje. En el caso de que el generador o los generadores acoplados al eje se instalen en la turbina de vapor, $P_{PTO(i)}$ es el 83 % de la potencia eléctrica nominal de salida, y el factor 0,75 debería sustituirse por 0,83.

Para calcular el efecto de los generadores acoplados al eje se dispone de dos opciones:

Opción 1:

La deducción máxima admisible para el cálculo de $\sum P_{ME(i)}$ no ha de ser mayor que la P_{AE} definida en el párrafo 2.2.5.6. Para este caso, $\sum P_{ME(i)}$ se calcula de la manera siguiente:

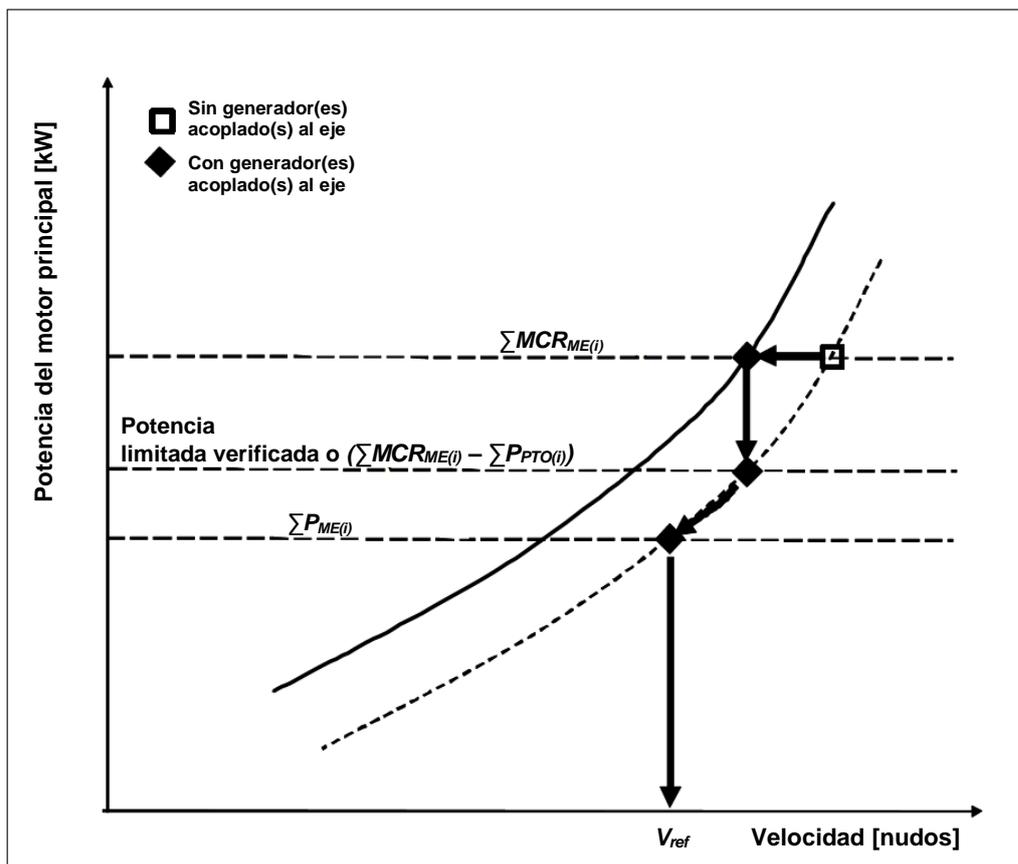
$$\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} = 0,75 \times \left(\sum MCR_{ME(i)} - \sum P_{PTO(i)} \right) \text{ siendo } 0,75 \times \sum P_{PTO(i)} \leq P_{AE}$$

o bien

¹ Para el cálculo debería utilizarse el valor de MRC especificado en el Certificado EIAPP. Si no se exige que los motores principales tengan un certificado EIAPP, debería utilizarse el valor de MRC que figura en la placa de identificación.

Opción 2:

En caso de que se instale un motor con una potencia nominal de salida mayor que aquella a la que el sistema de propulsión está limitado por medios técnicos verificados, el valor de $\Sigma P_{ME(i)}$ es el 75 % de esa potencia limitada para determinar la velocidad de referencia V_{ref} y para calcular el EEDI. En la siguiente figura se facilitan orientaciones para la determinación de $\Sigma P_{ME(i)}$:



2.2.5.3 Motor acoplado al eje

En caso de que haya uno o varios motores acoplados al eje instalados, $P_{PTI(i)}$ es el 75 % de la potencia nominal consumida de cada motor acoplado al eje dividida por la eficiencia media ponderada del generador o generadores, según se indica a continuación:

$$\Sigma P_{PTI(i)} = \frac{\Sigma (0,75 \cdot P_{SM,max(i)})}{\eta_{Gen}}$$

donde:

$P_{SM,max(i)}$ es la potencia nominal consumida de cada motor acoplado al eje.

η_{Gen} es la eficiencia media ponderada del generador o los generadores.

En el caso de que el o los motores acoplados al eje se instalen en la turbina de vapor, $P_{PTI(i)}$ es el 83 % de la potencia nominal consumida, y el factor 0,75 debería sustituirse por 0,83.

La potencia de propulsión a la que se mide V_{ref} es:

$$\sum P_{ME(i)} + \sum P_{PTI(i), eje}$$

donde:

$$\sum P_{PTI(i), eje} = \sum (0,75 \cdot P_{SM,max(i)} \cdot \eta_{PTI(i)})$$

$\eta_{PTI(i)}$ es la eficiencia de cada motor acoplado al eje instalado.

Cuando la potencia de propulsión total definida *supra* es superior al 75 % de la potencia a la que esté limitado el sistema de propulsión por medios técnicos verificados, el 75 % de la potencia limitada ha de utilizarse como la potencia de propulsión total para determinar la velocidad de referencia (V_{ref}) y para el cálculo del EEDI.

En el caso de que se combinen PTI y PTO, la modalidad de funcionamiento normal en el mar determinará cuál de estos parámetros se utiliza para el cálculo.

Nota: Si la eficiencia de la cadena de transmisión del motor acoplado al eje está indicada en un documento verificado, podrá tenerse en cuenta la eficiencia de la cadena de transmisión del motor acoplado al eje para calcular las pérdidas de energía del equipo entre el cuadro de distribución y el motor acoplado al eje.

2.2.5.4 $P_{eff(i)}$: Tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía mecánica del motor principal

$P_{eff(i)}$ es la potencia de las tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía mecánica para la propulsión al 75 % de la potencia del motor principal.

No es necesario medir la energía mecánica residual recuperada directamente por acoplamiento a los ejes, dado que el efecto de la tecnología se refleja directamente en V_{ref} .

En el caso de los buques equipados con varios motores, el C_F y el SFC deberían ser la media ponderada por la potencia de todos los motores principales.

En el caso de los buques equipados con un motor o motores de combustible mixto, el C_F y el SFC deberían calcularse de conformidad con los párrafos 2.2.1 y 2.2.7.

2.2.5.5 $P_{AEff(i)}$: Tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía eléctrica del motor auxiliar

$P_{AEff(i)}$ es la reducción de la potencia de los motores auxiliares debida a tecnologías innovadoras de eficiencia de la energía eléctrica, medida a la potencia $P_{ME(i)}$.

2.2.5.6 P_{AE} potencia del motor auxiliar

P_{AE} es la potencia del motor auxiliar necesaria para suministrar la carga máxima normal en el mar, incluida la potencia requerida para la maquinaria y los sistemas de propulsión y los espacios de alojamiento, por ejemplo, las bombas del motor principal, los sistemas de navegación, el equipo y la vida a bordo, aunque se excluye la potencia no utilizada para la maquinaria/sistemas de propulsión, por ejemplo, impulsores, bombas de carga, equipo de carga, bombas de lastre, dispositivos de mantenimiento de la carga como, por ejemplo, equipo

de refrigeración y ventiladores de las bodegas de carga, en las condiciones en las que el buque emprendió el viaje a la velocidad (V_{ref}) y la condición mencionadas en el párrafo 2.2.2.

2.2.5.6.1 En los buques en los que la potencia de propulsión total ($\sum MCR_{ME(i)} + \frac{\sum P_{PTI(i)}}{0,75}$) es igual o superior a 10 000 kW, P_{AE} se define como:

$$P_{AE(\sum MCR_{ME(i)} \geq 10\ 000\ kW)} = \left(0,025 \times \left(\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0,75} \right) \right) + 250$$

2.2.5.6.2 En los buques en los que la potencia de propulsión total ($\sum MCR_{ME(i)} + \frac{\sum P_{PTI(i)}}{0,75}$) es inferior a 10 000 kW, P_{AE} se define como:

$$P_{AE(\sum MCR_{ME(i)} < 10\ 000\ kW)} = \left(0,05 \times \left(\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)} + \frac{\sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)}}{0,75} \right) \right)$$

2.2.5.6.3 En los buques para el transporte de GNL con un sistema de relicuefacción o compresores proyectados para un uso en condiciones normales de funcionamiento y esenciales para mantener la presión de los tanques de carga de GNL por debajo del ajuste máximo admisible de la válvula de desahogo de un tanque de carga en condiciones normales de funcionamiento, deberían añadirse los términos siguientes a la fórmula de P_{AE} que se indica *supra*, de conformidad con los puntos 2.2.5.6.3.1, 2.2.5.6.3.2 o 2.2.5.6.3.3 *infra*.

.1 En los buques que tengan un sistema de relicuefacción:

$$+ \text{Capacidad del tanque de carga}_{GNL} \times BOR \times COP_{relicuar} \times R_{relicuar}$$

donde:

*Capacidad del tanque de carga*_{GNL} es la capacidad del tanque de carga de GNL en m³.

BOR es el índice de gas de evaporación de proyecto de todo el buque por día, que se especifica en el contrato de construcción.

*COP*_{relicuar} es el coeficiente del rendimiento de la potencia de proyecto para relicuar gas de evaporación por unidad de volumen, tal como se indica a continuación:

$$COP_{relicuar} = \frac{425\ (kg/m^3) \times 511\ (kJ/kg)}{24\ (h) \times 3\ 600\ (seg) \times COP_{refrigeración}}$$

*COP*_{refrigeración} es el coeficiente de rendimiento de proyecto de la relicuefacción, y debería utilizarse el valor 0,166. Podrá emplearse otro valor calculado por el fabricante y verificado por la Administración o una organización reconocida por ella.

$R_{relicuar}$ es el cociente entre el gas de evaporación (BOG) que debe relicuarse y el BOG total, y se calcula del siguiente modo:

$$R_{relicuar} = \frac{BOG_{relicuar}}{BOG_{total}}$$

- .2 En los buques para el transporte de GNL que tengan un sistema de propulsión diésel por impulso directo o un sistema de propulsión diésel-eléctrica, con compresores que se utilicen para suministrar gas a alta presión obtenido a partir del gas de evaporación a los motores instalados (destinados normalmente a los motores de combustible mixto de dos tiempos):

$$+ COP_{comp} \times \sum_{i=1}^{nME} SFC_{ME(i),modalidad\ de\ gas} \times \frac{P_{ME(i)}}{1000}$$

donde:

COP_{comp} es el rendimiento de la potencia de proyecto del compresor, y debería utilizarse el valor 0,33 (kWh/kg). Podrá emplearse otro valor calculado por el fabricante y verificado por la Administración o una organización reconocida por ella.

- .3 En los buques para el transporte de GNL que tengan un sistema de propulsión diésel por impulso directo o un sistema de propulsión diésel-eléctrica, con compresores que se utilicen para suministrar gas a baja presión obtenido a partir del gas de evaporación a los motores instalados (destinados normalmente a los motores de combustible mixto de cuatro tiempos):

$$+ 0,02 \times \sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}^2$$

2.2.5.6.4 En los buques para el transporte de GNL que tengan un sistema de propulsión diésel-eléctrica, para el cálculo de P_{AE} debería utilizarse $MPP_{Motor(i)}$ en lugar de $MCR_{ME(i)}$.

2.2.5.6.5 En los buques para el transporte de GNL que tengan un sistema de propulsión mediante turbina de vapor cuya potencia eléctrica sea suministrada principalmente por un generador de turbina integrado en los sistemas de agua de alimentación y de vapor, podrá considerarse que P_{AE} es igual a cero, en lugar de tener en cuenta la carga eléctrica al calcular $SFC_{turbina\ de\ vapor}$.

² En lo que respecta al factor 0,02, se supone que la energía adicional necesaria para comprimir el gas de evaporación y suministrarlo a un motor de combustible mixto de cuatro tiempos es aproximadamente igual al 2 % de P_{ME} , en comparación con la energía necesaria para comprimir el gas de evaporación y suministrarlo a una turbina de vapor.

2.2.5.7 Uso Cuadro de potencia eléctrica^w

En los buques en los que el valor de P_{AE} calculado según se indica en los párrafos 2.2.5.6.1 a 2.2.5.6.3 difiera considerablemente de la potencia total utilizada durante la navegación normal en el mar, por ejemplo, en el caso de los buques de pasaje (véase la nota que figura debajo de la fórmula del EEDI), el valor de P_{AE} debería estimarse utilizando la potencia eléctrica consumida (excluida la propulsión), con el buque navegando a una velocidad de referencia (V_{ref}), la cual figura en el cuadro de potencia eléctrica³, dividida por la eficiencia media del generador o generadores ponderada por la potencia (véase el apéndice 2).

2.2.6 Coherencia de los parámetros V_{ref} , Capacidad y P

V_{ref} , Capacidad y P deberían ser coherentes entre sí. En cuanto a los buques para el transporte de GNL que tengan sistemas de propulsión diésel-eléctrica o mediante turbina de vapor, V_{ref} es la velocidad pertinente al 83 % de MPP_{Motor} o $MCR_{Turbina\ de\ vapor}$, respectivamente.

2.2.7 SFC: consumo de combustible específico certificado

SFC es el consumo de combustible específico certificado de los motores o turbinas de vapor, medido en g/kWh.

2.2.7.1 SFC para los motores principales y auxiliares

Los subíndices $ME(i)$ y $AE(i)$ se refieren a los motores principales y auxiliares, respectivamente. En los motores certificados para los ciclos de ensayo E2 o E3 del Código técnico sobre los NO_x 2008, el consumo de combustible específico del motor ($SFC_{ME(i)}$) es el que figura en el informe de prueba incluido en el expediente técnico sobre los NO_x para motores al 75 % de la potencia MCR de su par nominal. En el caso de motores certificados para los ciclos de ensayo D2 o C1 del Código técnico sobre los NO_x 2008, el consumo específico de combustible del motor ($SFC_{AE(i)}$) es el que figura en el informe de prueba incluido en el expediente técnico sobre los NO_x para los motores al 50 % de la potencia MCR o par nominal. Si, de conformidad con el párrafo 4.2.3 de las "Directrices sobre reconocimiento y certificación del índice de eficiencia energética de proyecto (EEDI)", se utiliza combustible gaseoso como combustible principal, debería emplearse SFC en modalidad de gas. En el caso de que los motores instalados no cuenten con expedientes técnicos aprobados sobre los NO_x en modalidad de gas, el SFC de la modalidad de gas debería ser presentado por el fabricante y confirmado por el verificador.

El SFC debería corregirse de acuerdo con el valor correspondiente a las condiciones normalizadas de referencia ISO utilizando el poder calorífico inferior normalizado del fueloil (42 700 kJ/kg), haciendo referencia a las normas ISO 15550:2002 e ISO 3046-1:2002.

En los buques en los que el valor de P_{AE} calculado según se indica en los párrafos 2.2.5.6.1 a 2.2.5.6.3 difiera considerablemente de la potencia total utilizada durante la navegación normal en el mar (por ejemplo, los buques de pasaje tradicionales), el consumo específico de combustible (SFC_{AE}) de los generadores auxiliares es el que figura en el informe de prueba incluido en el expediente técnico sobre los NO_x para los motores al 75 % de la potencia MCR de su par nominal.

³ El verificador debería examinar y validar el cuadro de potencia eléctrica. Cuando las condiciones ambientales afecten a cualquier carga eléctrica en el cuadro de potencia eléctrica, como en el caso de los sistemas de ventilación, calefacción y aire acondicionado, deberían aplicarse las condiciones ambientales estipuladas en el contrato que lleven a la carga eléctrica de proyecto máxima del sistema instalado para el buque en general.

SFC_{AE} es el promedio ponderado por la potencia de los $SFC_{AE(i)}$ de los i motores respectivos.

En el caso de los motores que no tengan un informe de prueba incluido en el expediente técnico sobre los NO_x porque su potencia sea inferior a 130 kW, debería utilizarse el SFC especificado por el fabricante y refrendado por una autoridad competente.

En la fase de proyecto, si no se dispone del informe de prueba incluido en el expediente técnico sobre los NO_x , debería utilizarse el SFC especificado por el fabricante y refrendado por una autoridad competente.

En el caso de motores de GNL para los cuales el SFC se mide en kJ/kWh, el valor de SFC se cambiará a g/kWh utilizando el poder calorífico inferior normalizado del GNL (48 000 kJ/kg) con referencia a las Directrices del IPCC de 2006.

En el cuadro del párrafo 2.2.1 de estas directrices figuran los poderes caloríficos inferiores de referencia para otros combustibles. Para el cálculo debería utilizarse el poder calorífico inferior de referencia correspondiente al factor de conversión del combustible de que se trate.

2.2.7.2 SFC para turbina de vapor ($SFC_{turbina\ de\ vapor}$)

El fabricante debería calcular el $SFC_{turbina\ de\ vapor}$ del modo que se indica a continuación, y la Administración o una organización reconocida por ella deberían verificarlo:

$$SFC_{turbina\ de\ vapor} = \frac{\text{Consumo de combustible}}{\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)}}$$

donde:

- .1 $\text{Consumo de combustible}$ es el consumo de combustible de la caldera por hora (g/h). En los buques cuya potencia eléctrica sea suministrada principalmente por un generador de turbina integrado en los sistemas de agua de alimentación y de vapor, debería tenerse en cuenta no sólo P_{ME} , sino también las *cargas eléctricas* correspondientes al párrafo 2.2.5.6.
- .2 El SFC debería corregirse de acuerdo con el valor de GNL en el que se utilice el poder calorífico inferior normalizado del GNL (48 000 kJ/kg) en condiciones SNAME (condiciones normalizadas: una temperatura del aire de 24 °C, una temperatura a la entrada del ventilador de 38 °C, y una temperatura del agua de mar de 24 °C).
- .3 En esta corrección debería tenerse en cuenta la diferencia de la eficacia de la caldera basada en el poder calorífico inferior entre el combustible de prueba y el GNL.

2.2.8 f_j ; Elementos de proyecto específicos del buque

El coeficiente f_j es un factor de corrección que permite tener en cuenta los elementos de proyecto específicos del buque.

Para los buques clasificados para la navegación en hielo, debería utilizarse como factor de corrección de la potencia (f_j) el valor mayor de los coeficientes f_{j0} y $f_{j,min}$ que figuran en el cuadro 1, pero no un valor superior a $f_{j,max} = 1,0$:

Para más información sobre la correspondencia aproximada entre las clases de hielo, véase la Recomendación 25/7 de la Comisión de Helsinki⁴.

Cuadro 1: Factores de corrección de la potencia (f_j) para los buques con clasificación para la navegación en el hielo

Tipo de buque	f_{j0}	$f_{j,min}$ según la clasificación de navegación en hielo			
		IA Super	IA	IB	IC
Buque tanque	$\frac{17,444 \cdot TPM^{0,5766}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,2488 \cdot TPM^{0,0903}$	$0,4541 \cdot TPM^{0,0524}$	$0,7783 \cdot TPM^{0,0145}$	$0,8741 \cdot TPM^{0,0079}$
Granelero	$\frac{17,207 \cdot TPM^{0,5705}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,2515 \cdot TPM^{0,0851}$	$0,3918 \cdot TPM^{0,0556}$	$0,8075 \cdot TPM^{0,0071}$	$0,8573 \cdot TPM^{0,0087}$
Buque de carga general	$\frac{1,974 \cdot TPM^{0,7987}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,1381 \cdot TPM^{0,1435}$	$0,1574 \cdot TPM^{0,144}$	$0,3256 \cdot TPM^{0,0922}$	$0,4966 \cdot TPM^{0,0583}$
Buque para carga refrigerada	$\frac{5,598 \cdot TPM^{0,696}}{\sum_{i=1}^{nME} MCR_{ME(i)}}$	$0,5254 \cdot TPM^{0,0357}$	$0,6325 \cdot TPM^{0,0278}$	$0,7670 \cdot TPM^{0,0159}$	$0,8918 \cdot TPM^{0,0079}$

Una alternativa es que, en el caso de los buques con clasificación para la navegación en hielo que estén proyectados y construidos basándose en un buque de navegación en aguas libres con certificación EEDI con el mismo tamaño y forma de casco, el factor de corrección de la potencia (f_j) para los buques con clasificación para la navegación en hielo puede calcularse utilizando la potencia de propulsión del nuevo buque con clasificación para la navegación en hielo ($P_{ice\ class}$) y la potencia del buque de navegación en aguas libres existente (P_{ow}) de la manera siguiente:

$$f_j = \frac{P_{ow}}{P_{ice\ class}}$$

En este caso, V_{ref} debería medirse en la potencia del eje del motor o motores instalados en el buque de navegación en aguas libres existente, como se define en el párrafo 2.2.5.

2.2.8.2 Factor de corrección de la potencia para los buques tanque lanzadera con duplicación de la propulsión

El factor de corrección de la potencia f_j para los buques tanque lanzadera con duplicación de la propulsión debería ser $f_j = 0,77$. Este factor de corrección se aplica a los buques tanque lanzadera con duplicación de la propulsión de entre 80 000 y 160 000 TPM. Los buques tanque lanzadera con duplicación de la propulsión se utilizan para el transporte de crudo desde las instalaciones mar adentro, y son buques tanque equipados con motores de combustible mixto y hélices gemelas, condición necesaria para cumplir las prescripciones relativas a la anotación de clasificación para el posicionamiento dinámico y la duplicación de la propulsión.

2.2.8.3 Factor de corrección de los buques de carga rodada y los buques de pasaje de transbordo rodado

Para los buques de carga rodada y los buques de pasaje de transbordo rodado f_{jRoRo} se calcula del modo siguiente:

⁴ La Recomendación 25/7 de la Comisión de Helsinki puede consultarse en el sitio en la Red <http://www.helcom.fi>.

$$f_{jRoRo} = \frac{1}{F_{n_L}^\alpha \cdot \left(\frac{L_{pp}}{B_S}\right)^\beta \cdot \left(\frac{B_S}{d_S}\right)^\gamma \cdot \left(\frac{L_{pp}}{\nabla^{1/3}}\right)^\delta}; \quad \text{si } f_{jRoRo} > 1, f_j = 1$$

donde el número de Froude, F_{n_L} , se define del modo siguiente:

$$F_{n_L} = \frac{0,5144 \times V_{ref}}{\sqrt{L_{pp} \times g}}$$

y los exponentes α, β, γ y δ se definen del modo siguiente:

Tipo de buque	Exponente:			
	α	β	γ	δ
Buque de carga rodada	2,00	0,50	0,75	1,00
Buque de pasaje de transbordo rodado	2,50	0,75	0,75	1,00

2.2.8.4 Factor de corrección para los buques de carga general

El factor f_j para los buques de carga general se calcula del modo siguiente:

$$f_j = \frac{0,174}{F_{n_V}^{2,3} \cdot C_b^{0,3}}; \quad \text{si } f_j > 1, f_j = 1;$$

donde:

$$F_{n_V} = \frac{0,5144 \cdot V_{ref}}{\sqrt{g \cdot \nabla^{1/3}}}; \quad \text{si } F_{n_V} > 0,6, F_{n_V} = 0,6;$$

y

$$C_b = \frac{\nabla}{L_{pp} \cdot B_m \cdot T}$$

2.2.8.5 Factor de corrección para otros tipos de buques

Para otros tipos de buques, debería considerarse que $f_j = 1,0$.

2.2.9 f_w ; Factor de disminución de velocidad en el mar

f_w es un coeficiente adimensional que indica la disminución de velocidad en condiciones del mar representativas en cuanto a la altura y frecuencia de las olas y la velocidad del viento (por ejemplo. el nivel 6 de la escala Beaufort), y se determina de la manera siguiente:

2.2.9.1 para el EEDI obtenido calculado de conformidad con las reglas 20 y 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL, f_w es 1,00;

2.2.9.2 cuando f_w se calcula de conformidad con el apartado 2.2.9.2.1 o 2.2.9.2.2 *infra*, el valor del EEDI obtenido calculado mediante la fórmula que figura en el párrafo 2 utilizando el f_w obtenido debería denominarse " $EEDI_{weather}$ obtenido";

2.2.9.2.1 f_w puede determinarse mediante una simulación específica del buque sobre su funcionamiento en condiciones del mar representativas. La metodología de simulación debería basarse en las directrices elaboradas por la Organización⁴, y la Administración o una organización reconocida por ella deberían verificar el método y los resultados para un buque individual; y

2.2.9.2.2 en el caso de que no se realice la simulación, el valor f_w debería tomarse del cuadro/curva de " f_w normalizado". En las Directrices⁵ se presentará un cuadro/curva de " f_w normalizado" para cada tipo de buque definido en la regla 2 del Anexo VI del Convenio MARPOL, expresado en función de la capacidad (por ejemplo, peso muerto). El cuadro/curva de " f_w normalizado" se basa en los datos de la reducción de la velocidad real del mayor número posible de buques existentes en una condición del mar representativa.

2.2.9.3 f_w y el $EEDI_{weather}$ obtenido, en caso de que se calcule, junto con las condiciones del mar representativas en las que se han determinado esos valores, deberían indicarse en el expediente técnico del EEDI a fin de que se distinga del EEDI obtenido calculado de conformidad con las reglas 20 y 21 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

2.2.10 $f_{eff(i)}$: factor de disponibilidad de una tecnología innovadora de eficiencia energética

$f_{eff(i)}$ es el factor de disponibilidad de una tecnología innovadora de eficiencia energética. Para los sistemas de recuperación de energía residual se considera que $f_{eff(i)}$ equivale a 1 (1,0)⁶.

2.2.11 f_i : factor de capacidad para cualquier limitación técnica/normativa de la capacidad

f_i es el factor de capacidad para cualquier limitación técnica/normativa de la capacidad y debería considerarse igual a 1 (1,0) si el factor no se estima necesario.

2.2.11.1 Factor de corrección de la capacidad para los buques con clasificación para la navegación en hielo

El factor de corrección de la capacidad, f_i , para los buques con clasificación para la navegación en hielo que utilicen el peso muerto como medida de la capacidad debería calcularse de la manera siguiente:

$$f_i = f_{i(ice\ class)} \cdot f_{iCb},$$

donde $f_{i(ice\ class)}$ es el factor de corrección de la capacidad para el reforzamiento para el hielo del buque, que puede obtenerse a partir del

⁵ Véanse las Directrices provisionales para el cálculo del coeficiente f_w en relación con la reducción de la velocidad del buque en un estado del mar representativo para su utilización en pruebas, aprobadas por la Organización y distribuidas mediante la circular MEPC.1/Circ.796.

⁶ El cálculo del índice EEDI debería basarse en la condición de navegación marítima normal fuera de las zonas de control de las emisiones designadas de conformidad con la regla 13.6 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

cuadro 2, y f_{iC_b} es el factor de corrección de la capacidad para una capacidad de navegación en hielo mejor, que no debería ser inferior a 1,0 y que debería calcularse del modo siguiente:

$$f_{iC_b} = \frac{C_{b \text{ reference design}}}{C_b},$$

donde $C_{b \text{ reference design}}$ es el coeficiente de bloque medio para el tipo de buque, que puede obtenerse a partir del cuadro 3 para los graneleros, buques tanque y los buques de carga general, y C_b es el coeficiente de bloque del buque. Para buques que no sean graneleros, buques tanque y buques de carga general,

$$f_{iC_b} = 1,0.$$

Cuadro 2: Factor de corrección de la capacidad para el reforzamiento para el hielo del casco

Clasificación para la navegación en hielo ⁷	$f_{i(ice \ class)}$
IC	$f_{i(IC)} = 1,0041 + 58,5/TPM$
IB	$f_{i(IB)} = 1,0067 + 62,7/TPM$
IA	$f_{i(IA)} = 1,0099 + 95,1/TPM$
IA Super	$f_{i(IAS)} = 1,0151 + 228,7/TPM$

Cuadro 3: Coeficientes de bloque medios $C_{b \text{ reference design}}$ para graneleros, buques tanque y buques de carga general

Tipo de buque	Categorías de tamaño				
	Por debajo de 10 000 TPM	10,000 – 25 000 TPM	25 000 – 55 000 TPM	55 000 – 75 000 TPM	Por encima de 75 000 TPM
Granelero	0,78	0,80	0,82	0,86	0,86
Buque tanque	0,78	0,78	0,80	0,83	0,83
Buque de carga general	0,80				

De manera alternativa, el factor de corrección de la capacidad para el reforzamiento para el hielo del buque ($f_{i(ice \ class)}$) puede calcularse utilizando la fórmula del coeficiente de corrección de las mejoras voluntarias específicas del buque (f_{iVSE}) que se indica en la sección 2.2.11.2. Esta fórmula puede utilizarse también para clases de navegación en hielo distintas de las que se indican en el cuadro 2.

⁷ Para más información sobre la correspondencia aproximada entre las clases de navegación en hielo, véase la recomendación 25/7 de la Comisión de Helsinki, que puede consultarse en <http://www.helcom.fi>.

2.2.11.2 f_{iVSE}^8 : mejoras estructurales voluntarias específicas del buque

para las mejoras estructurales voluntarias específicas del buque se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$f_{iVSE} = \frac{\text{Peso muerto}_{\text{proyecto de referencia}}}{\text{Peso muerto}_{\text{proyecto mejorado}}}$$

donde:

$$\text{Peso muerto}_{\text{proyecto de referencia}} = \Delta_{\text{buque}} - \text{desplazamiento en rosca}_{\text{proyecto de referencia}}$$

$$\text{Peso muerto}_{\text{proyecto mejorado}} = \Delta_{\text{buque}} - \text{desplazamiento en rosca}_{\text{proyecto mejorado}}$$

Para este cálculo debería suponerse el mismo desplazamiento (Δ) para el proyecto de referencia y el proyecto mejorado.

El peso muerto antes de las mejoras ($\text{Peso muerto}_{\text{proyecto de referencia}}$) es el peso muerto antes de la aplicación de las mejoras estructurales. El peso muerto después de las mejoras ($\text{Peso muerto}_{\text{proyecto mejorado}}$) es el peso muerto tras la aplicación de la mejora estructural voluntaria. No debería permitirse un cambio de material (por ejemplo, de aleación de aluminio a acero) entre el proyecto de referencia y el proyecto mejorado para el cálculo de f_{iVSE} . Tampoco debería permitirse un cambio de grado del mismo material (por ejemplo, tipo de acero, grados, propiedades y condición).

En cada caso, deberían presentarse al verificador dos series de planos estructurales del buque para su evaluación, una serie para el buque sin mejora estructural voluntaria y la otra para el mismo buque con la mejora estructural voluntaria. (También sería aceptable una serie de planos estructurales del proyecto de referencia con anotaciones de la mejora estructural voluntaria). Ambas series de planos estructurales deberían cumplir lo dispuesto en la reglamentación aplicable para el tipo y el tráfico comercial previsto del buque.

2.2.11.3 f_{iCSR} ; Buques sujetos a las reglas estructurales comunes (CSR)

Para los graneleros y petroleros construidos de conformidad con las reglas estructurales comunes (CSR) de las sociedades de clasificación a los que se haya asignado la anotación de clasificación CSR debería aplicarse el factor de corrección de la capacidad f_{iCSR} :

$$f_{iCSR} = 1 + (0,08 \cdot \text{Desplazamiento en rosca}_{\text{CSR}} / \text{Peso muerto}_{\text{CSR}})$$

donde $\text{Peso muerto}_{\text{CSR}}$ es el peso muerto determinado en el párrafo 2.2.4 y $\text{Desplazamiento en rosca}_{\text{CSR}}$ es el desplazamiento en rosca del buque.

2.2.11.4 f_i : Para otros tipos de buques

Para otros tipos de buques debería considerarse que f_i es igual a uno (1,0).

⁸ Las anotaciones adicionales y/o estructurales de clasificación tales como, entre otras, "refuerzo para facilitar la descarga con cucharas" y "refuerzo de la parte inferior para facilitar la carga y/o descarga con el buque varado", que se traducen en una pérdida de peso muerto del buque, también se consideran ejemplos de "mejoras estructurales voluntarias".

2.2.12 f_c : factor de corrección de la capacidad cúbica

f_c es el factor de corrección de la capacidad cúbica y debería considerarse igual a uno (1,0) si el factor no se estima necesario.

2.2.12 f_c ; factor de corrección de la capacidad cúbica

Para los buques tanque quimiqueros, de conformidad con la definición que figura en la regla 1.16.1 del Anexo II del Convenio MARPOL, debería aplicarse el siguiente factor de corrección de la capacidad cúbica (f_c):

$$f_c = R^{-0,7} - 0,014, \text{ donde } R \text{ es inferior a } 0,98$$

o

$$f_c = 1,000, \text{ donde } R \text{ es igual o superior a } 0,98;$$

donde R es el cociente de capacidad del peso muerto del buque (toneladas) determinado en el párrafo 2.2.4, dividido por la capacidad cúbica total de los tanques de carga del buque (m^3).

2.2.12.2 f_c : para los buques gaseros

Para los buques gaseros que tengan un sistema de propulsión diésel por impulso directo construidos o adaptados y utilizados para el transporte a granel de gas natural licuado, debería aplicarse el siguiente factor de corrección de la capacidad cúbica (f_{cLNG}):

$$f_{cLNG} = R^{-0,56}$$

donde R es el cociente de capacidad del peso muerto del buque (toneladas) determinado en el párrafo 2.2.4, dividido por la capacidad cúbica total de los tanques de carga del buque (m^3).

Nota: Este factor es aplicable a los buques para el transporte de GNL definidos como gaseros en la regla 2.26 del Anexo VI del Convenio MARPOL, y no debería aplicarse a los buques para el transporte de GNL definidos en la regla 2.38 del Anexo VI del Convenio MARPOL.

2.2.12.3 f_c para los buques de pasaje de transbordo rodado (f_{cRoPax})

Para los buques de pasaje de transbordo rodado con una proporción de peso muerto/arqueo bruto inferior a 0,25, debería aplicarse el siguiente factor de corrección de la capacidad cúbica, (f_{cRoPax}):

$$f_{cRoPax} = \left(\frac{\left(\frac{\text{peso muerto}}{GT} \right)}{0,25} \right)^{-0,8}$$

donde *peso muerto* es la capacidad y *GT* es el arqueo bruto, de conformidad con lo dispuesto en la regla 3 del anexo I del Convenio internacional sobre arqueo de buques, 1969.

2.2.12.4 f_c Para los graneleros con un R inferior a 0,55 (f_c graneleros proyectados para transportar cargas ligeras)

Para los graneleros con un R inferior a 0,55 (por ejemplo, los buques para el transporte de astillas de madera), debería aplicarse el siguiente factor de corrección de la capacidad cúbica, f_c graneleros proyectados para transportar cargas ligeras:

$$f_c \text{ graneleros proyectados para transportar cargas ligeras} = R^{0,15}$$

donde: R es el cociente de capacidad del peso muerto del buque (toneladas) determinado en el párrafo 2.2.4, dividido por la capacidad cúbica total de los tanques de carga del buque (m^3).

2.2.13 L_{pp} ; Eslora entre perpendiculares

Eslora entre perpendiculares (L_{pp}): el 96 % de la eslora total con una línea de flotación situada al 85 % del puntal mínimo de trazado medido desde el canto superior de la quilla, o la eslora tomada en esa línea de flotación medida desde el canto exterior de la roda hasta el eje de la mecha del timón, si ésta fuera mayor. En los buques proyectados con quilla inclinada, la línea de flotación en la que se medirá la eslora será paralela a la línea de flotación de proyecto. L_{pp} se medirá en metros.

2.2.14 f_i ; Factor para los buques de carga general equipados con grúas y equipo relacionado con la carga

f_i es el factor para los buques de carga general equipados con grúas y otros dispositivos relacionados con la manipulación de la carga para compensar una pérdida de peso muerto del buque.

$$f_i = f_{grúas} \cdot f_{cargadores laterales} \cdot f_{rampas de transbordo rodado}$$

$$\begin{aligned} f_{grúas} &= 1 && \text{si no hay grúas.} \\ f_{cargadores laterales} &= 1 && \text{si no hay cargadores laterales.} \\ f_{rampas de transbordo rodado} &= 1 && \text{si no hay rampas de transbordo rodado.} \end{aligned}$$

Definición de $f_{grúas}$:

$$f_{grúas} = 1 + \frac{\sum_{n=1}^n (0,0519 \cdot SWL_n \cdot Alcance_n + 32,11)}{Capacidad}$$

Donde:

SWL = carga de trabajo segura, establecida por el fabricante de la grúa en toneladas métricas

Alcance = distancia a la cual se puede aplicar la carga de trabajo segura, en metros

n = número de grúas

Respecto de otros dispositivos de manipulación de la carga, tales como los cargadores laterales y rampas de transbordo rodado, el factor debería definirse de la siguiente manera:

$$f_{\text{cargadores laterales}} = \frac{\text{Capacidad}_{\text{sin cargadores laterales}}}{\text{Capacidad}_{\text{cargadores laterales}}}$$

y

$$f_{\text{rampas de transbordo rodado}} = \frac{\text{Capacidad}_{\text{sin rampas de transbordo rodado}}}{\text{Capacidad}_{\text{rampas de transbordo rodado}}}$$

El peso de los cargadores laterales y de las rampas de transbordo rodado debería basarse en un cálculo directo, de forma análoga a los cálculos realizados en relación con el factor f_{ivse} .

2.2.15 d_s ; Calado en la línea de carga de verano

Calado en la línea de carga de verano, d_s , es la distancia vertical, en metros, entre la línea base de trazado a media eslora y la línea de flotación correspondiente al francobordo de verano que se ha de asignar al buque.

2.2.16 B_s ; Manga

Manga, B_s , es la manga máxima de trazado del buque, en metros, al nivel o por debajo del calado en la línea de carga, d_s .

2.2.17 ∇ ; Desplazamiento volumétrico

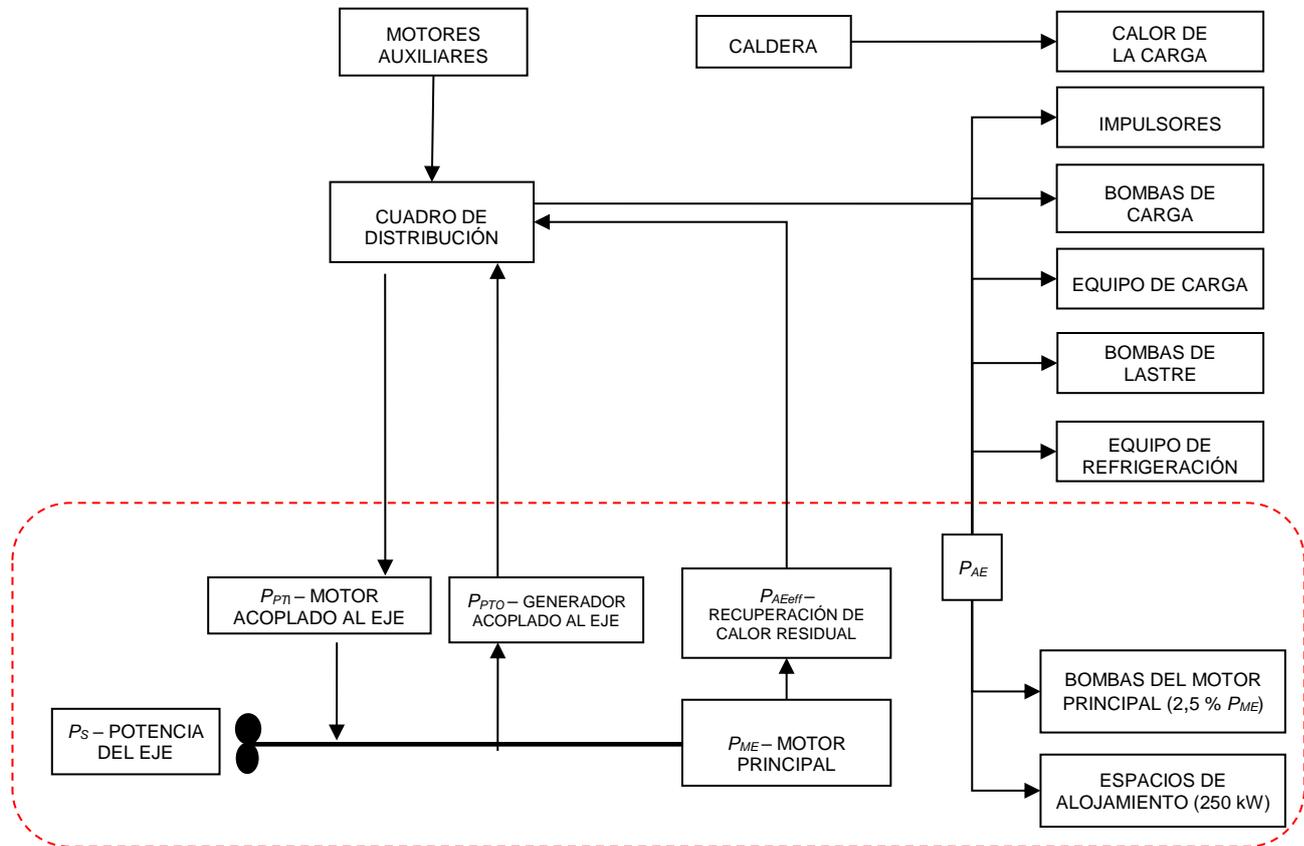
Desplazamiento volumétrico, ∇ , en metros cúbicos (m^3), es el volumen del desplazamiento de trazado del buque, excluidos los apéndices, en un buque con forro metálico, y el volumen de desplazamiento de la superficie exterior del casco en los buques con forro de cualquier otro material, ambos tomados al calado en la línea de carga de verano, d_s , tal como se indica en el cuadernillo de estabilidad/manual de carga aprobados.

2.2.18 g ; Aceleración por gravedad

g es la aceleración por gravedad ($9,81m/s^2$).

APÉNDICE 1

SISTEMA DE MOTORES MARINOS GENÉRICO Y SIMPLIFICADO



Nota 1: No es necesario medir la energía mecánica residual recuperada directamente por acoplamiento a los ejes, dado que el efecto de la tecnología se refleja directamente en V_{ref} .

Nota 2: En caso de una combinación de PTI/PTO, la modalidad de funcionamiento normal en el mar determinará cuál de ellos se utilizará en el cálculo.

APÉNDICE 2

DIRECTRICES PARA LA ELABORACIÓN DE CUADROS DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA EL EEDI (EPT-EEDI)

1 Introducción

El presente apéndice contiene directrices para crear un documento llamado "Cuadro de potencia eléctrica para el EEDI", similar al documento del equilibrio de la carga del astillero, que utiliza criterios claramente definidos, facilita un modelo normalizado, define claramente las cargas y las agrupa, define los factores normalizados de carga, etc. También se introduce una serie de definiciones nuevas (en particular, los "grupos"), lo que aparentemente confiere más complejidad al proceso de cálculo. No obstante, en esta etapa intermedia, antes del cálculo final de P_{AE} , se invita a todas las Partes a que investiguen a fondo la cifra total de la carga de las máquinas auxiliares, a fin de poder establecer comparaciones entre distintos buques y tecnologías e identificar en el futuro posibles mejoras de eficiencia.

2 Definición de potencia de carga de las máquinas auxiliares

P_{AE} se debe calcular como se indica en el párrafo 2.2.5.6 de las Directrices y en las tres condiciones adicionales siguientes:

- .1 sin situaciones de emergencia (por ejemplo, no tiene que haber incendio, inundación, apagón, ni apagón parcial);
- .2 un periodo de evaluación de 24 horas (para tener en cuenta cargas intermitentes); y
- .3 el buque debe estar con su tripulación y pasaje y/o carga completos.

3 Definición de los datos que deben incluirse en el cuadro de potencia eléctrica para el EEDI

Para calcular el EEDI, el cuadro de potencia eléctrica debería contener los siguientes datos, según proceda:

- .1 grupo de la carga;
- .2 descripción de la carga;
- .3 marca de identificación de la carga;
- .4 identificación del circuito eléctrico de la carga;
- .5 potencia nominal mecánica de la carga " P_m " (kW);
- .6 potencia nominal de la carga del motor eléctrico (kW);
- .7 eficiencia de la carga del motor eléctrico " e " (l);
- .8 potencia eléctrica nominal de la carga " P_r " (kW);
- .9 factor de servicio (carga) " k_l " (l);
- .10 factor de servicio (trabajo) " k_d " (l);
- .11 factor de servicio (tiempo) " k_t " (l);
- .12 factor total de servicio (uso) " k_u " (l), siendo $k_u = k_l \cdot k_d \cdot k_t$;
- .13 potencia necesaria de la carga " P_{load} " (kW), siendo $P_{load} = P_r \cdot k_u$;
- .14 notas;
- .15 potencia necesaria del grupo (kW); y
- .16 potencia de carga de las máquinas auxiliares P_{AE} (kW).

4 Datos que deben incluirse en el cuadro de potencia eléctrica para el EEDI

Grupos de carga

4.1 Las cargas se clasifican en grupos definidos, lo que permite desglosar correctamente las máquinas auxiliares. Esto simplifica el proceso de verificación y permite identificar las esferas en las que podrían obtenerse reducciones de la carga. A continuación se enumeran los grupos:

- .1 A – Casco, cubierta, navegación y seguridad;
- .2 B – Máquinas auxiliares de propulsión;
- .3 C – Servicios al motor principal y los motores auxiliares;
- .4 D – Servicios generales del buque;
- .5 E – Ventilación de las cámaras de máquinas y máquinas auxiliares;
- .6 F – Servicios de aire acondicionado;
- .7 G – Servicios de cocina, refrigeración y lavandería;
- .8 H – Servicios de alojamiento;
- .9 I – Alumbrado y tomacorrientes;
- .10 L – Servicios de espectáculos;
- .11 N – Cargas eléctricas debidas a la carga; y
- .12 M – Varios.

En el documento deberían reseñarse todas las cargas del buque, excluyendo solamente P_{Aeff} , los motores acoplados al eje y la cadena de transmisión de los motores acoplados al eje (mientras que las máquinas auxiliares de propulsión se incluyen parcialmente *infra*, en 4.1.2 B). Algunas cargas (por ejemplo, impulsores, bombas de carga, equipo de carga, bombas de lastre, dispositivos de mantenimiento de la carga, equipo de refrigeración y ventiladores de las bodegas de carga) se incluyen también en el grupo por razones de transparencia; no obstante, su factor de servicio es cero a fin de cumplir lo previsto en los renglones 6 y 7 del párrafo 2.5.6 de las Directrices, con lo que se facilita la verificación de que en el documento se han tenido en cuenta todas las cargas y que no se omitió ninguna carga de las mediciones.

4.1.1 A – Casco, cubierta, navegación y seguridad

- .1 las cargas incluidas en el casco suelen ser: sistemas de protección catódica por corriente impresa (ICCP), equipo de fondeo, diversas puertas, sistemas de lastre, sistemas de sentina, estabilizadores, etc. A los sistemas de lastre se les asigna un factor de servicio igual a cero a fin de cumplir lo dispuesto en el renglón 6 del párrafo 2.5.6 de las Directrices;
- .2 las cargas incluidas en los servicios de cubierta suelen ser: sistemas de lavado de la cubierta y los balcones, sistemas de rescate, grúas, etc.;
- .3 las cargas incluidas en los servicios de navegación suelen ser: sistemas de navegación, sistemas de comunicaciones náuticas externas e internas, sistemas de gobierno, etc.; y
- .4 las cargas incluidas en los servicios de seguridad suelen ser: sistemas contra incendios activos y pasivos, sistemas de parada de emergencia, sistemas de megafonía, etc.

4.1.2 B – Máquinas auxiliares de propulsión

Este grupo incluye normalmente: sistemas secundarios de refrigeración de la maquinaria de propulsión, tales como las bombas refrigerantes de baja temperatura para los motores acoplados al eje, las bombas refrigerantes de baja temperatura dedicadas a los convertidores de propulsión, los sistemas unificados de propulsión (UPS), etc. La carga de los servicios de propulsión no incluye los motores acoplados al eje ($P_{T(i)}$) ni las máquinas auxiliares que los integran (ventilador de refrigeración y bomba de los motores acoplados al eje, etc.), ni las pérdidas debidas a la cadena de transmisión del motor acoplado al eje o los accesorios que lo integran (por ejemplo, los convertidores de los motores acoplados al eje, que incluyen los correspondientes accesorios, como los ventiladores de refrigeración y las bombas de los convertidores, los transformadores de los motores acoplados al eje, con las correspondientes pérdidas debidas a los accesorios, como los ventiladores de refrigeración y las bombas del transformador de propulsión, el filtro armónico de los motores acoplados al eje, con las correspondientes pérdidas debidas a los accesorios, el sistema de excitación de los motores acoplados al eje, que incluye la potencia consumida por los correspondientes accesorios, etc.). Las máquinas auxiliares de propulsión incluyen equipos de propulsión utilizados para las maniobras tales como los impulsores de maniobras y sus máquinas auxiliares, para los cuales se considera que el factor de servicio es igual a cero.

4.1.3 C – Servicios al motor principal y los motores auxiliares

Este grupo incluye: sistemas de refrigeración, por ejemplo, bombas y ventiladores de los circuitos de refrigeración dedicados a los alternadores o los motores de propulsión acoplados al eje (agua de mar, bombas dedicadas al agua para máquinas, etc.), alimentación de los sistemas de lubricación y combustible, trasvases, tratamiento y almacenamiento, sistema de ventilación para la alimentación del aire de combustión, etc.

4.1.4 D – Servicios generales del buque

Este grupo incluye las cargas que pueden distribuirse entre el motor acoplado al eje, los motores auxiliares y el motor principal y los sistemas de apoyo de los espacios de alojamiento. Las cargas que suelen incluirse en este grupo son: sistemas de refrigeración, por ejemplo, bombeo de agua de mar, principales circuitos de agua para máquinas, circuitos de aire comprimido, generadores de agua dulce, sistemas de automatización, etc.

4.1.5 E – Ventilación de las cámaras de máquinas y máquinas auxiliares

Este grupo incluye todos los ventiladores de las cámaras de máquinas y cámaras de máquinas auxiliares, que suelen incluir: ventiladores de refrigeración de las cámaras de máquinas (entrada y salida), ventiladores de las cámaras de máquinas auxiliares (entrada y salida). No se incluyen en este grupo todos los ventiladores que prestan servicio a los espacios de alojamiento o que suministran el aire utilizado para la combustión. Este grupo no incluye los ventiladores de las bodegas de carga ni los ventiladores del espacio para vehículos (entrada y salida).

4.1.6 F – Servicios de aire acondicionado

Todas las cargas de los servicios de aire acondicionado, que suelen ser los siguientes: enfriadores de aire acondicionado, trasvase y tratamiento de líquidos para el enfriamiento o calentamiento del aire acondicionado, ventilación de las unidades de aire acondicionado, sistemas de recalentamiento del aire acondicionado con las correspondientes bombas, etc. El factor de servicio (carga) de los enfriadores de aire acondicionado, el factor de servicio (tiempo) y el factor de servicio (trabajo) se considerarán iguales a 1 ($kl = 1$, $kt = 1$ y $kd = 1$)

para evitar tener que efectuar una validación detallada del documento de disipación de la carga de calor (es decir, se utilizará la potencia nominal del motor eléctrico del enfriador). No obstante, kd representa la utilización de enfriadores de reserva (por ejemplo, se instalan cuatro enfriadores, pero uno de los cuatro es de reserva, con lo que $kd = 0$ para el enfriador de reserva y $kd = 1$ para los otros tres enfriadores), pero sólo en el caso de que se demuestre claramente el número de enfriadores de reserva mediante un documento de disipación de la carga de calor.

4.1.7 G – Servicios de cocina, refrigeración y lavandería

Todas las cargas relacionadas con los servicios de cocina, la refrigeración de las despensas y los servicios de lavandería, que suelen ser los siguientes: máquinas de las cocinas y aparatos para cocinar, máquinas de limpieza de las cocinas, máquinas auxiliares de las cocinas, sistemas de las cámaras de refrigeración, que incluyen los compresores de refrigeración, las máquinas auxiliares, los enfriadores de aire, etc.

4.1.8 H – Servicios de alojamiento

Todas las cargas relacionadas con los servicios de alojamiento de los pasajeros y la tripulación, que suelen ser los siguientes: sistemas de transporte de la tripulación y los pasajeros, es decir, ascensores, escaleras mecánicas, etc., servicios ambientales (por ejemplo, recogida, trasvase, tratamiento, almacenamiento y descarga de aguas negras y grises), sistemas de desechos, que incluyen su recogida, trasvase, tratamiento y almacenamiento, trasvase de los líquidos de los espacios de alojamiento (por ejemplo, bombas de agua fría y caliente de los sanitarios), unidades de tratamiento, sistemas de piscinas, saunas, equipo de gimnasio, etc.

4.1.9 I – Alumbrado y tomacorrientes

Todas las cargas relacionadas con los servicios de alumbrado, espectáculos y tomacorrientes. Dado que la cantidad de circuitos de alumbrado y tomacorrientes del buque puede ser bastante elevada, no es viable en la práctica enumerar todos los circuitos y puntos de alumbrado en el EPT para el EEDI. Por consiguiente, los circuitos deberían integrarse en subgrupos a fin de detectar posibles incrementos en la eficiencia del consumo de energía. Los subgrupos son los siguientes:

- .1 alumbrado de 1) camarotes, 2) pasillos, 3) escaleras/cámaras técnicas, 4) escaleras/espacios públicos, 5) cámaras de máquinas y cámaras de máquinas auxiliares, 6) espacios exteriores, 7) espacios para vehículos y 8) espacios de carga. Todos ellos deberían dividirse por zonas verticales principales; y
- .2 tomacorrientes de 1) camarotes, 2) pasillos, 3) escaleras/cámaras técnicas, 4) escaleras/espacios públicos, 5) cámaras de máquinas y cámaras de máquinas auxiliares, 6) espacios para vehículos y 7) espacios de carga. Todos ellos deberían dividirse por zonas verticales principales.

Los criterios de cálculo para los subgrupos de grupos complejos (por ejemplo, alumbrado y tomacorrientes de los camarotes) deben indicarse en una nota explicativa que especifique la composición de las cargas (por ejemplo, luces de camarotes típicos, televisores, secadores de pelo, frigoríficos, etc.).

4.1.10 L – Servicios de espectáculos

Este grupo incluye todas las cargas relacionadas con los servicios de espectáculos, que suelen incluir: equipos de audio y vídeo de los espacios públicos, equipo de los escenarios de teatro, sistemas informáticos de las oficinas, videojuegos, etc.

4.1.11 N – Cargas eléctricas debidas a la carga

En este grupo se incluyen todas las cargas eléctricas debidas a la carga, como las bombas de carga, el equipo de carga, los dispositivos de mantenimiento de la carga, las cargas eléctricas impuestas por el equipo de refrigeración, los ventiladores de las bodegas de carga y los ventiladores de los espacios para vehículos, con fines de transparencia. No obstante, se considera que el factor de servicio de este grupo equivale a cero.

4.1.12 M – Varios

En este grupo se incluirán todas las cargas que no se han incluido en ninguno de los grupos anteriores pero que contribuyan al cálculo de la carga global de la carga máxima normal en el mar.

Descripción de las cargas

4.2 Identificación de la carga (por ejemplo: "bomba de toma de agua de mar").

Marca de identificación de la carga

4.3 Esta marca identifica la carga con arreglo al sistema de marcado normalizado que utilice el astillero. Por ejemplo, la marca de identificación de "bomba de agua dulce PT11" es "SYIA/C" para un buque y un astillero típicos. Permite identificar de forma inequívoca cada carga.

Identificación del circuito eléctrico de la carga

4.4 Es la marca del circuito eléctrico que aporta la carga. Esta información permite efectuar el proceso de validación de los datos.

Potencia nominal mecánica de la carga "Pm"

4.5 Se consignará esta carga en el documento únicamente cuando la carga eléctrica provenga de un motor eléctrico que accione un sistema mecánico (por ejemplo, ventiladores, bombas, etc.). Representa la potencia nominal del equipo mecánico accionado por un motor eléctrico.

Potencia nominal de la carga del motor eléctrico (kW)

4.6 Es la potencia del motor eléctrico indicada en la placa de identificación o en las especificaciones técnicas del fabricante. Estos datos no se utilizan para los cálculos, pero son útiles para ilustrar un posible exceso del valor nominal de la combinación motor-carga mecánica.

Eficiencia de la carga del motor eléctrico "e" (I)

4.7 Estos datos se consignarán en el documento únicamente cuando la carga eléctrica sea generada por un motor eléctrico que esté accionando una carga mecánica.

Potencia eléctrica nominal de la carga "Pr" (kW)

4.8 Suele ser la potencia eléctrica máxima absorbida en los terminales eléctricos de la carga proyectada para su servicio, según se indique en la placa de identificación o en las especificaciones técnicas del fabricante. Cuando la carga eléctrica sea un motor eléctrico que accione una carga mecánica, la potencia eléctrica nominal de la carga será: $P_r = P_m/e$ (kW).

Factor de servicio (carga) "kl" (l)

4.9 Este factor representa la reducción de la potencia eléctrica nominal de la carga a la potencia eléctrica necesaria de la carga cuando la carga absorbe una potencia inferior a su valor nominal. En el caso de un motor eléctrico que accione una carga mecánica, podría proyectarse un ventilador con un cierto margen de potencia, de modo que la potencia mecánica nominal del ventilador fuera superior a la potencia necesaria en el sistema de conductos que alimenta. Otro ejemplo es cuando la potencia nominal de una bomba sea superior a la potencia necesaria para bombear el circuito hidráulico. Otro ejemplo es cuando el sistema de calefacción eléctrica con semiconductores eléctricos autorregulados tiene un tamaño excesivo y la potencia nominal es superior a la potencia absorbida, de conformidad con un factor kl .

Factor de servicio (trabajo) "kd" (l)

4.10 El factor de servicio (trabajo) debe utilizarse cuando haya más de una carga que desempeñe una función. Como en el EPT para el EEDI hay que incluir todas las cargas, este factor permite sumarlas correctamente. Por ejemplo, cuando haya dos bombas que alimenten el mismo circuito y funcionen estando una en servicio y otra en reserva, sus factores kd serán $1/2$ y $1/2$. Cuando haya tres compresores que alimenten el mismo circuito y uno esté en servicio y dos en reserva, kd será: $1/3$, $1/3$ y $1/3$.

Factor de servicio (tiempo) "kt" (l)

4.11 En el párrafo 3 se indica un factor de tiempo que se basa en la evaluación que haga el astillero de la carga de trabajo a lo largo de 24 horas de servicio del buque. Por ejemplo, las cargas relacionadas con los espectáculos sólo consumen potencia durante un periodo limitado, 4 horas de 24 horas; por consiguiente, $kt = 4/24$. Las bombas de refrigeración del agua de mar, por su parte, consumen potencia durante todo el tiempo en que el buque navegue a V_{ref} . Por consiguiente, $kt = 1$.

Factor total de servicio (uso) "ku" (l)

4.12 El factor total de uso incluye todos los factores de servicio: $ku=kl \cdot kd \cdot kt$.

Potencia necesaria de la carga "P_{load}" (kW)

4.13 La contribución del usuario a la potencia de carga de las máquinas auxiliares es $P_{load} = P_r \cdot ku$.

Notas

4.14 También podrían incluirse en el documento explicaciones en texto libre para la persona que efectúa la verificación.

Potencia necesaria del grupo (kW)

4.15 Suma de la "potencia necesaria de la carga" de los grupos A a N. Es una etapa intermedia que no es estrictamente necesaria para el cálculo de P_{AE} . No obstante, es útil disponer de un análisis cuantitativo de P_{AE} que facilite un desglose normalizado para el análisis y las posibles mejoras en cuanto al ahorro en el consumo de energía.

Potencia de carga de las máquinas auxiliares P_{AE} (kW)

4.16 La potencia de carga de las máquinas auxiliares (P_{AE}) es la suma de la "potencia necesaria de la carga" de todas las cargas, dividida por la eficiencia media del generador o generadores ponderada por la potencia.

$$P_{AE} = \sum P_{load(i)} / (\text{eficiencia media del generador o generadores ponderada por la potencia})$$

Presentación y organización de los datos indicados en el cuadro de potencia eléctrica para el EEDI

5 El documento "Cuadro de potencia eléctrica para el EEDI" incluirá información general (por ejemplo, nombre del buque, nombre del proyecto, referencias a la documentación, etc.), y un cuadro que contenga:

- .1 una fila con los títulos de las columnas;
- .2 una columna para la identificación de cada fila del cuadro;
- .3 una columna con la identificación de los grupos ("A", "B", etc.), como se indica en los puntos 4.1.1 a 4.1.12 de las presentes directrices;
- .4 una columna con las descripciones de los grupos, como se indica en los puntos 4.1.1 a 4.1.12 de las presentes directrices;
- .5 una columna para cada uno de los puntos de los apartados 4.2 a 4.14 de las presentes directrices (por ejemplo, "marca de identificación de la carga", etc.);
- .6 una fila dedicada a cada carga;
- .7 los resultados de la sumatoria (sumatoria de potencia), que incluyen datos de los puntos 4.15 y 4.16 de las presentes directrices; y
- .8 notas explicativas.

A continuación se presenta un ejemplo de un cuadro de potencia eléctrica para el cálculo del EEDI para un buque crucero postal que transporta pasajeros y que tiene un espacio para vehículos y bodegas frigoríficas para el transporte de pescado. Los datos y el tipo de buque sirven solamente de referencia.

CUADRO DE POTENCIA ELÉCTRICA PARA EL EEDI

EJEMPLO DEL CASO

EJEMPLO DE PROYECTO

(NMSL = Carga máxima normal en condiciones de navegación)

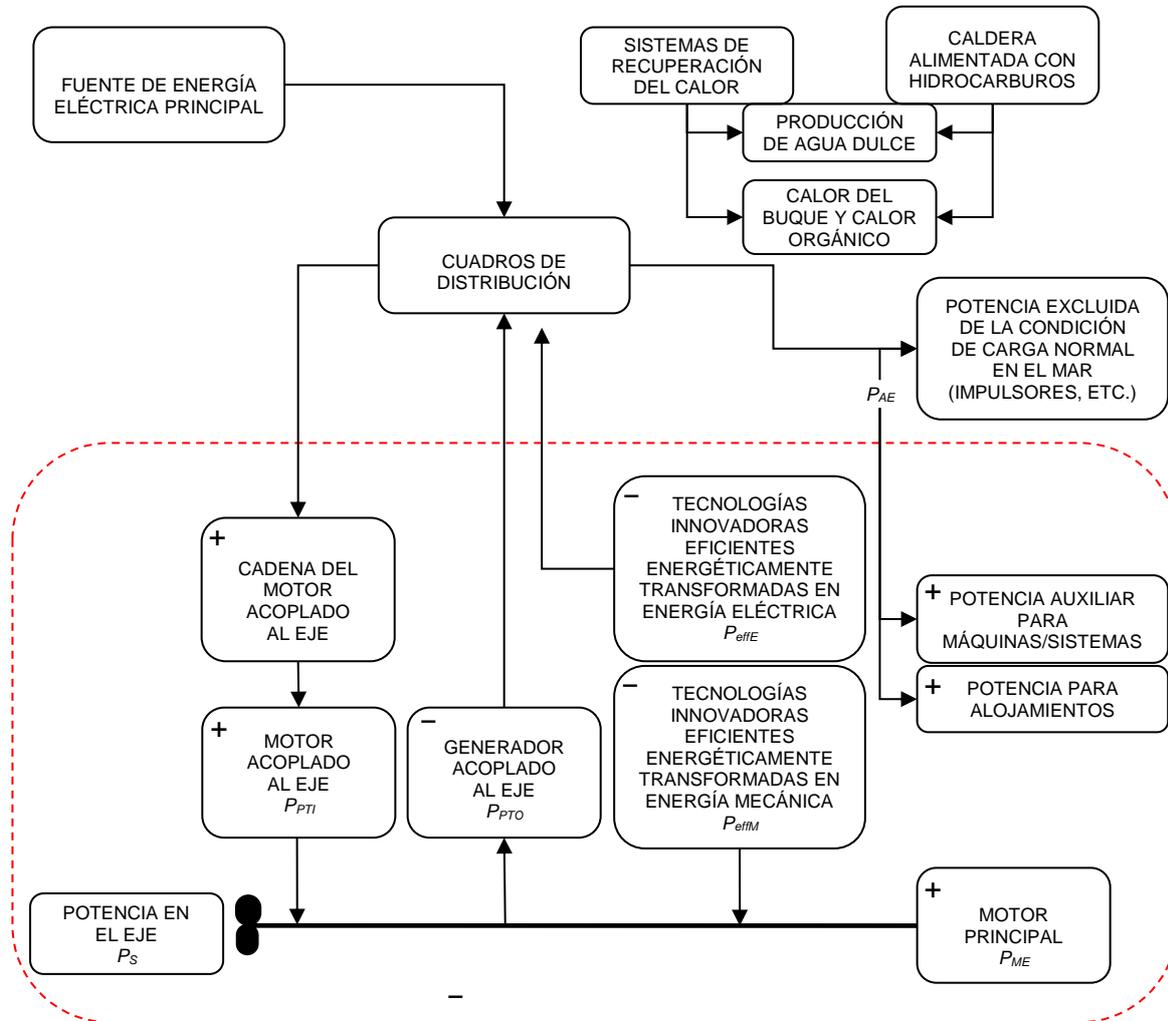
Grupo de carga	Descripción de la carga	Etiqueta de identificación de la carga	Identificación del circuito de carga eléctrica	Potencia nominal de carga mecánica "Pm" [kW]	Potencia de salida nominal del motor eléctrico [kW]	Eficiencia del motor eléctrico "e" [%]	Potencia eléctrica nominal Pr [kW]	Factor de servicio de la carga "ki" [1]	Factor de servicio del trabajo "kd" [1]	Factor de servicio del tiempo "kt" [1]	Factor de servicio total por uso "ku" [1]	Potencia necesaria para la carga [kW]	Nota	
1	A	Protección catódica del casco (a proa)	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	5,2	1	1	1*	5,2	* se utiliza las 24 horas/día	
2	A	Protección catódica del casco (sección central)	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	7,0	1	1	1*	7	* se utiliza las 24 horas/día	
3	A	Protección catódica del casco (a popa)	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	4,8	1	1	1*	4,8	* se utiliza las 24 horas/día	
4	A	Bomba de lastre 3	xxx	yyy	30	36	0,92	32,6	0,9	0,5	1	0*	0	* no se utiliza con NMSL (véase el párrafo 2.5.6 de la circular 681)
5	A	Motor Nº 1 del chigre de amarre de proa a estribor	xxx	yyy	90	150	0,92	97,8	0,8	1	0*	0	* no se utiliza con NMSL (véase el párrafo 2.5.6 de la circular 681)	
6	A	Panel principal de control del sistema de puertas estancas	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	1	1	1*	0,5	* se utiliza las 24 horas/día	
7	A	Puerta estanca 1, cubierta de, cuaderna 150	xxx	yyy	1,2	3	0,91	1,3	0,7	1	0,104*	0,0728	0,096	* 180 segundos para la abertura o cierre multiplicado por 100 aberturas al día
8	A	Puerta estanca 5, cubierta de, cuaderna 210	xxx	yyy	1,2	3	0,91	1,3	0,7	1	0,156*	0,1092	0,14	* 180 segundos para la abertura o cierre multiplicado por 150 aberturas al día
9	A	Unidad de control de los estabilizadores	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	0,7	1	1	1*	0,7	0	* se utiliza las 24 horas/día
10	A	Bomba 1 que alimenta la máquina hidráulica de los estabilizadores	xxx	yyy	80	90	0,9	88,9	0,9	1	0*	0	0	* NMSL = mar en calma = estabilizador no esta en uso
11	A	Controlador de radar 1 de banda S	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	0,4	1	1	1*	0,4	0	* se utiliza las 24 horas/día
12	A	Motor de radar 1 de banda S	xxx	yyy	0,8	1	0,92	0,9	1	1	1*	0,9	0	* se utiliza las 24 horas/día
13	A	Unidad principal del sistema de detección de incendios en el puente	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	1,5	1	1	1*	1,5	0	* se utiliza las 24 horas/día
14	A	Unidad de sistema de detección de incendios en la cámara de máquinas	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	0,9	1	1	1*	0,9	0	* se utiliza las 24 horas/día
15	A	Unidad de control de neblina a alta presión	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	1,2	1	1	1*	1,2	0	* se utiliza las 24 horas/día
16	A	Bomba 1a de neblina a alta presión para cámaras de máquinas	xxx	yyy	25	30	0,93	26,9	0,9	0,5	0*	0	0	* NMSL= no es un caso de emergencia = la carga no esta en uso
17	A	Bomba 1b de neblina a alta presión para cámaras de máquinas	xxx	yyy	25	30	0,93	26,9	0,9	0,5	0*	0	0	* no es una situación de emergencia
18	B	Bomba 1 de agua dulce Pti a estribor	xxx	yyy	30	36	0,92	32,6	0,9	0,5*	1	0,45	14,7	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
19	B	Bomba 2 de agua dulce Pti a babor	xxx	yyy	30	36	0,92	32,6	0,9	0,5*	1	0,45	14,7	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
20	B	Sistema de control de los impulsores	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	0,5	1	1	1*	0,5	0	* se utiliza las 24 horas del día incluso si el motor de los impulsores no esta en uso
21	B	Impulsor de popa 1	xxx	yyy	3 000	3 000	0,96	3 125,0	1	1	0*	0	0	* NMSL= los motores de los impulsores no estan en uso
22	B	Ventilador 1 de refrigeración PEM a babor	xxx	yyy	20	25	0,93	21,5	0,9	1	n.a.	n.a.	n.a.*	* Esta carga está incluida en las cifras de la cadena de propulsión.
23	C	Bomba de circulación alta tensión, DG 3	xxx	yyy	8	10	0,92	8,7	0,9	0,5*	1	0,45	3,9	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
24	C	Bomba de circulación alta tensión, DG 3	xxx	yyy	8	10	0,92	8,7	0,9	0,5*	1	0,45	3,9	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
25	C	Ventilador de aire de combustión DG3	xxx	yyy	28	35	0,92	30,4	0,9	1	1*	0,9	27,4	* se utiliza las 24 horas/día
26	C	Bomba de circulación de las calderas de los gases de escape, DG3	xxx	yyy	6	8	0,93	6,5	0,8	1	1*	0,8	5,2	* se utiliza las 24 horas/día
27	C	Ventilador exterior de refrigeración del alternador 3	xxx	yyy	3	5	0,93	3,2	0,8	1	1*	0,8	2,75	* se utiliza las 24 horas/día
28	C	Bomba de arranque de combustible a a proa	xxx	yyy	7	9	0,92	7,6	0,9	0,5*	1	0,45	3,4	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
29	C	Bomba de arranque de combustible b a proa	xxx	yyy	7	9	0,92	7,6	0,9	0,5*	1	0,45	3,4	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
30	D	Bomba principal de refrigeración LT 1, a proa	xxx	yyy	120	150	0,95	126,3	0,9	0,5*	1	0,45	56,8	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
31	D	Bomba principal de refrigeración LT 2, a proa	xxx	yyy	120	150	0,95	126,3	0,9	0,5*	1	0,45	56,8	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
32	E	Ventilador 1 de suministro a la cámara de máquina, a proa	xxx	yyy	87,8	110	0,93	94,4	0,95	1	1*	0,95	89,7	* se utiliza las 24 horas/día
33	E	Ventilador 1 de gases de escape de la cámara de máquinas, a proa	xxx	yyy	75	86	0,93	80,6	0,96	1	1*	0,96	77,4	* se utiliza las 24 horas/día
34	E	Ventilador 1 de alimentación de la sala de depuradoras	xxx	yyy	60	70	0,93	64,5	0,96	0,5	1*	0,48	31,0	* se utiliza las 24 horas/día
35	E	Ventilador 2 de alimentación de la sala de depuradoras	xxx	yyy	60	70	0,93	64,5	0,96	0,5	1*	0,48	31,0	* se utiliza las 24 horas/día
36	F	Unidad de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (HVAC) a	xxx	yyy	1 450	1 600	0,95	1 526,3	1	2/3*	1	0,66	1007,4	* un refrigerador es de reserva, véase el documento de disipación de la carga de calor
37	F	Unidad de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (HVAC) b	xxx	yyy	1 450	1 600	0,95	1 526,3	1	2/3*	1	0,66	1007,4	* un refrigerador es de reserva, véase el documento de disipación de la carga de calor
38	F	Unidad de calefacción, refrigeración y aire acondicionado (HVAC) c	xxx	yyy	1 450	1 600	0,95	1 526,3	1	2/3*	1	0,66	1007,4	* un refrigerador es de reserva, véase el documento de disipación de la carga de calor
39	F	Ventilador de alimentación de la estación 5.4 A.H.U. Ac	xxx	yyy	50	60	0,93	53,8	0,9	1	1*	0,9	48,4	* se utiliza las 24 horas/día
40	F	Ventilador de alimentación de la estación 5.4 A.H.U. Ac	xxx	yyy	45	55	0,93	48,4	0,9	1	1*	0,9	43,5	* se utiliza las 24 horas/día
41	F	Bomba de agua refrigerada b	xxx	yyy	80	90	0,93	86,0	0,88	0,5*	1	0,44	37,8	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
42	F	Bomba de agua refrigerada a	xxx	yyy	80	90	0,93	86,0	0,88	0,5*	1	0,44	37,8	*bombas 1 y 2, una de servicio y la otra de reserva
43	G	Cafetera italiana	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	7,0	0,9	1	0,2*	0,18	1,3	* en uso 4,8 horas/día
44	G	Congelador	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	20,0	0,8	1	0,16*	0,128	3,2	* en uso 4 horas/día
45	G	Lavadora	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	8,0	0,8	1	0,33*	0,264	3,2	* en uso 8 horas/día
46	H	Ascensor de pasajeros, sección central 4	xxx	yyy	30	40	0,93	32,3	0,5	1	0,175*	0,0875	0,9	* en uso 4 horas/día
47	H	Bomba a del sistema de limpieza por aspiración 4	xxx	yyy	10	13	0,92	10,9	0,9	1	1*	0,9	8,7	* se utiliza las 24 horas/día
48	H	Bomba 1 del sistema de tratamiento de aguas sucias 1	xxx	yyy	15	17	0,93	16,1	0,9	1	1*	0,9	8,7	* se utiliza las 24 horas/día
49	H	Máquina de correr del gimnasio	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	2,5	1	1	0,3*	0,3	0,8	* en uso 7,2 horas/día
50	I	Alumbrado de camarote MVZ3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	80*	1	1	1	1	80,0	* véase la nota explicativa
51	I	Alumbrado del pasillo MVZ3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	10*	1	1	1	1	10,0	* véase la nota explicativa
52	I	Enchufes del camarote MVZ3	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	5*	1	1	1	1	5,0	* véase la nota explicativa
53	L	Amplificador de sonido del teatro principal	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	15,0	1	1	0,3*	0,3	4,5	* en uso 7,2 horas/día
54	L	Proyector de video del atrio	xxx	yyy	n.a.	n.a.	n.a.	2,0	1	1	0,3*	0,3	0,6	* en uso 7,2 horas/día
55	M	Ventilador 1 que alimenta la bodega para vehículos	xxx	yyy	28	35	0,92	30,4	0,9	1	1*	0*	0	* no se utiliza con NMSL (véase el párrafo 2.5.6 de la circular 681)
56	M	Bodega refrigerada Nº 2 para el transporte de pescado	xxx	yyy	25	30	0,93	26,9	0,9	0,5	0*	0*	0	* no se utiliza con NMSL (véase el párrafo 2.5.6 de la circular 681)
57	N	Techo corredizo de cristal	xxx	yyy	30	40	0,93	32,3	0,9	1	0,3*	0,27	0,2	* en uso 7,2 horas/día

ΣPcarga(i)= 3 764

PAE = 3 764/(Promedio ponderado de la eficiencia de los generadores) [kW] Potencia necesaria del grupo (grupo A = 22,9kW, B = 29,8kW, C = 49,9kW, D = 113,7kW, E = 229kW, F = 3 189kW, G = 7,6kW, H = 19kW, I = 95kW, L = 5,1kW, M = 0kW, N = 0,22kW)

APÉNDICE 3

SISTEMA DE MOTORES MARINOS GENERAL Y SIMPLIFICADO PARA BUQUES DE PASAJE DE CRUCERO CON SISTEMAS DE PROPULSIÓN NO TRADICIONALES

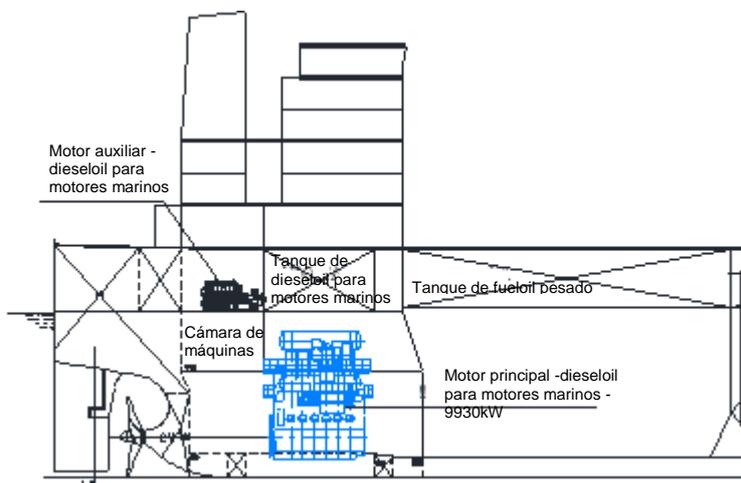


Nota 1: Los signos más (+) y menos (-) indican la contribución en términos del CO₂ a la fórmula del EEDI.

APÉNDICE 4

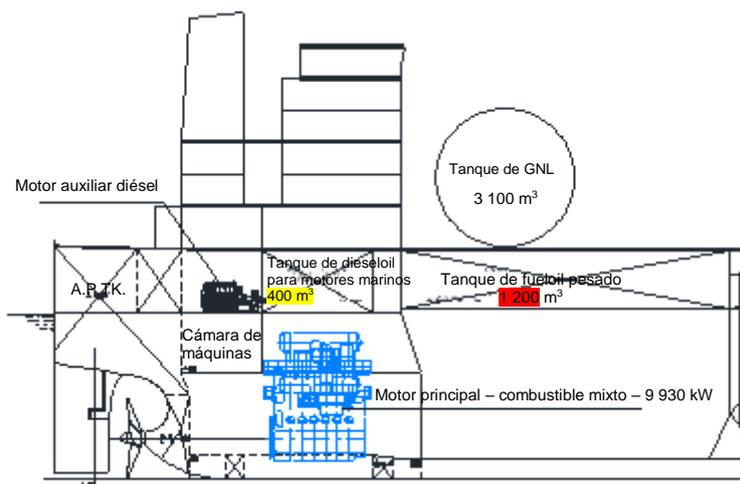
EJEMPLOS SOBRE EL CÁLCULO DEL EEDI CUANDO SE UTILICEN MOTORES DE COMBUSTIBLE MIXTO

Caso 1: buque Kamsarmax corriente, un motor principal (dieseloil para motores marinos), motores auxiliares convencionales (dieseloil para motores marinos), sin generador acoplado al eje:



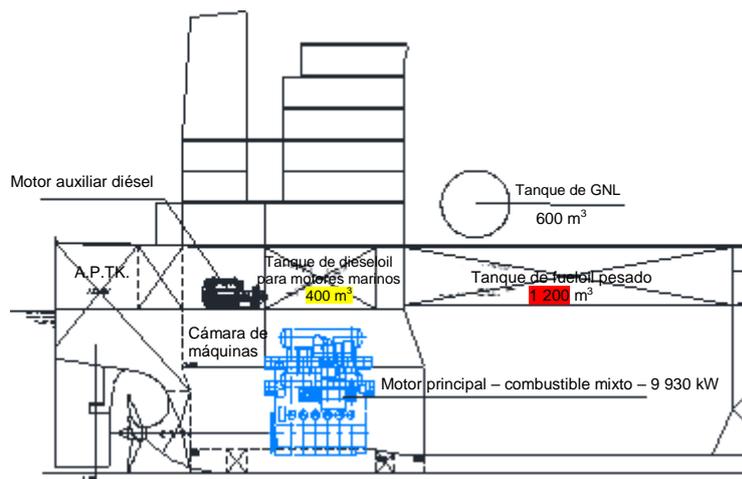
Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
1	MCR_{ME}	Potencia del motor principal al régimen nominal máximo continuo	kW	9 930
2	Capacidad	Peso muerto del buque con el calado de verano a plena carga	TPM	81 200
3	V_{ref}	Velocidad del buque según se define en la regla relativa al EEDI	nudos	14
4	P_{ME}	$0,75 \times MCR_{ME}$	kW	7 447,5
5	P_{AE}	$0,05 \times MCR_{ME}$	kW	496,5
6	C_{FME}	Factor C_F de motor principal que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
7	C_{FAE}	Factor C_F de motor auxiliar que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
8	SFC_{ME}	Consumo específico de combustible a P_{ME}	g/kWh	165
9	SFC_{AE}	Consumo específico de combustible a P_{AE}	g/kWh	210
10	EEDI	$((P_{ME} \times C_{FME} \times SFC_{ME}) + (P_{AE} \times C_{FAE} \times SFC_{AE})) / (V_{ref} \times Capacity)$	gCO ₂ /tnm	3,76

Caso 2: El GNL se considera "combustible principal" si los motores principal y auxiliares de combustible mixto (GNL, combustible piloto dieseloil para motores marinos; sin generador acoplado al eje) están equipados con tanques de GNL de mayor tamaño:



Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
1	MCR _{ME}	Potencia del motor principal al régimen nominal máximo continuo	kW	9 930
2	Capacidad	Peso muerto del buque con el calado de verano a plena carga	TPM	81 200
3	V _{ref}	Velocidad del buque según se define en la regla relativa al EEDI	nudos	14
4	P _{ME}	0,75 x MCR _{ME}	kW	7 447,5
5	P _{AE}	0,05 x MCR _{ME}	kW	496,5
6	CF _{Pilotfuel}	Factor C _F del combustible piloto para motor principal de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
7	CF _{AE Pilotfuel}	Factor C _F del combustible piloto para motor auxiliar que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
8	CF _{LNG}	Factor C _F de motor de combustible mixto que consume GNL	–	2,75
9	SFC _{ME Pilotfuel}	Consumo específico de combustible piloto para motor principal de combustible mixto a P _{ME}	g/kWh	6
10	SFC _{AE Pilotfuel}	Consumo específico de combustible piloto para motor auxiliar de combustible mixto a P _{AE}	g/kWh	7
11	SFC _{ME LNG}	Consumo específico de combustible de motor principal que consume GNL a P _{ME}	g/kWh	136
12	SFC _{AE LNG}	Consumo específico de combustible de motor auxiliar que consume GNL a P _{AE}	g/kWh	160
13	V _{LNG}	Capacidad de tanques de GNL a bordo	m³	3 100
14	V _{HFO}	Capacidad de tanques de fueloil pesado a bordo	m³	1 200
15	V _{MDO}	Capacidad de tanques de dieseloil para motores marinos a bordo	m³	400
16	ρ _{LNG}	Densidad del GNL	kg/m³	450
17	ρ _{HFO}	Densidad del fueloil pesado	kg/m³	991
18	ρ _{MDO}	Densidad del dieseloil para motores marinos	kg/m³	900
19	LCV _{LNG}	Poder calorífico bajo del GNL	kJ/kg	48 000
20	LCV _{HFO}	Poder calorífico bajo del fueloil pesado	kJ/kg	40 200
21	LCV _{MDO}	Poder calorífico bajo del dieseloil para motores marinos	kJ/kg	42 700
22	K _{LNG}	Régimen de llenado de tanque de GNL	–	0,95
23	K _{HFO}	Régimen de llenado de tanque de fueloil pesado	–	0,98
24	K _{MDO}	Régimen de llenado de tanque de dieseloil para motores marinos	–	0,98
25	f _{dFgas}	$\frac{P_{ME} + P_{AE}}{P_{ME} + P_{AE}} \times \frac{V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}{V_{HFO} \times \rho_{HFO} \times LCV_{HFO} \times K_{HFO} + V_{MDO} \times \rho_{MDO} \times LCV_{MDO} \times K_{MDO} + V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}$	–	0,5068
26	EEDI	$(P_{ME} \times (CF_{Pilotfuel} \times SFC_{ME Pilotfuel} + CF_{LNG} \times SFC_{ME LNG}) + P_{AE} \times (CF_{Pilotfuel} \times SFC_{AE Pilotfuel} + CF_{LNG} \times SFC_{AE LNG})) / (V_{ref} \times Capacity)$	gCO ₂ /tnm	2,78

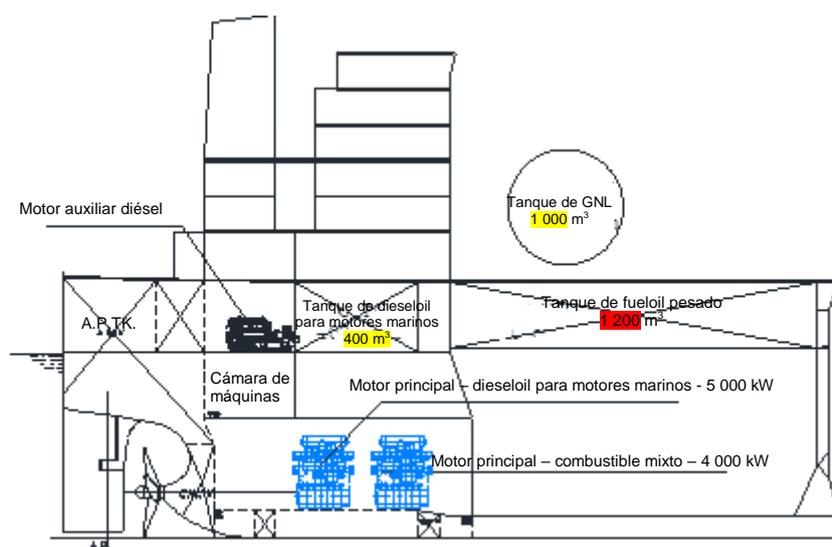
Caso 3: El GNL no se considera "combustible principal" si los motores principal y auxiliares de combustible mixto (GNL, combustible piloto dieseloil para motores marinos; sin generador acoplado al eje) están equipados con tanques de GNL de menor tamaño:



Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
1	MCR_{ME}	Potencia del motor principal al régimen nominal máximo continuo	kW	9 930
2	Capacidad	Peso muerto del buque con el calado de verano a plena carga	TPM	81 200
3	V_{ref}	Velocidad del buque según se define en la regla relativa al EEDI	nudos	14
4	P_{ME}	$0,75 \times MCR_{ME}$	kW	7 447,5
5	P_{AE}	$0,05 \times MCR_{ME}$	kW	496,5
6	$C_{FPilotfuel}$	Factor C_F del combustible piloto para motor principal de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
7	$C_{FAE Pilotfuel}$	Factor C_F del combustible piloto para motor auxiliar de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
8	C_{FLNG}	Factor C_F de motor de combustible mixto que consume GNL	–	2,75
9	C_{FMDO}	Factor C_F de motor principal/motores auxiliares que consumen dieseloil para motores marinos	–	3,206
10	$SFC_{MEPilotfuel}$	Consumo específico de combustible piloto para motor principal de combustible mixto a P_{ME}	g/kWh	6
11	$SFC_{AEPilotfuel}$	Consumo específico de combustible piloto para motor auxiliar de combustible mixto a P_{AE}	g/kWh	7
12	SFC_{MELNG}	Consumo específico de combustible de motor principal que consume GNL a P_{ME}	g/kWh	136
13	SFC_{AELNG}	Consumo específico de combustible de motor auxiliar que consume GNL a P_{AE}	g/kWh	160
14	SFC_{MEMDO}	Consumo específico de combustible de motor principal de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos a P_{ME}	g/kWh	165
15	SFC_{AEMDO}	Consumo específico de combustible de motor auxiliar de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos a P_{AE}	g/kWh	187
16	V_{LNG}	Capacidad de tanques de GNL a bordo	m^3	600
17	V_{HFO}	Capacidad de tanques de fueloil pesado a bordo	m^3	1 800
18	V_{MDO}	Capacidad de tanques de dieseloil para motores marinos a bordo	m^3	400
19	ρ_{LNG}	Densidad del GNL	kg/ m^3	450
20	ρ_{HFO}	Densidad del fueloil pesado	kg/ m^3	991
21	ρ_{MDO}	Densidad del dieseloil para motores marinos	kg/ m^3	900
22	LCV_{LNG}	Poder calorífico bajo del GNL	kJ/kg	48 000
24	LCV_{HFO}	Poder calorífico bajo del fueloil pesado	kJ/kg	40 200

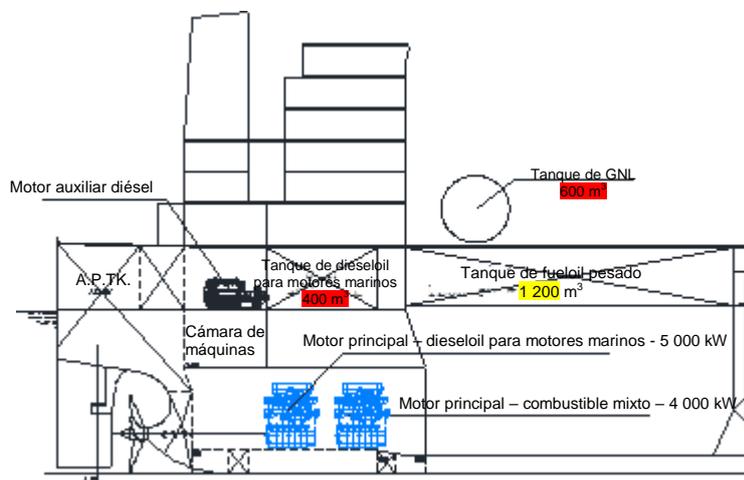
Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
25	LCV _{MDO}	Poder calorífico bajo del dieseloil para motores marinos	kJ/kg	42 700
26	K _{LNG}	Régimen de llenado de tanque de GNL	–	0,95
27	K _{HFO}	Régimen de llenado de tanque de combustible pesado	–	0,98
28	K _{MDO}	Régimen de llenado de tanque de dieseloil para motores marinos	–	0,98
29	f _{DFgas}	$\frac{P_{ME} + P_{AE}}{P_{ME} + P_{AE}} \times \frac{V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}{V_{HFO} \times \rho_{HFO} \times LCV_{HFO} \times K_{HFO} + V_{MDO} \times \rho_{MDO} \times LCV_{MDO} \times K_{MDO} + V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}$	–	0,1261
30	f _{DFliquid}	1 - f _{DFgas}	–	0,8739
31	EEDI	$(P_{ME} \times (f_{DFgas} \times (C_F^{Pilotfuel} \times SFC_{ME\ Pilotfuel} + C_F^{LNG} \times SFC_{ME\ LNG}) + f_{DFliquid} \times C_{FMDO} \times SFC_{ME\ MDO}) + P_{AE} \times (f_{DFgas} \times (C_F^{Pilotfuel} \times SFC_{AE\ Pilotfuel} + C_F^{LNG} \times SFC_{AE\ LNG}) + f_{DFliquid} \times C_{FMDO} \times SFC_{AE\ MDO})) / (V_{ref} \times Capacity)$	gCO ₂ /tnm	3,61

Caso 4: un motor principal de combustible mixto (GNL, combustible piloto dieseloil para motores marinos), un motor principal (dieseloil para motores marinos) y un motor auxiliar de combustible mixto (GNL; combustible piloto dieseloil para motores marinos sin generador acoplado al eje); podría considerarse que el GNL es el "combustible principal" solamente para el motor principal de combustible mixto:



Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
1	MCR _{MEMDO}	Potencia al régimen nominal máximo continuo de motor principal que consume solamente dieseloil para motores marinos	kW	5 000
2	MCR _{MELNG}	Potencia al régimen nominal máximo continuo del motor principal que consume combustible mixto	kW	4 000
3	Capacidad	Peso muerto del buque con el calado de verano a plena carga	TPM	81 200
4	V _{ref}	Velocidad del buque	Nudos	14
5	P _{MEMDO}	0,75 x MCR _{MEMDO}	kW	3 750
6	P _{MELNG}	0,75 x MCR _{MELNG}	kW	3 000
7	P _{AE}	0,05 x (MCR _{MEMDO} + MCR _{MELNG})	kW	450
8	C _{FPilotfuel}	Factor C _F de combustible piloto para motor principal de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
9	C _{FAE Pilotfuel}	Factor C _F de combustible piloto para motor auxiliar que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
10	C _{FLNG}	Factor C _F de motor de combustible mixto que consume GNL	–	2,75
11	C _{FMDO}	Factor C _F de motor principal/motores auxiliares de combustible mixto que consumen dieseloil para motores marinos	–	3,206
12	SFC _{MEPilotfuel}	Consumo específico de combustible piloto para motor principal de combustible mixto a P _{ME}	g/kWh	6
13	SFC _{AE Pilotfuel}	Consumo específico de combustible piloto para motor auxiliar de combustible mixto a P _{AE}	g/kWh	7
14	SFC _{DF LNG}	Consumo específico de combustible de motor principal de combustible mixto que consume GNL a P _{ME}	g/kWh	158
15	SFC _{AE LNG}	Consumo específico de combustible de motor auxiliar que consume GNL a P _{AE}	g/kWh	160
16	SFC _{ME MDO}	Consumo específico de combustible de motor principal de un solo combustible a P _{ME}	g/kWh	180
17	V _{LNG}	Capacidad de tanques de GNL a bordo	m ³	1 000
18	V _{HFO}	Capacidad de tanques de fueloil pesado a bordo	m ³	1 200
19	V _{MDO}	Capacidad de tanques de dieseloil para motores marinos a bordo	m ³	400
20	ρ _{LNG}	Densidad del GNL	kg/m ³	450
21	ρ _{HFO}	Densidad del fueloil pesado	kg/m ³	991
22	ρ _{MDO}	Densidad del dieseloil para motores marinos	kg/m ³	900
23	LCV _{LNG}	Poder calorífico bajo del GNL	kJ/kg	48 000
24	LCV _{HFO}	Poder calorífico bajo del fueloil pesado	kJ/kg	40 200
25	LCV _{MDO}	Poder calorífico bajo del dieseloil para motores marinos	kJ/kg	42 700
26	K _{LNG}	Régimen de llenado de tanque de GNL	–	0,95
27	K _{HFO}	Régimen de llenado de tanque de fueloil pesado	–	0,98
28	K _{MDO}	Régimen de llenado de tanque de dieseloil para motores marinos	–	0,98
29	fdF _{gas}	$\frac{P_{MEMDO} + P_{MELNG} + P_{AE}}{P_{MELNG} + P_{AE}} \times \frac{V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}{V_{HFO} \times \rho_{HFO} \times LCV_{HFO} \times K_{HFO} + V_{MDO} \times \rho_{MDO} \times LCV_{MDO} \times K_{MDO} + V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}$	–	0,5195
30	EEDI	$(P_{MELNG} \times (C_{F Pilotfuel} \times SFC_{ME Pilotfuel} + C_{F LNG} \times SFC_{DF LNG}) + P_{MEMDO} \times C_{F MDO} \times SFC_{ME MDO} + P_{AE} \times (C_{F Pilotfuel} \times SFC_{AE Pilotfuel} + C_{F LNG} \times SFC_{AE LNG})) / (V_{ref} \times Capacity)$	gCO ₂ /tnm	3,28

Caso 5: un motor principal de combustible mixto (GNL, combustible piloto dieseloil para motores marinos), un motor principal (dieseloil para motores marinos) y un motor auxiliar (GNL, combustible piloto dieseloil para motores marinos, sin generador acoplado al eje); no podría considerarse que el GNL es el "combustible principal" para el motor de combustible mixto:



Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
1	MCR_{MEMDO}	Potencia al régimen nominal máximo continuo de motor principal que consume solamente dieseloil para motores marinos	kW	5 000
2	MCR_{MELNG}	Potencia al régimen nominal máximo continuo de motor principal que consume combustible mixto	kW	4 000
3	Capacidad	Peso muerto del buque con el calado de verano a plena carga	TPM	81 200
4	V_{ref}	Velocidad del buque	nudos	14
5	P_{MEMDO}	$0,75 \times MCR_{MEMDO}$	kW	3 750
6	P_{MELNG}	$0,75 \times MCR_{MELNG}$	kW	3 000
7	P_{AE}	$0,05 \times (MCR_{MEMDO} + MCR_{MELNG})$	kW	450
8	$C_{FPilotfuel}$	Factor C_F del combustible piloto para motor principal de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
9	$C_{FAE Pilotfuel}$	Factor C_F del combustible piloto para motor auxiliar de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos	–	3,206
10	C_{FLNG}	Factor C_F de motor de combustible mixto que consume GNL	–	2,75
11	C_{FMDO}	Factor C_F de motor principal/motores auxiliares de combustible mixto que consumen dieseloil para motores marinos	–	2,75
12	$SFC_{MEPilotfuel}$	Consumo específico de combustible piloto para motor principal de combustible mixto a P_{ME}	g/kWh	6
13	$SFC_{AE Pilotfuel}$	Consumo específico de combustible piloto para motor auxiliar de combustible mixto a P_{AE}	g/kWh	7
14	$SFC_{DF LNG}$	Consumo específico de combustible de motor principal de combustible mixto que consume GNL a P_{ME}	g/kWh	158
15	$SFC_{AE LNG}$	Consumo específico de combustible de motor auxiliar que consume GNL a P_{AE}	g/kWh	160
16	$SFC_{DF MDO}$	Consumo específico de combustible de motor principal de combustible mixto que consume dieseloil para motores marinos a P_{ME}	g/kWh	185
17	$SFC_{ME MDO}$	Consumo específico de combustible de motor principal de un solo combustible a P_{ME}	g/kWh	180
18	$SFC_{AE MDO}$	Consumo específico de combustible de motor auxiliar que consume dieseloil para motores marinos a P_{AE}	g/kWh	187
19	V_{LNG}	Capacidad de tanques de GNL a bordo	m^3	600

Número	Parámetro	Fórmula o fuente	Unidad	Valor
20	V _{HFO}	Capacidad de tanques de fueloil pesado a bordo	m ³	1 200
21	V _{MDO}	Capacidad de tanques de dieseloil para motores marinos a bordo	m ³	400
22	ρ _{LNG}	Densidad del GNL	kg/m ³	450
23	ρ _{HFO}	Densidad del fueloil pesado	kg/m ³	991
24	ρ _{MDO}	Densidad del dieseloil para motores marinos	kg/m ³	900
25	LCV _{LNG}	Poder calorífico bajo del GNL	kJ/kg	48 000
26	LCV _{HFO}	Poder calorífico bajo del fueloil pesado	kJ/kg	40 200
27	LCV _{MDO}	Poder calorífico bajo del dieseloil para motores marinos	kJ/kg	42 700
28	K _{LNG}	Régimen de llenado de tanque de GNL	–	0,95
29	K _{HFO}	Régimen de llenado de tanque de fueloil pesado	–	0,98
30	K _{MDO}	Régimen de llenado de tanque de dieseloil para motores marinos	–	0,98
31	f _{DFgas}	$\frac{P_{MEMDO} + P_{MELNG} + P_{AE}}{P_{MELNG} + P_{AE}} \times \frac{V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}{V_{HFO} \times \rho_{HFO} \times LCV_{HFO} \times K_{HFO} + V_{MDO} \times \rho_{MDO} \times LCV_{MDO} \times K_{MDO} + V_{LNG} \times \rho_{LNG} \times LCV_{LNG} \times K_{LNG}}$	–	0,3462
32	f _{DFliquid}	1 - f _{DFgas}	–	0,6538
33	EEDI	$\frac{(P_{MELNG} \times (f_{DFgas} \times (C_{F Pilotfuel} \times SFC_{ME Pilotfuel} + C_{F LNG} \times SFC_{ME LNG}) + f_{DFliquid} \times C_{FMDO} \times SFC_{DF MDO})) + P_{MEMDO} \times C_{FMDO} \times SFC_{ME MDO} + P_{AE} \times (f_{DFgas} \times (C_{F Pilotfuel} \times SFC_{AE Pilotfuel} + C_{F LNG} \times SFC_{AE LNG}) + f_{DFliquid} \times C_{FMDO} \times SFC_{AF MDO}))}{(v_{ref} \times Capacity)}$	gCO ₂ /tnm	3,54
