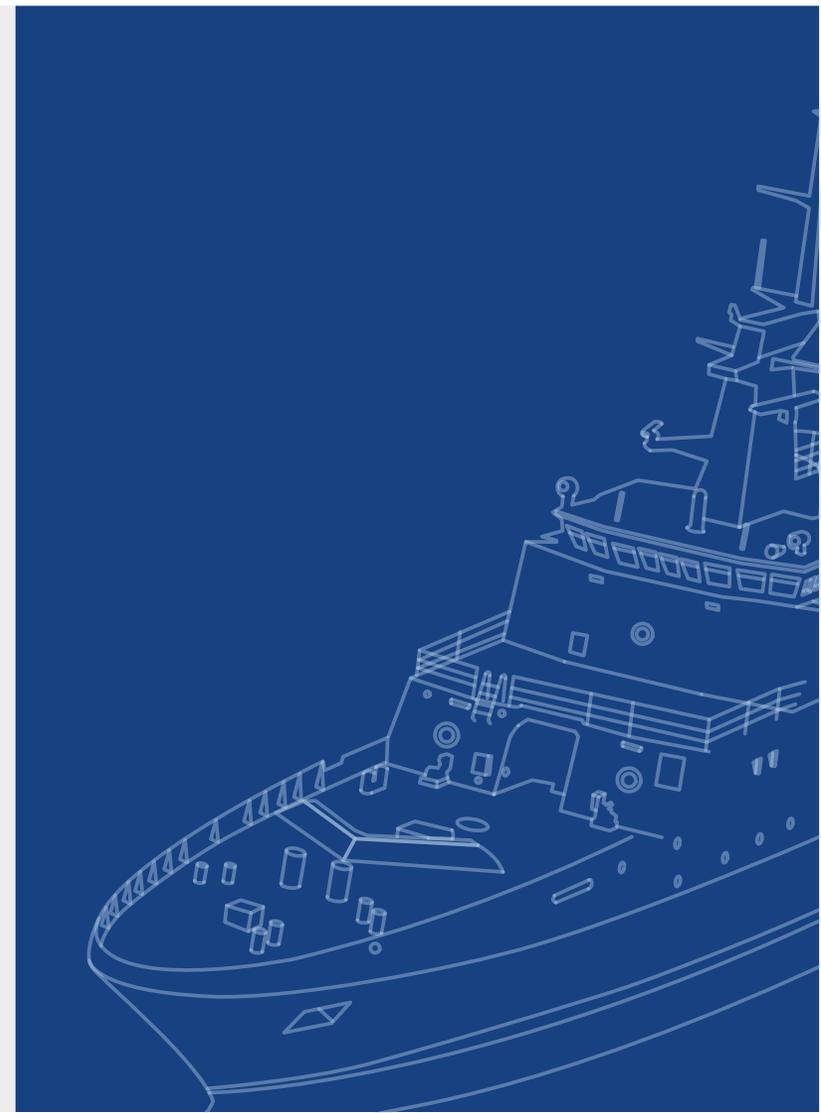


DISEÑO ELÉCTRICO EFICIENTE

Revisión de algunas medidas técnicas y operativas para optimizar el uso de la energía eléctrica en buques.

Ing. Oscar Alejandro Sanabria Vargas



Índice

01

INTRODUCCIÓN Y
ANTECEDENTES

02

EFICIENCIA
ENERGÉTICA EN
BUQUES

03

FUENTES DE
PÉRDIDAS EN EL
SISTEMA
ELÉCTRICO

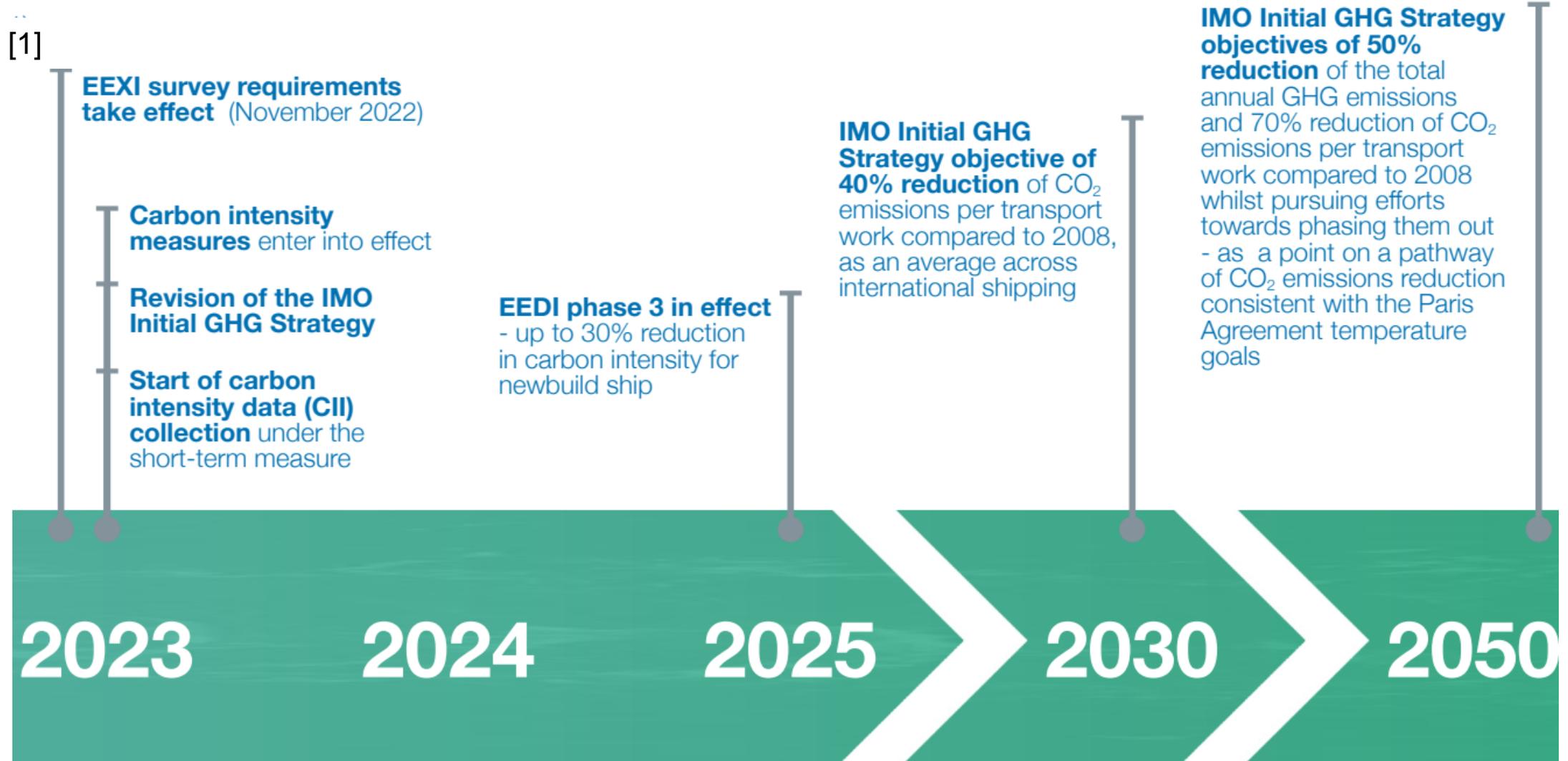
04

MEDIDAS PARA
MEJORAR LA
EFICIENCIA
ENERGÉTICA

05

INTEGRACIÓN DE
MEDIDAS
TÉCNICAS Y
OPERATIVAS

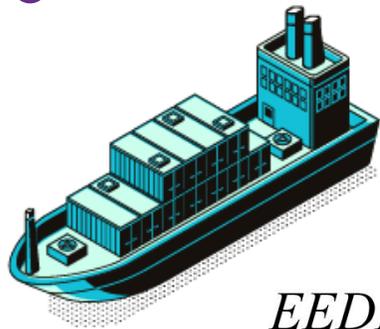
Medidas para reducir las emisiones de GEI del transporte marítimo



[1] <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/SustainableDevelopmentGoals.aspx>.

Concepto de EEDI y EEOI

Diseño y construcción

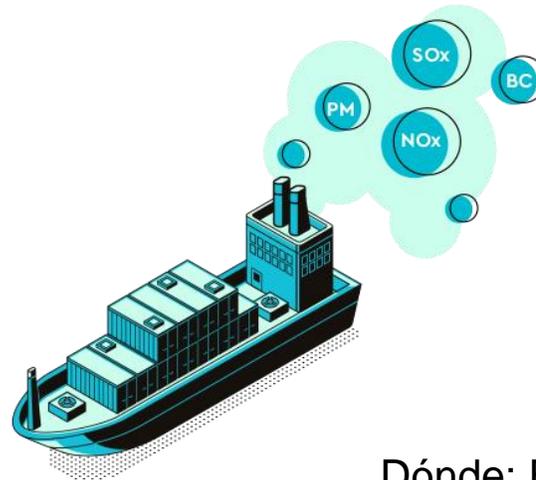


Energy Efficiency
Design Index

$$EEDI = \frac{P_{ME} \cdot SFC}{Capacity \cdot V_{REF}}$$

Dónde : PME - potencia de los motores principales [kW];
SFC - consumo específico de combustible para diferentes cargas en el buque [tFuel / kW];
Capacity (Peso muerto para buques portacontenedores)

Operación



Energy Efficiency
Operational Indicator

$$EEOI = \frac{FC \cdot CF}{CC \cdot DT}$$

Dónde: FC – combustible consumido [t],
CF - factor de impacto ambiental [tCO2/tFuel];
CC - carga transportada [t];
DT - distancia recorrida [n.m]

Ship Energy Management Plan
SEEMP

Plan de Gestión de la Eficiencia Energética del Buque (SEEMP)



Múltiples opciones de mejora del diseño según el Índice de Eficiencia Energética de Buques Existentes (EEXI)

[2]



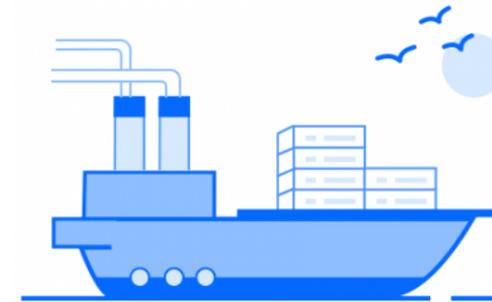
Buque existente de baja eficiencia



Reducción de velocidad desde el enfoque técnico



Cambio de combustible y/o dispositivos de ahorro energético

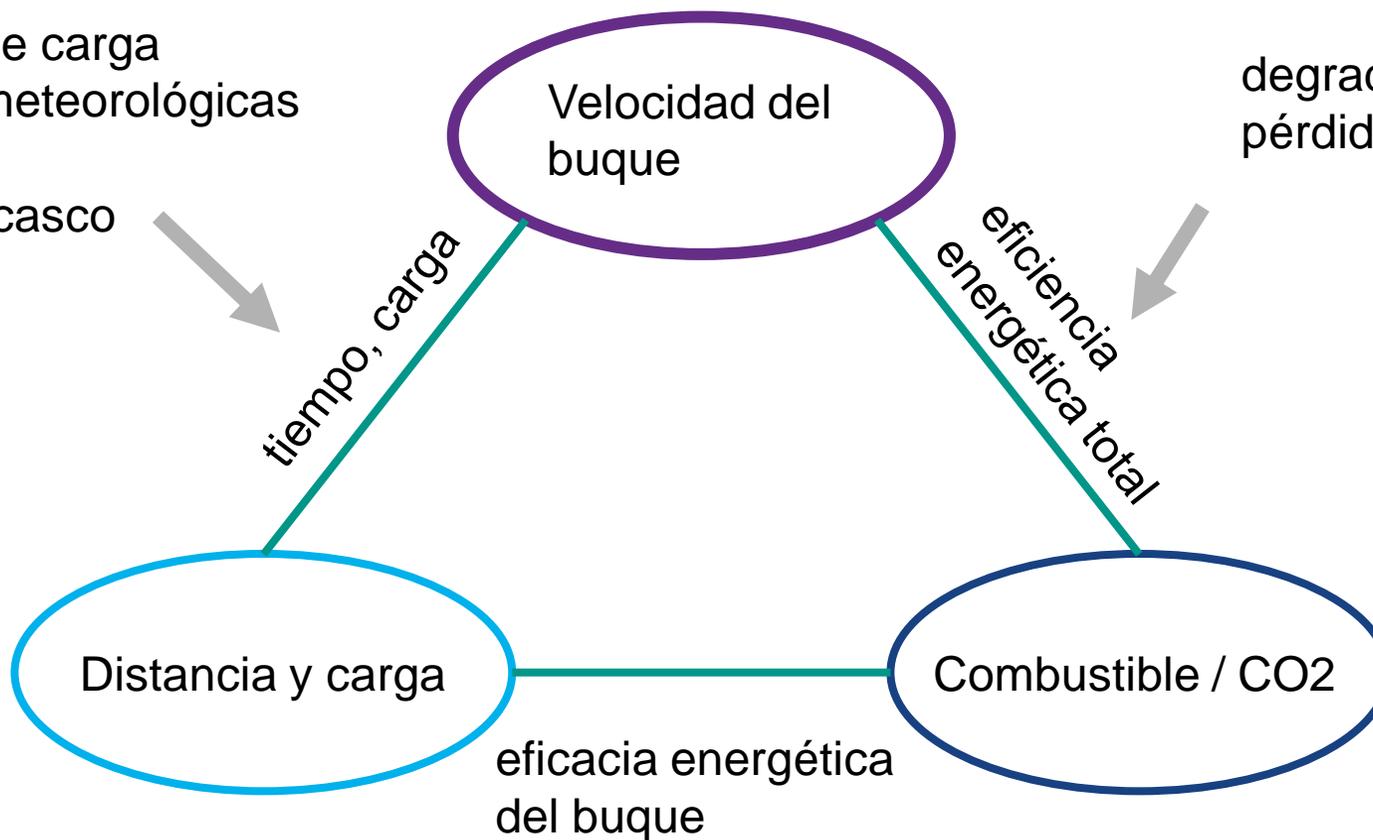


Sustitución por nuevos buques

Relación entre la eficacia energética del buque, la eficiencia energética total y los factores que influyen

[3]

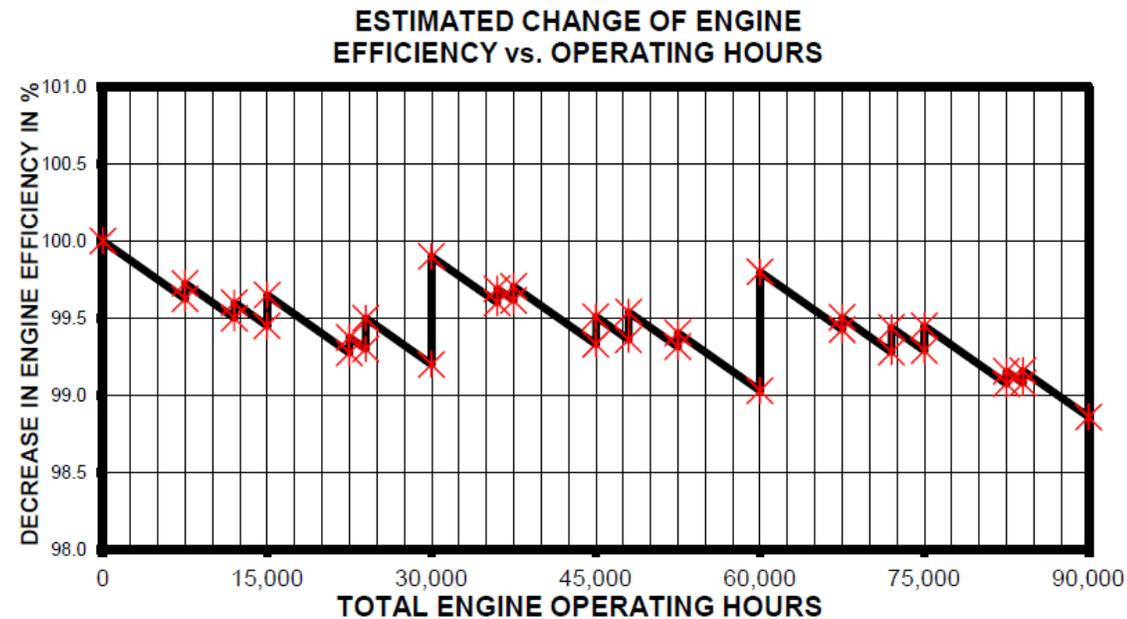
condiciones de carga
condiciones meteorológicas
maniobra
suciedad del casco



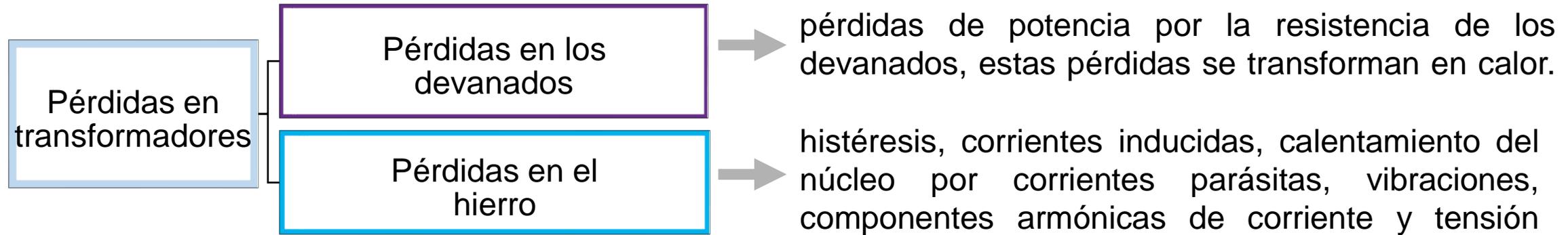
Pérdidas del motor Diésel

Durante su vida útil y bajo condiciones normales de operación, los motores Diésel sufren un desgaste continuo en las piezas internas, produciendo una reducción en su eficiencia. El desgaste de las piezas es proporcional a las horas de operación del mismo y se puede acentuar por impurezas del combustible o por la presencia de partículas durante la combustión.

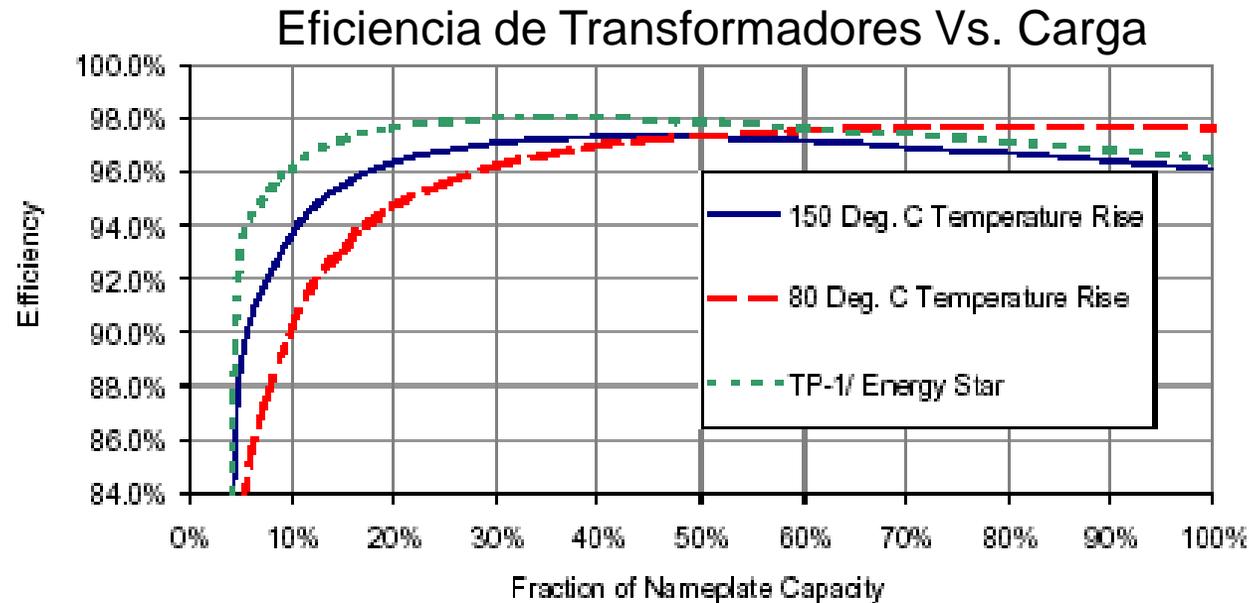
[4]



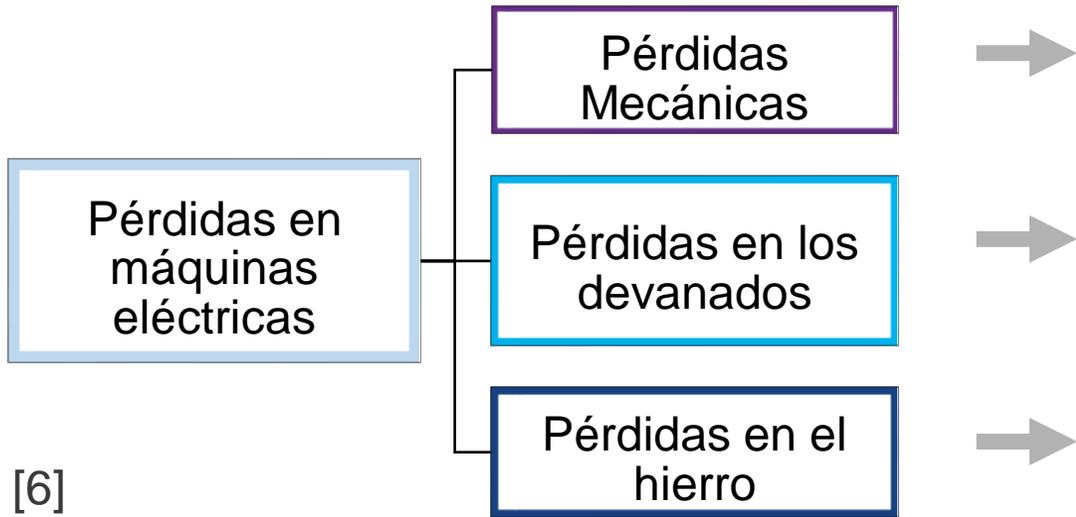
Pérdidas en transformadores



[5]



Perdidas en máquinas eléctricas rotativas

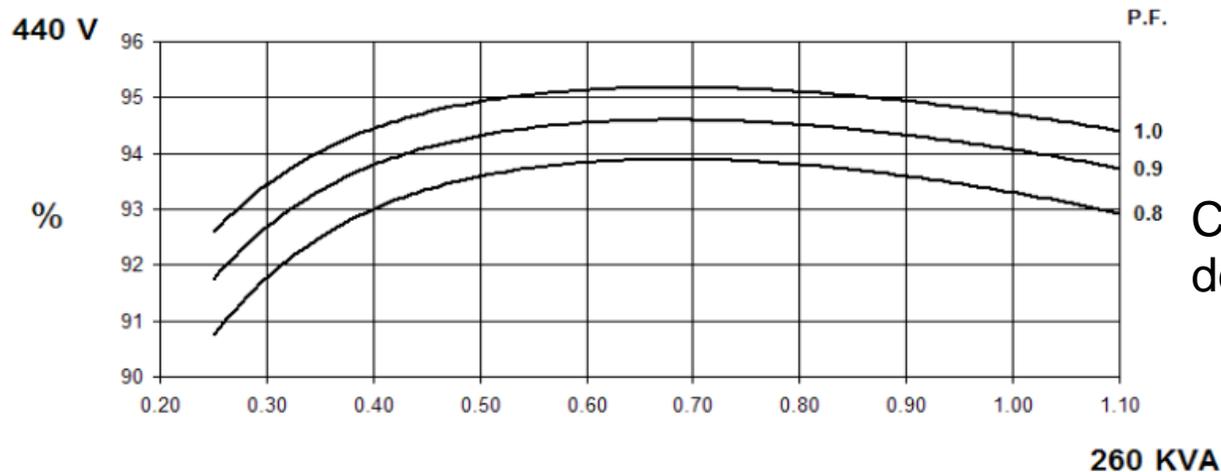


se asocian con las pérdidas por el contacto entre los rodamientos y las estructuras que los alojan.

son resultado de la energía disipada por la resistencia eléctrica de los devanados de los motores.

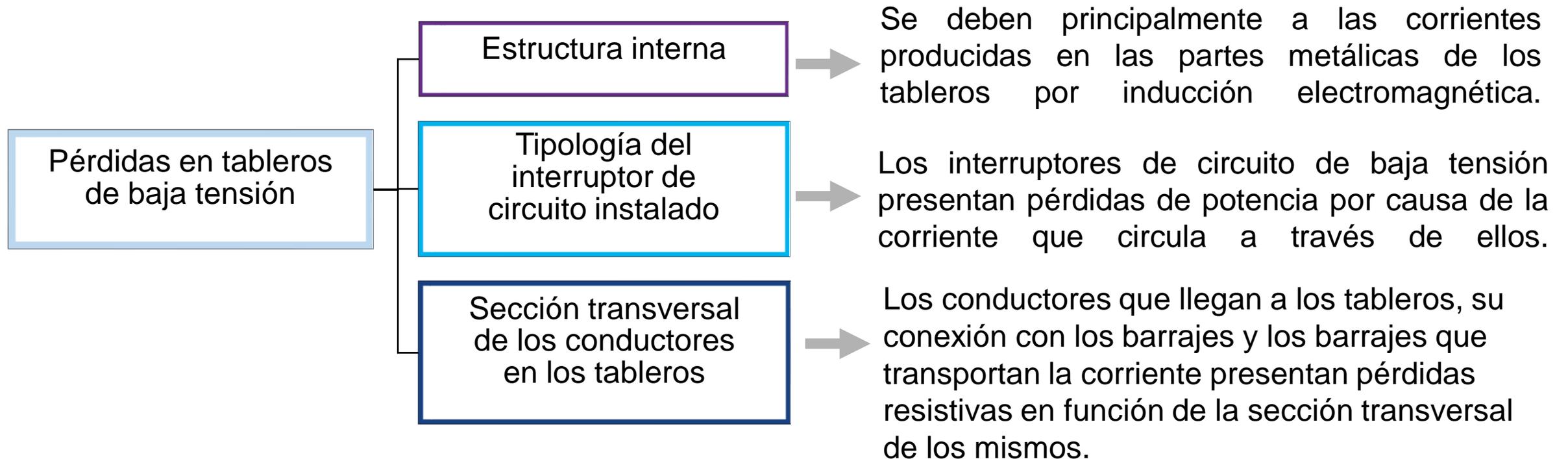
se producen por la dispersión del campo magnético que enlaza los devanados del estator y el roto.

[6]



Curva Típica del Comportamiento de la Eficiencia de Un Alternador Vs. Porcentaje de Carga

Perdidas en tableros eléctricos



Tecnología generador - BDA

En el proyecto BDA (Buque de Desembarco Anfibio) se consideraron generadores con tecnología más eficiente para ahorrar combustible en distintas condiciones de operación.



TECNOLOGÍA AVANZADA DE REDUCCIÓN DE EMISIONES DE COMBUSTIÓN

- Tecnología DITA (Direct Injection Turbocharged Aftercooled) Generador de 99 kW: con una potencia de 89 kW, consume 17.250 gal @ 2500 h
- Tecnología ACERT (Tecnología Avanzada de Reducción de Emisiones Combustión) Generador de 99 kW: con una potencia de 89 kW, consume 15.380 gal @ 2500 h

Con los valores indicados, representa una reducción de consumo de 1.870 gal (al año)

Sistema de iluminación led- PAFL 2021

En el proyecto PAFL (Patrullera de Apoyo Fluvial Liviana), desde la fase de diseño se consideró la iluminación LED para obtener mejores niveles de iluminación con un menor consumo de energía.



POTENCIA INSTALADA EN ILUMINACIÓN

- Tecnología convencional: 5,53 kW
- Tecnología LED: 3,12 kW.

Considerando 8h de operación al día, se tiene un ahorro de combustible al año de 332 gal.

Principales ventajas:

- 1. Larga duración:** la vida útil promedio de una luminaria LED es de aproximadamente 35,000 a 50,000 horas, por consiguiente, también generan un beneficio económico por bajos costos de reemplazo y consumo energético.
- 2. Medio Ambiente:** Las luminarias de tecnología LED no contienen químicos tóxicos (vapor de mercurio).

Microrred fotovoltaica – BALC-L

Durante el desarrollo del diseño del buque BALC-L (Buque de Apoyo Logístico y Cabotaje Liviano), se extendió la cubierta 02 para contar con un área disponible para la ubicación de los módulos fotovoltaicos.



DISEÑO DE MICRORRED FOTOVOLTAICA

- **Área con paneles solares: 10,4 m²**
- **Potencia pico instalada: 1,68 kWp**
- **Producción anual de energía: 1,903 MWh**
- **Reducción de consumo de combustible al año: 137 gal**

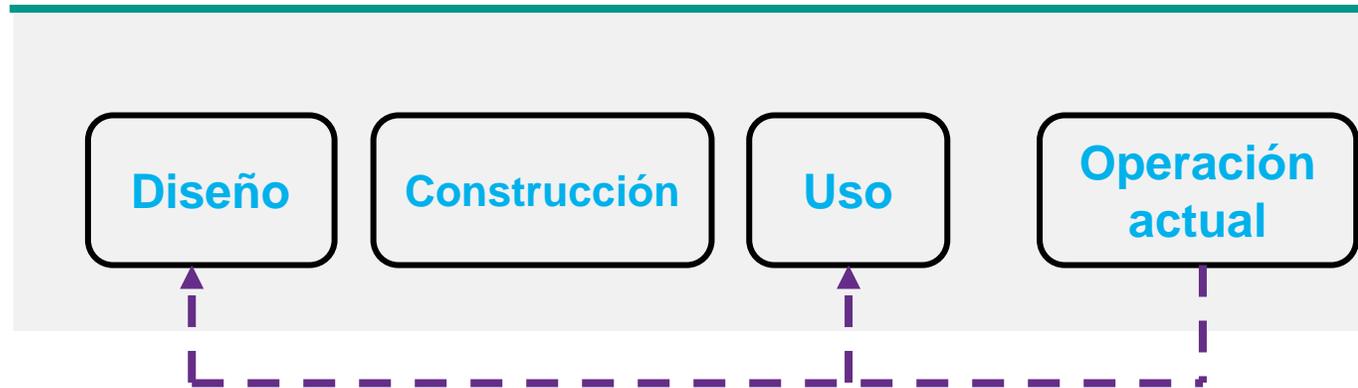
Su potencia pico instalada es de 1,68kW y al año pueden llegar a producir 1,903 MWh de energía, la cual será utilizada para la alimentación de las cargas de iluminación de la cubierta 01, aportando a la reducción del consumo de combustible que al año representaría 137 galones.

Eficiencia en sistemas auxiliares

Equipo/sistema	Implementación
Aire acondicionado	Evaluación y diagnóstico para la optimización energética del sistema de circulación de agua fría: la disposición de tuberías y accesorios permiten reducir la resistencia aprox. en un 40% y lograr un aumento del rendimiento actual de la bomba hasta de un 68% (Ref:PAFL)
Sistemas hidráulicos	Aplicación de Pipe Flow expert, en el diseño y análisis de sistemas hidráulicos, para determinar los diámetros, presiones, velocidades y ruteados de tubería que permitan lograr los puntos de operación de la bomba con mayor eficiencia, así como determinar la pérdida de presión en el sistema debida la fricción con el flujo en las tuberías, lo cual contribuye en tener arreglos de sistemas auxiliares más eficientes.

Integración de medidas técnicas y operativas

Las medidas técnicas y operativas de eficiencia energética pueden integrarse desde las primeras fases del diseño eléctrico del buque y la fase operativa mediante el seguimiento del consumo de energía durante su ciclo de vida, con el fin de mejorar la eficiencia energética a bordo.



Integración de medidas técnicas y operativas

Sistema	Integración	
	Fase de diseño	Fase operativa
Generadores con tecnología eficiente	x	
Eficiencia en sistemas auxiliares	x	
Programa de mantenimiento		x
Sistema de gestión de la energía eléctrica (PMS)	x	
Iluminación LED	x	
Doctrina de funcionamiento de los generadores		x
Microrredes renovables	x	

Referencias

- [1] “Emissions from fuel used for international aviation and maritime transport” UPDATE ON IMO’S WORK TO ADDRESS GHG EMISSIONS FROM INTERNATIONAL SHIPPING CONTEXT. (n.d.). Retrieved February 28, 2023, from <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/SustainableDevelopmentGoals.aspx>
- [2] “Emissions from fuel used for international aviation and maritime transport” UPDATE ON IMO’S WORK TO ADDRESS GHG EMISSIONS FROM INTERNATIONAL SHIPPING CONTEXT. (n.d.). Retrieved February 28, 2023, from <https://www.imo.org/en/MediaCentre/HotTopics/Pages/SustainableDevelopmentGoals.aspx>
- [3] Vasilikis, N. I., Geertsma, R. D., & Visser, K. (2022). Operational data-driven energy performance assessment of ships: the case study of a naval vessel with hybrid propulsion. <https://doi.org/10.1080/20464177.2022.2058690>.
<https://doi.org/10.1080/20464177.2022.2058690>
- [4] CATERPILLAR, «Lifecycle Cost Considerations when Choosing a Power Generation System,» Febrero 2013. [En línea]. Available: <http://www.catpowerplants.com/Media/Downloads/Lifecycle%20Costs%20Article.pdf>

Referencias

- [5] Copper Development Association Inc., «DOE Mandates Higher Efficiency for Distribution Transformers, Sees \$Billions in Benefits,» Copper Development Association Inc., [En línea]. Available: https://www.copper.org/environment/sustainable_energy/transformers/education/archive/dist_trans.html
- [6] STAMFORD, «HCM434C - Winding 311 Technical Datasheet,» 2019. [En línea]. Available: http://stamford-avk.com/sites/default/files/literature/all/HCM4C-311-TD-EN_Rev_A.pdf