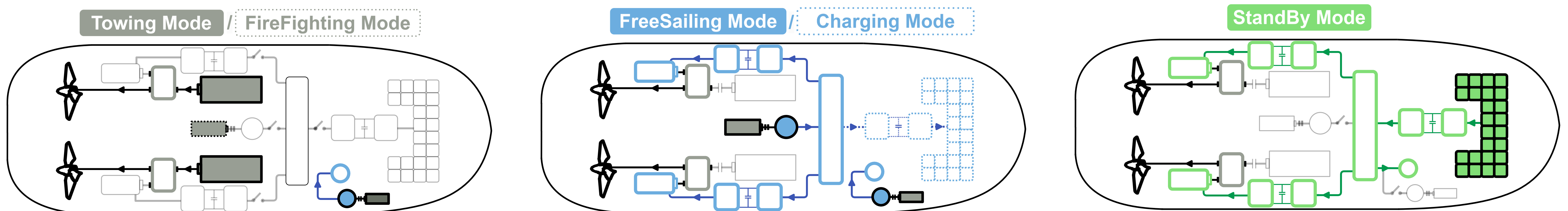
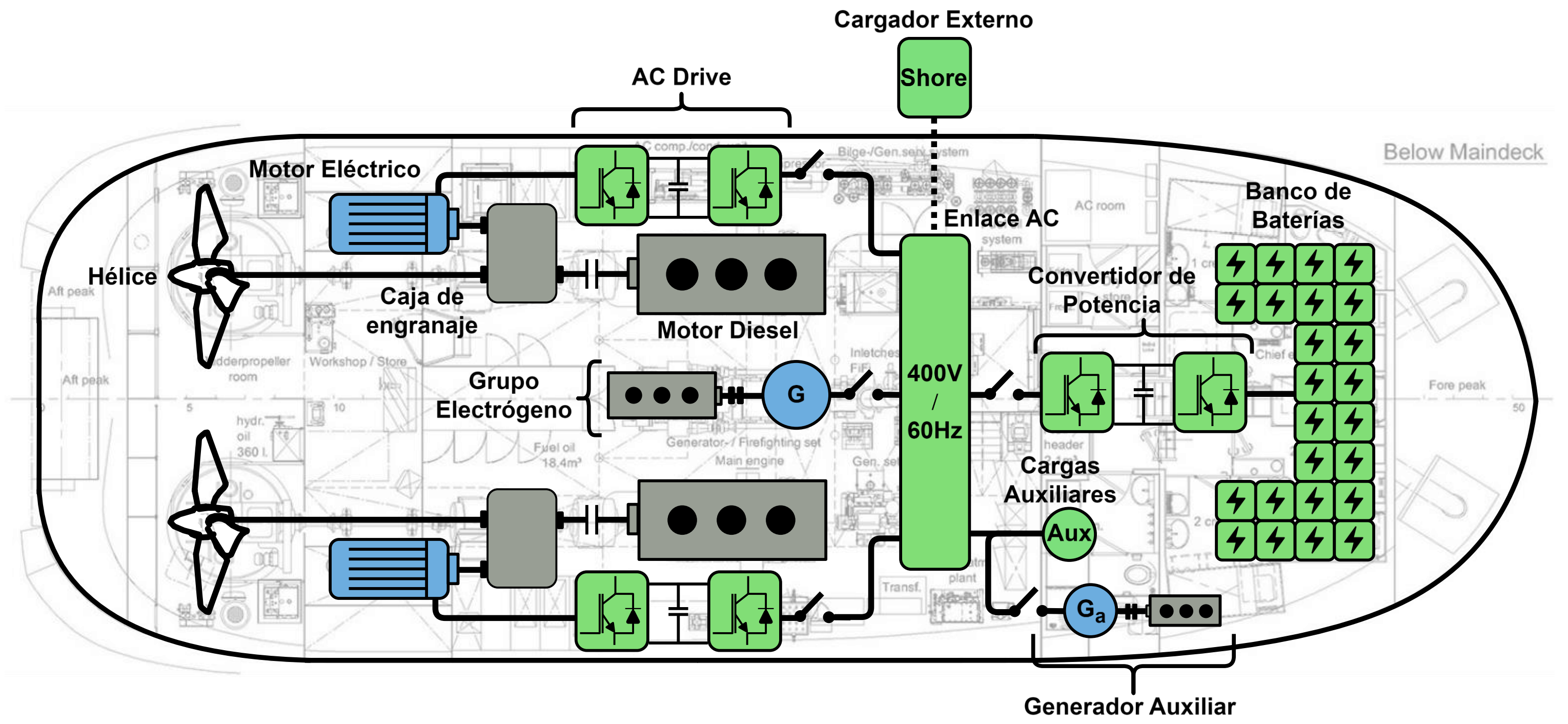
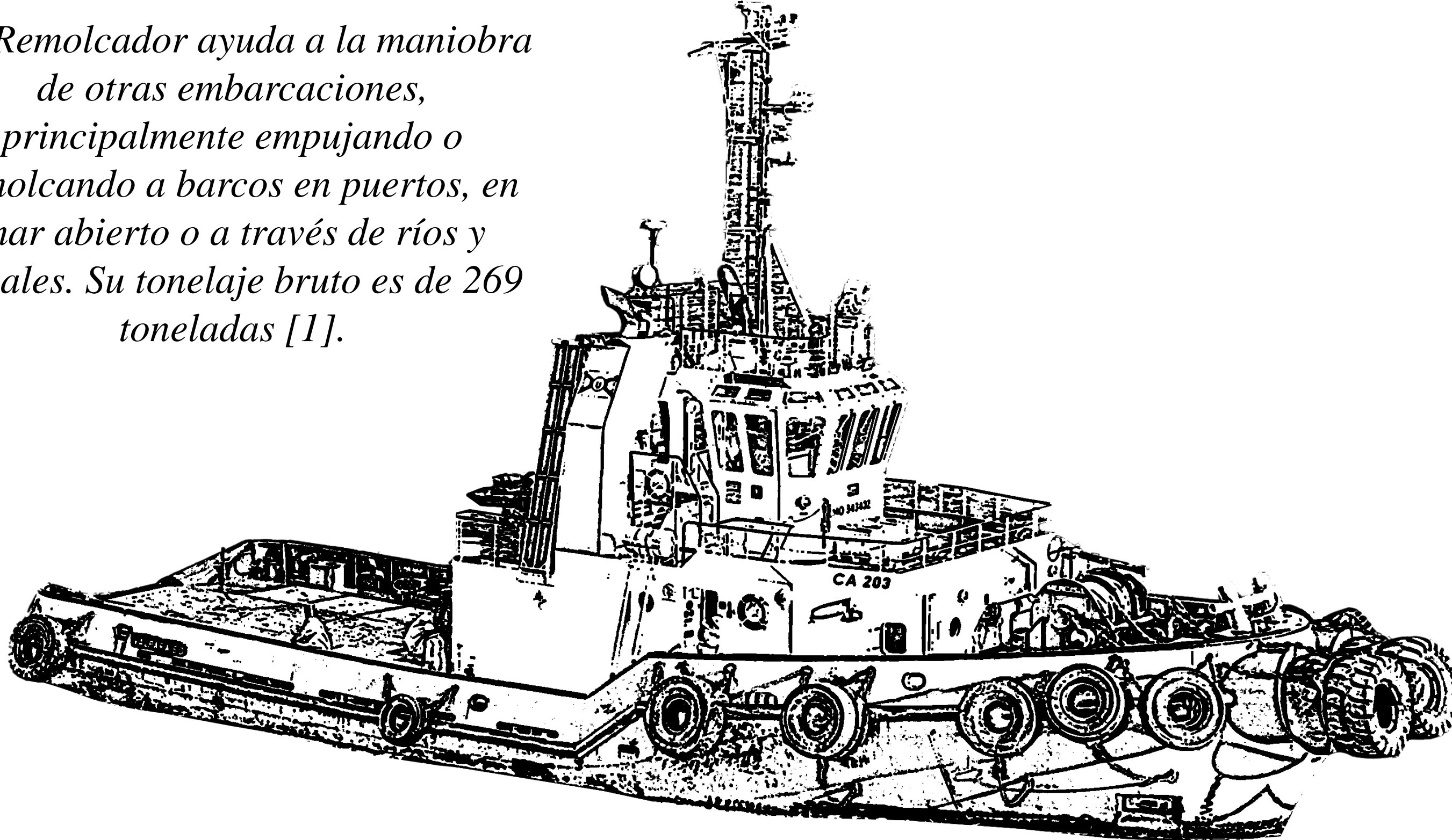


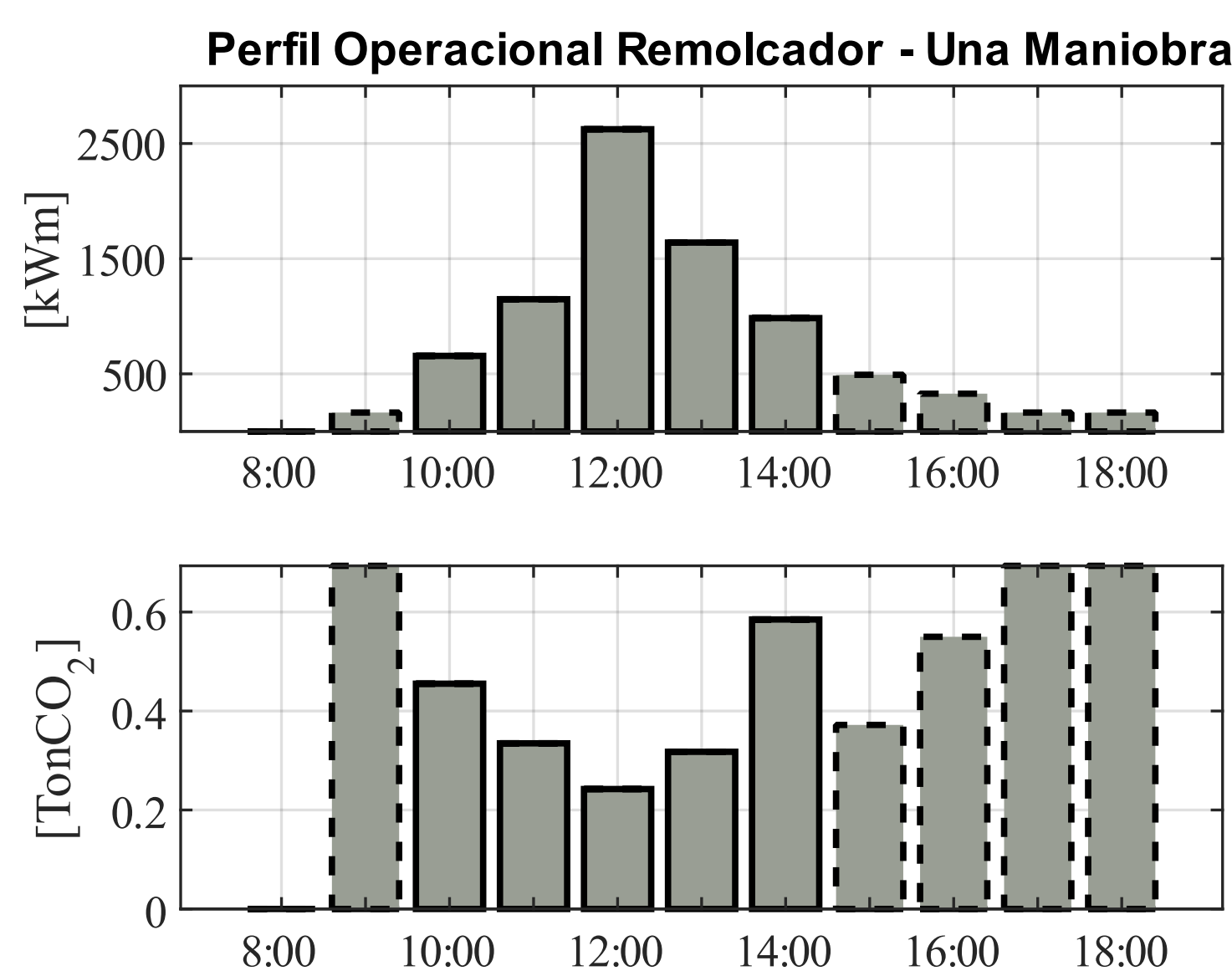
Electromovilidad Marítima: Sistema de Propulsión Híbrido

Leonardo Solís Zamora, Dr. Marcelo Pérez Leiva, Dr. Joel Pérez Osses,
Dr. Hector Young Conejeros, Dr. Carlos Reusser Franc

Un Remolcador ayuda a la maniobra de otras embarcaciones, principalmente empujando o remolcando a barcos en puertos, en mar abierto o a través de ríos y canales. Su tonelaje bruto es de 269 toneladas [1].



Remolcador Convencional

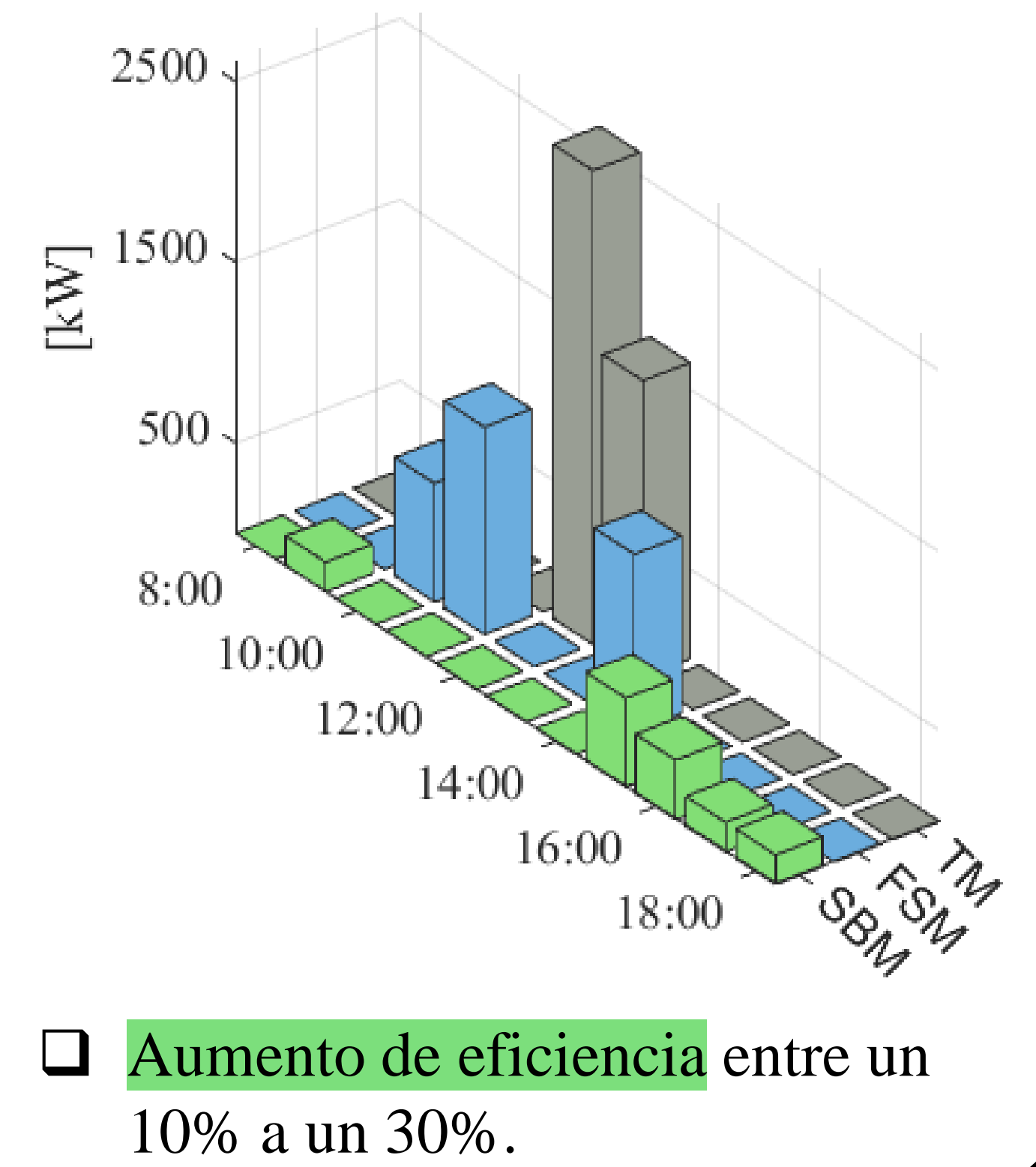


- Transporte marítimo responsable de más del 30% de emisiones de CO2 en la industria de transporte [2].
- En Chile, transporte marítimo está marcado por ineficiente consumo de combustible.
- El perfil operacional de los **remolcadores** demuestra ser uno de los más ineficientes [3].

- Bajas potencias de servicio implican un alto consumo de combustible y altos niveles de emisiones generadas.

Remolcador Híbrido

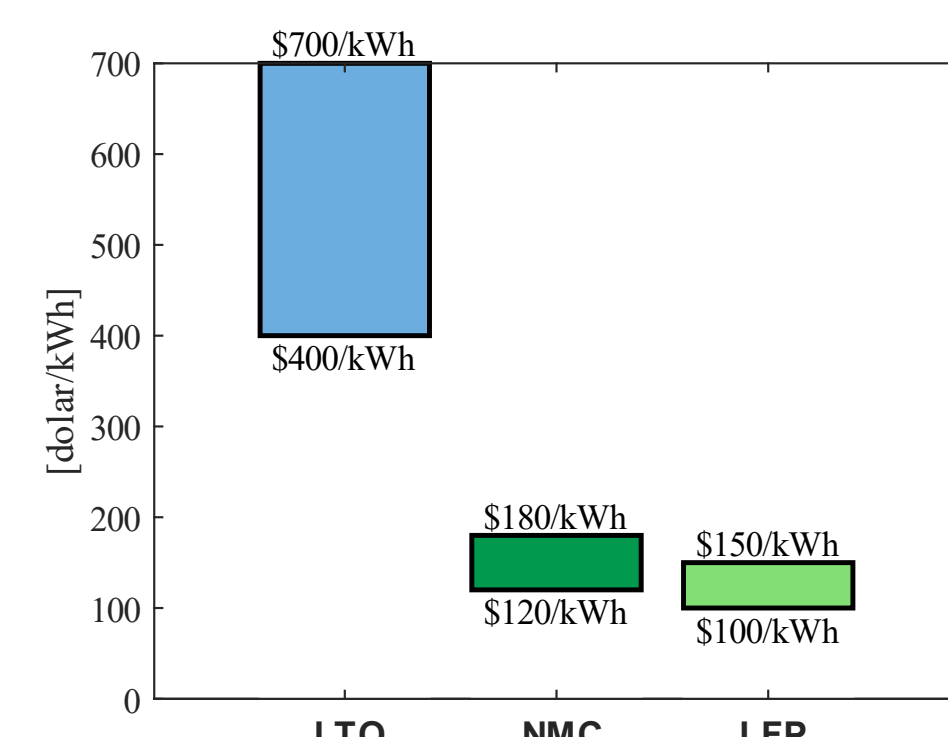
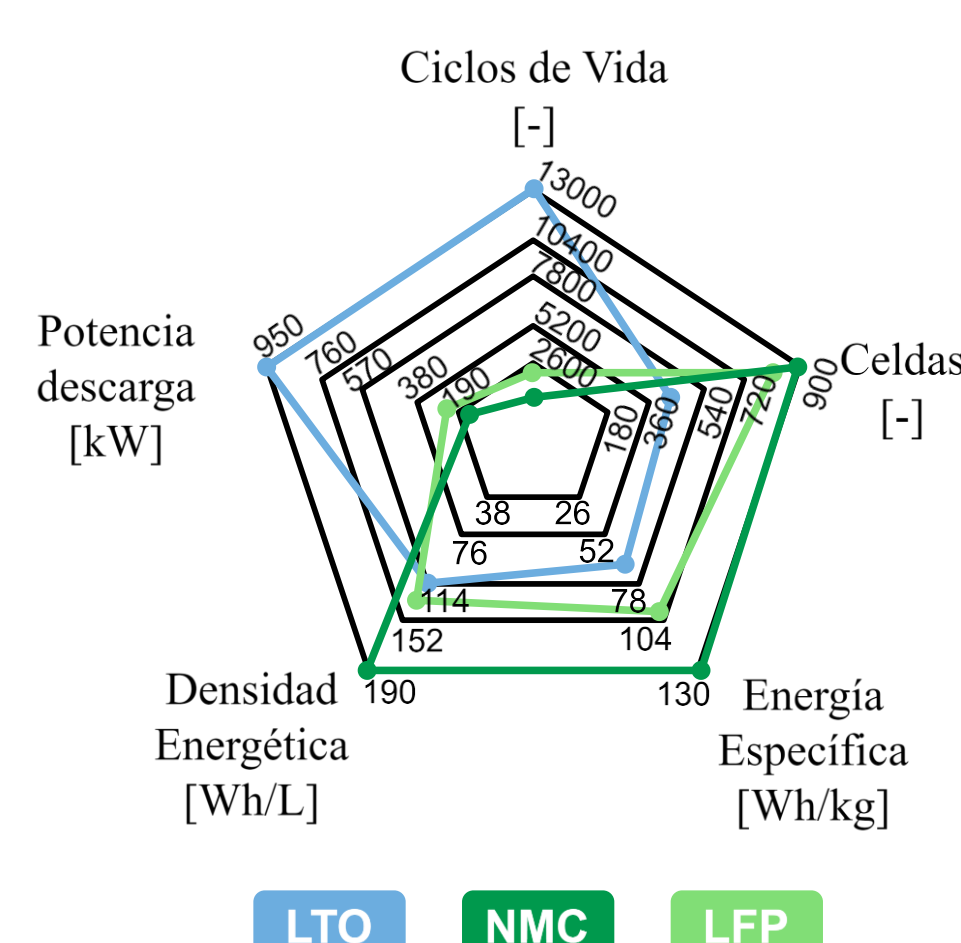
- Sistema de propulsión híbrido agrega potencia eléctrica en apoyo a la potencia mecánica [1].
- Permite que motor de propulsión diesel opere en su punto óptimo [1].
- StandBy Mode (SBM)** [4]:
 - Maniobrar
 - Navegación (5 nudos).
- FreeSailing Mode (FSM)** [4]:
 - Navegación (8 nudos).
- Towing Mode (TM)** [4]:
 - Operación de empuje
 - Operación de tracción.



- Aumento de eficiencia** entre un 10% a un 30%.

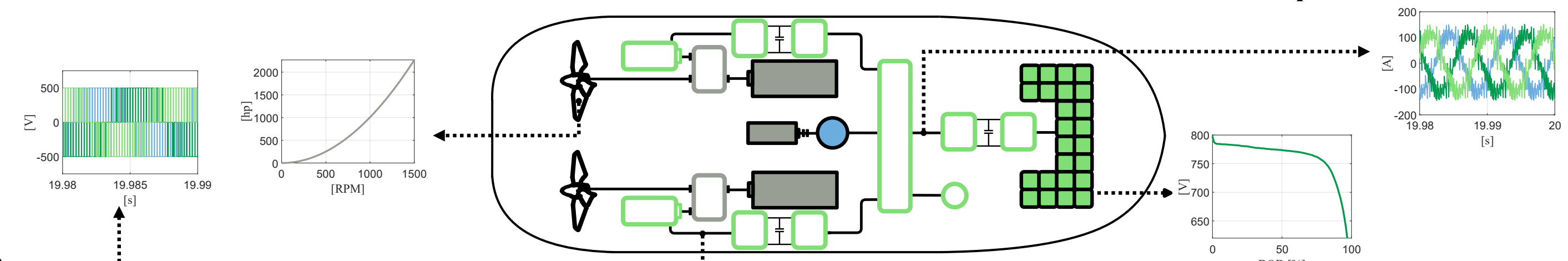
Banco de Baterías

- Cálculo de energía requerida por baterías a partir de perfil de carga [5].
- Definir tensión de banco de baterías, mayor a 100 V [6].
- Opciones tecnología de batería:
 - Titanato de Litio (LTO)
 - Níquel-Manganeso-Cobalto (NMC)
 - Litio-ferrofosfato (LFP)
- Calcular **número total de celdas** (Nserie x Nparalelo).



Requerimientos Técnicos

- Aspectos técnicos de celda escogida (perfil de carga/descarga).
- Modelo matemático de banco de baterías a partir de modelo de celda, para simular tren de potencia.
- Modelo matemático de celda** de batería (Shepherd orden cero) [7].
- Obtención de requerimientos técnicos generales para elementos esenciales del tren de potencia [8].



Referencias

- [1] J. Pérez Osses, "Desarrollo de una Planta de Propulsión Híbrida Escalable que Propicie la Electromovilidad Marítima y el Control y Reducción de Emisiones".
- [2] N. Bennabi "Hybrid propulsion systems for smal ships: context and challenges".
- [3] DIRECTEMAR, Boletín Estadístico Marítimo Edición 2023.
- [4] T. Hofman, "System-Level Design Optimization of a Hybrid Tug".
- [5] Antun Premec, "Electric vehicle battery pack block design".
- [6] DNV GL Handbook of Maritime and offshore battery systems.
- [7] S.Moussa, "Shepherd Battery Model Parametrization for Battery Emulation in EV Charging Application".
- [8] S.Narayanaswamy, "Design Automation for Battery Systems".