

Acerca del primer crucero con propulsión "híbrida" del mundo

MS Roald Amundsen fue promocionado como el primer crucero de propulsión híbrida del mundo [1]. Un análisis detallado acerca de su ingeniería permite obtener mejores detalles acerca de su funcionamiento.

Luis M. Buresti
lmb.tech.consultancy@gmail.com

Glosario de siglas

- » CA: corriente alterna
- » CC: corriente continua
- » HS: *Hybrid Ship*, 'barco híbrido'
- » MS: *Motor Ship*, 'barco de motor'
- » SCR: *Selective Catalytic Reduction*, 'reducción catalítica selectiva'
- » SS: *Steam Ship*, 'barco de vapor'
- » SV: *Sail Vessel*, 'barco a vela'

URL estable: <https://www.editores.com.ar/node/8322>

El MS Roald Amundsen [2] es, supuestamente, el primer barco crucero del mundo en adoptar el denominado sistema de propulsión híbrida, cuyo principal objetivo es reducir el consumo de combustible y, consecuentemente, minimizar la huella de carbono derivada de las operaciones.

El crucero está certificado como Polar Class 6, lo que teóricamente le permite navegar entre hielos de hasta 1,20 m de espesor. Su diseño siguió normativa ambiental; entre otras cosas, incorpora una planta de desalinización de agua marina mediante ósmosis inversa y una avanzada unidad de tratamiento de efluentes líquidos de tipo biológico.

Su diseño siguió normativa ambiental; entre otras cosas, incorpora una planta de desalinización de agua marina mediante ósmosis inversa

Características técnicas

Datos constructivos según <https://batomtaler.skipsrevyen.no> y www.maritimt.com:

- » Año inicial de servicio: 2019
- » Desplazamiento bruto: 20.889 t
- » Eslora/Manga: 140 m
- » Manga: 23.6 m
- » Calado máximo: 5,3 m
- » Capacidad: 485 pasajeros más tripulación
- » Constructor: Kleven Verft, Ulsteinvik, Noruega
- » Proyectista: Rolls Royce Marine AS, Noruega
- » Número de diseño: NVC - 2140
- » Identificador IMO: 9 813 072
- » Velocidad de crucero: 15 knt, 28 km/h
- » Autonomía: 18 días
- » Equipos de generación (GenSets): cuatro Bergen B33:45L6A



Figura 1. El buque MS Roald Amundsen “fondeado” en la rada de entrada del paraje West Point, muy cercano a la isla Gran Malvina. (Para mantener su posición, este buque no usa sus anclas, sino su sistema de posicionamiento dinámico).
Fuente: Luis Buresti

- » Potencia total de generación: cuatro de 3.492 kWe
- » Combustible: gasoil marino
- » Tanques de combustible: 550 m³
- » Barras de distribución: tres de 690 V, 60 Hz
- » Sistema de propulsión: Kongsberg Maritime AS, Noruega
- » Unidades de propulsión: AziPull, dos AZP 120 EL CP TME 35
- » Drives (CA > CC > CA): Kongsberg
- » Potencia total de propulsión: dos de 3.250 kWe
- » Relación potencia/peso: 0,31 kW/t
- » Impulsores laterales (*thrusters*): dos PM TT2000
- » Potencia de propulsión lateral: dos de 1.550 kWe
- » Baterías: Corvus Energy Norway AS
- » Modelo de baterías: Orca ESS
- » Tecnología: Li-NMC (Li + Ni + Mn + Co)
- » Conversor CA > CC > CA: integrado
- » Capacidad de las baterías: dos de 1.750 kW/h
- » Pérdida de capacidad (Enero/25): 8%
- » Instalación eléctrica + automatización: Ha-reid Elektriske AS, Noruega
- » Sistema integrado de automatización: Kongsberg, ACON
- » Estabilizadores laterales: Kongsberg, Aquarius 100
- » Sistema de posicionamiento dinámico: Rolls Royce

Esquema de potencia

Este rompehielos cuenta con cuatro grupos eléctricos impulsados con motores diésel de alta eficiencia cuyos escapes se hacen pasar por un sistema SCR que permite disminuir la cantidad de NO_x y de material particulado que se libera a la atmósfera.

La salida de los generadores alimenta las barras generales de distribución que están divididas en dos circuitos independientes y que alimentan directamente tanto los propulsores principales de popa como los impulsores laterales ubicados en proa.

Sobre estas barras también están conectadas las baterías de ion-litio, que fundamentalmente tienen una función de reserva para alimentar eventuales picos de consumo, pero que también pueden ser cargadas desde una red fija en los casos

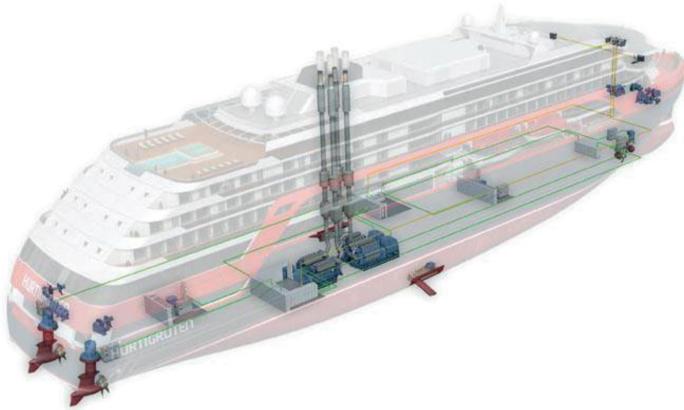


Figura 2. Sistema de propulsión. Entre otros elementos, en este croquis se puede apreciar la distribución de los equipos de generación, los dos impulsores principales y los impulsores laterales de proa.

Fuente: Kongsberg Maritime

que estén disponibles instalaciones de carga en los muelles donde recalca el buque.

Es interesante notar que la capacidad de estas baterías es bastante limitada, ya que a velocidad de crucero solo podrían alimentar al sistema de propulsión por un máximo de treinta minutos.

Los impulsores principales de popa son de tipo azimutal, equipados con motores de imanes permanentes cuyo eje es perpendicular al eje de las hélices y, por lo tanto, se requiere un juego de engranajes cónicos para cambiar la dirección del movimiento.

Estos propulsores cuentan con variadores de velocidad de frecuencia variable que se alimentan de las barras de 690 V y 60 Hz y cuya corriente de entrada a máxima potencia es del orden de los 2.720 A

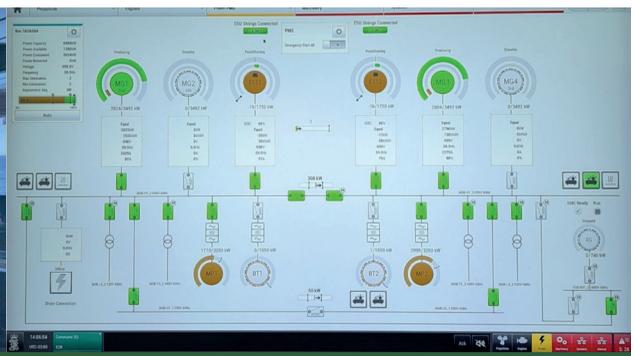
Rendimiento

De un análisis preliminar surge que el buque MS Roald Amundsen parece estar algo subdimensionado desde un punto de vista energético, ya que su relación potencia-propulsión/peso bruto es de solo 0,31 kW/t mientras que el valor medio que se puede encontrar en embarcaciones similares se ubica en el orden de 0,53 kW/t. [3]

Que el buque MS Roald Amundsen parece estar algo subdimensionado desde un punto de vista energético

Este subdimensionamiento se estaría reflejando en la velocidad de crucero, que en el caso del MS Roald Amundsen es de 15 Knt (28 km/h), mientras que el valor típico de los buques empleados en la comparación es de 18 Knt (33 km/h).

Adicionalmente, parecería inclusive que esta nave tiene algún problema para operar a la mencionada velocidad de crucero, ya que de un re-



Figuras 3 y 4. Puente de mando y esquema de distribución eléctrica. Izquierda: vista general de las consolas del puente de mando. Derecha: pantalla para la visualización de la generación eléctrica y de los consumos de potencia. MG1... MG4, generadores; ESS1 y ESS2, baterías; MP1 y MP2, impulsores principales; BT1 y BT2, impulsores laterales de proa.

Fuente: Luis Buresti



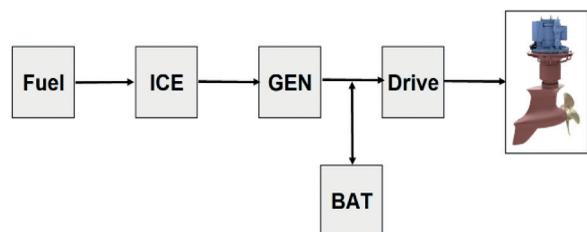
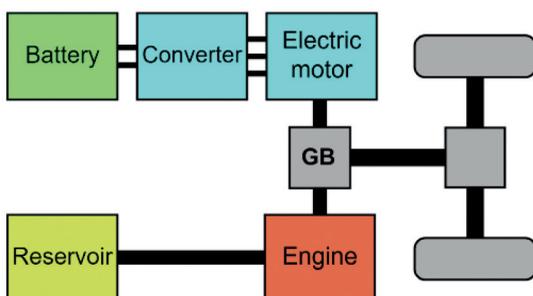
Figuras 5 y 6. Hybrid Powered. Izquierda: en ambos laterales del buque MS Roald Amundsen hay ostensibles leyendas que informan acerca del tipo de propulsión implementada. Derecha: vista de las baterías marinas ubicadas en la sala de máquinas y que típicamente se operan en modo recorte de picos (*Peak Shaving*).

Fuente: Luis Buresti y Corvus Energy

gistro de las velocidades efectivas de navegación en aguas abiertas realizado durante un periodo de doce días surge que el valor promedio fue de solo 9,7 Knt (18 km/h). [4 y 5]

En una charla con el jefe de la sala de control de máquinas, este brindó algunas precisiones interesantes:

- » La configuración de propulsión híbrida permitiría ahorrar aproximadamente un 5% de combustible. Lamentablemente, dice no poder suministrar mayores detalles por tratarse de "información confidencial".
- » Las baterías Corvus habrían perdido solo un 8% de capacidad durante el tiempo que han estado en servicio, valor que, de ser cierto y en caso de comportamiento lineal, implicaría que una pérdida de capacidad del 50% ocurriría más allá de los veinticinco años, periodo que muy probablemente es bastante superior a la vida útil de esta embarcación.
- » Confirma que el MS Roald Amundsen tuvo que entrar en forma algo imprevista en dique seco (astillero Atisbal, Panamá) en mayo de 2024 para que se le efectúe, entre otras cosas,



Figuras 7 y 8. Esquemas de transmisión. Izquierda: esquema de un típico automóvil con transmisión híbrida, similar al Toyota Prius. El motor eléctrico realmente es reversible y puede operar como impulsor y como generador. Derecha: diagrama de la implementación realizada en el buque MS Roald Amundsen; ICE, motor de combustión interna.

Fuente: Luis Buresti y Kongsbeg Marine

una reparación integral de las unidades principales de propulsión AziPull. Estas tareas de mantenimiento implicaron el desmonte de los impulsores de aproximadamente cuarenta y cuatro toneladas cada uno y el recambio de los rodamientos.

Resulta llamativa la amplitud y complejidad de esta intervención en un buque que, en el momento de este mantenimiento, no tenía mucho más de cuatro años de servicio efectivo.

¿Corresponde llamarlo híbrido?

Es bastante claro que el mandato de preservación ambiental es hoy en día más fuerte que nunca. También es claro que la industria marítima hace un aporte significativo a las emisiones globales de gases de efecto invernadero.

Estas dos circunstancias, sumadas al hecho que la empresa propietaria del crucero MS Roald Amundsen se promociona diciendo que sus operaciones son totalmente amigables con la naturaleza, hacen muy posible que hayan tenido por resultado una extrapolación excesiva del concepto de propulsión híbrida.

El Toyota Prius es posiblemente el vehículo híbrido más difundido en los mercados mundiales. Si se analiza el esquema de transmisión de este automóvil, se pueden identificar como mínimo dos características fundamentales: a) una unidad de acople mecánico que puede recibir potencia tanto del motor de combustión interna como del motor eléctrico, y b) un mecanismo de recuperación de la energía cinética del vehículo.

Se puede observar que se asemeja casi totalmente a la implementación realizada en una simple locomotora ferroviaria diésel-eléctrica

Es bastante claro que ninguna de estas dos características están presentes en el esquema de

potencia implementado en el buque MS Roald Amundsen. Más aún, si se analiza un poco el croquis de la figura 8, se puede observar que se asemeja casi totalmente a la implementación realizada en una simple locomotora ferroviaria diésel-eléctrica.

Por lo tanto, podríamos concluir que una denominación más razonable para el esquema de energía implementado en el buque MS Roald Amundsen sería “diésel-eléctrico con baterías de recorte de picos”, pero claro está, esta expresión es algo extensa y para nada “marketinera”. ■

Notas y referencias

[1] Existen múltiples notas periodísticas que le asignan al buque Road Amundsen el título de “Primer barco crucero con propulsión híbrido-eléctrica del mundo”. Entre otros, se puede consultar: <https://www.forbes.com/sites/michellegross/2019/09/30/the-worlds-first-hybrid-electric-powered-cruise-ship-has-arrived/>, fechado el 30 de septiembre de 2019 y revisado el 15 de diciembre de 2020.

[2] El nombre oficial de este barco es MS Roald Amundsen. La sigla MS corresponde a *Motor Ship*, ‘barco de motor’, en referencia a su método de propulsión. A este respecto, se puede mencionar que otras siglas habituales fueron o son SS por *Steam Ship*, ‘barco de vapor’, y SV por *Sail Vessel*, ‘barco a vela’. El viejo adagio dice: “A confesión de parte, relevo de prueba” y por lo tanto podemos considerar que los proyectistas originales tenían muy en claro cómo era realmente el sistema de propulsión de este buque, ya que de otra manera posiblemente hubiese sido llamado HS Roald Amundsen: HS por *Hybrid Ship*, ‘barco híbrido’. Por otro lado, vale mencionar que MS Roald Amundsen tiene una nave hermana llamada MS Fridtjof Nansen que entró en servicio en 2020 y que es prácticamente idéntica tanto en diseño como en los componentes empleados.

[3] Valores obtenidos de un análisis comparativo realizado por el autor que incluye información de quince embarcaciones de la categoría *exploration ship*, ‘barcos de exploración’, con pesos brutos entre 10.000 y 55.000 t y con años de entrada en servicio entre 2020 y 2024.

[4] El registro de velocidades efectivas de navegación en aguas abiertas incluye cincuenta y dos puntos que fueron relevados a partir de los datos que aparecían en las pantallas informativas del buque o mediante un navegador GPS. Promedio: 9,7 Knt (18 km/h). Mediana: 9 Knt (16,6 km/h).

[5] Hubo oportunidad de realizar el balance de consumos de potencia en tres ocasiones diferentes. Se obtuvieron los siguientes valores promedio:

- Generación total: 4,802 kWe
- Propulsión: 2,953 kWe (61%)
- Consumo general del buque: 1,849 kWe (39%)
- Velocidad registrada: 11,8 knt (21,8 km/h)

A partir de estas mediciones, también fue posible estimar la relación potencia-propulsión (kWe)/velocidad de navegación y se obtuvo la siguiente expresión: $P = 10,5 \times V^{2,3}$