

**INGEDRIVE™**



## **INGEDRIVE™ E3-Ship**

Sistema de Potencia Integrado Compacto y de Alta Eficiencia para Buques de Propulsión Eléctrica

**Ingeteam**

## **Ingeteam**

Ingeteam es líder de mercado especializado en electrónica de potencia y de control.

La compañía, con más de 3500 empleados, opera a nivel mundial, en Europa, América, Asia, Australia y África. El negocio de Ingeteam se construye sobre los cimientos de I+D, para el que se destina alrededor del 7% de su facturación anual.

En la actualidad existe una gran preocupación por el cambio climático y sus consecuencias. Los límites aceptables en cuanto a la emisión de gases nocivos por los motores de combustión son cada vez más exigentes en el sector del transporte marítimo. Además, en un mercado muy competitivo es necesario reducir los costes de operación del buque, donde el consumo de combustible es parte esencial.

Por todo ello, fuertemente comprometido con el medio ambiente, Ingeteam está trabajando activamente en soluciones que reducen tanto el consumo de combustible como las emisiones de gases nocivos para la salud y el medio ambiente. Ambas variables son muy importantes actualmente en el diseño de nuevos sistemas integrados de potencia en barcos.

# INGEDRIVE™ E3-Ship

Sistema de Potencia Integrado Compacto y de Alta Eficiencia para Buques de Propulsión Eléctrica

## Propulsión Eléctrica-Híbrida en Buques

En un mercado tan competitivo como es el del transporte marítimo, es necesario reducir los costes de operación de los buques, siendo el consumo de combustible una parte esencial en los mismos.

Las políticas de cambio climático están generando importantes restricciones en cuanto a emisiones en el sector, lo cual desemboca en la existencia de zonas o áreas protegidas declaradas como Áreas con Control de Emisiones (ECAs por sus siglas en inglés) en las que los buques deben navegar emitiendo un contenido extremadamente bajo y controlado de gases contaminantes, incluso nulo en algunas de ellas.

El fuerte compromiso de Ingeteam con el medio ambiente y la mejora de la eficiencia energética, nos lleva a trabajar activamente en el desarrollo de nuevas soluciones tecnológicas de planta eléctrica y propulsión para la nueva generación de buques híbridos-eléctricos con una fuerte reducción del consumo de combustible y de las emisiones.

En los buques de nueva generación la hibridación puede estar presente en varias formas. A nivel de propulsión, combinando la propulsión mecánica y eléctrica en la cadena cinemática; a nivel de fuentes de energía, combinando las fuentes basadas en máquinas de combustión interna (diésel o gas) con sistemas de almacenamiento de energía (baterías, ultra-condensadores, pilas de hidrógeno, etc.) e incluso con otras fuentes de energía categorizadas como renovables (fotovoltaica, mini-eólica, etc.). En sistemas sofisticados, la hibridación puede estar presente tanto en la cadena cinemática de propulsión como en la cadena de generación o fuentes de energía.

INGEDRIVE™ E3-Ship permite la integración y funcionamiento óptimo de todos los sistemas de generación de energía eléctrica, almacenamiento de energía y consumo presentes en buques con propulsión eléctrica.

Con la solución INGEDRIVE™ E3-Ship los grupos de generación genset pueden operar de manera independiente y a velocidad variable, siempre buscando el punto óptimo de funcionamiento en términos de consumo de combustible y emisiones ante cualquier régimen de carga.

El sistema INGEDRIVE™ E3-Ship contiene los siguientes tipos de subsistemas o interfaces de potencia:






- Subsistema interfaz de potencia lado generación
- Subsistema de distribución
- Subsistema interfaz de potencia lado propulsión
- Subsistema interfaz de potencia sistema de almacenamiento
- Subsistema interfaz de potencia alimentación cargas auxiliares y de servicio

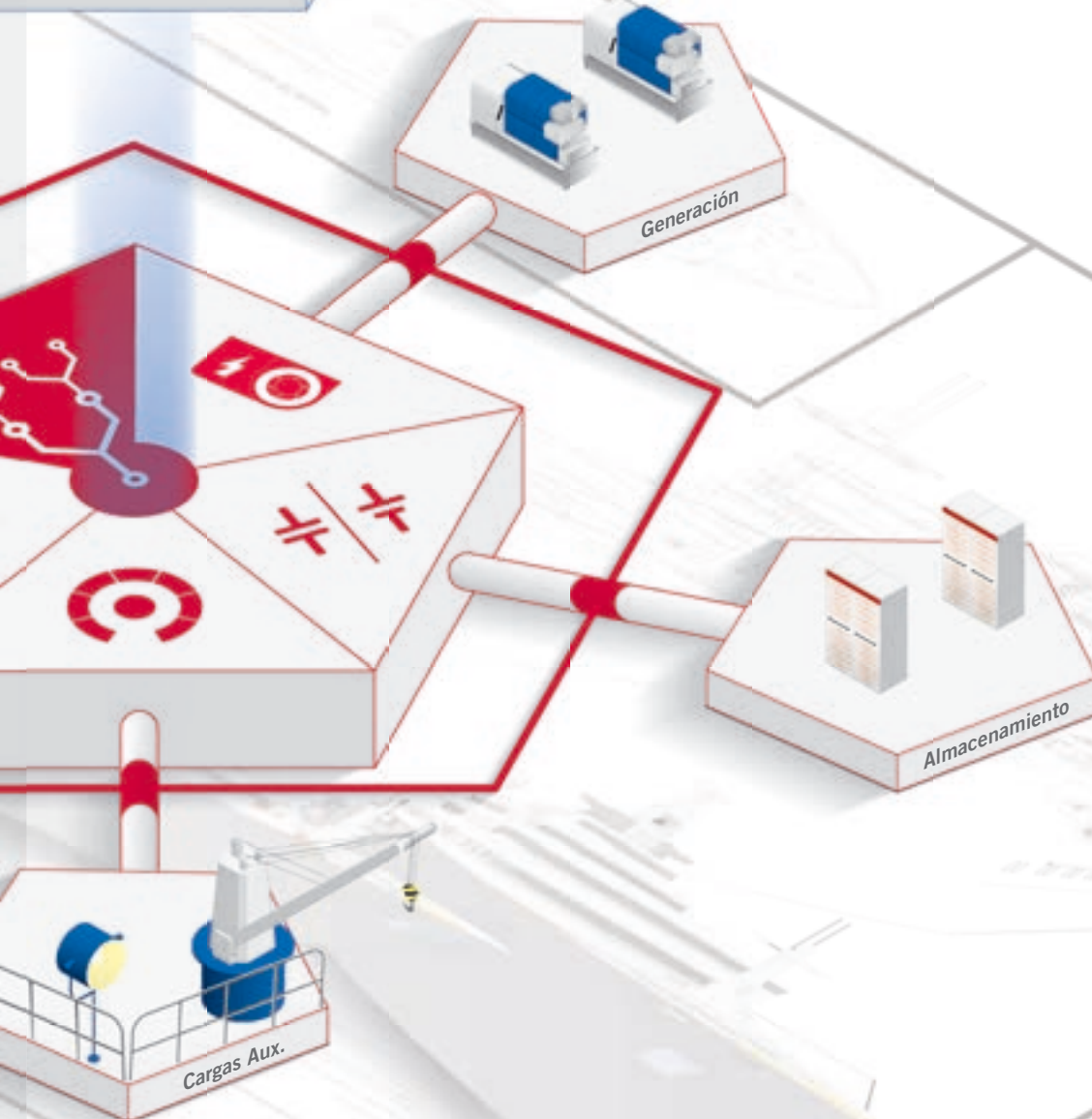
El consumo de combustible, la reducción de emisiones, así como el volumen, peso y coste de la solución se ven altamente beneficiados utilizando INGEDRIVE™ E3-Ship, manteniendo, e incluso mejorando las prestaciones de fiabilidad, funcionalidad, seguridad y necesidades de mantenimiento.

*“Con el sistema INGEDRIVE™ E3-Ship, se alcanzan ahorros de combustible de hasta el 24% en función del modo de operación en buques offshore frente a sistemas convencionales con generación a velocidad constante”*





-  Subsistema Interfaz de Potencia lado Generación
-  Subsistema de Distribución
-  Subsistema Interfaz de Potencia lado Propulsión
-  Subsistema Interfaz de Potencia Sistema Almacenamiento de Energía
-  Subsistema Interfaz de Potencia Alimentación Cargas Auxiliares y de Servicio





### Subsistema Interfaz de Potencia lado Generación

El subsistema/interfaz de potencia correspondiente al lado generación (Generators side power interface) en INGEDRIVE™ E3-Ship está basado preferiblemente en convertidores rectificadores de frente activo (Active Front End ó AFEs) de alta eficiencia energética. Mediante su conexión a los diferentes generadores, se consigue un sistema de distribución DC altamente eficiente y robusto, con un control de la tensión muy preciso y de rápida respuesta dinámica, y una alta calidad de señal en las tensiones y corrientes tanto en el lado DC como en el lado AC.

Los generadores, que pueden ser tanto síncronos de excitación independiente o de imanes permanentes como asíncronos, operan con un factor de potencia muy próximo a la unidad.

La tensión en el sistema de distribución DC es controlada de manera muy precisa y con una rápida respuesta dinámica, permitiendo que los generadores puedan operar en un amplio rango de velocidades. Las altas prestaciones conseguidas en cuanto a control y dinámica permiten la activación de estrategias de amortiguamiento activo para mejorar la estabilidad, la calidad de señal y, en general, la robustez y fiabilidad del sistema de distribución.

La solución INGEDRIVE™ E3-Ship permite que varios subsistemas del tipo *Generators side power interface subsystem* y/o AFEs dentro de un mismo subsistema pueden trabajar en paralelo regulando la tensión de bus con un reparto de cargas controlado (que puede ser equitativo/equilibrado o incluso desequilibrado configurable). Para ello, existen dos posibilidades o modos de operación en cuanto a control:

1. Modo maestro-esclavo con comunicación ultrarrápida y segura entre los AFEs, en el que existe un maestro que regula la tensión de bus e impone consignas de potencia al resto
2. Modo autónomo sin necesidad de comunicación entre los diferentes AFEs, donde todos los AFEs operan en modo master regulando la tensión de bus aunque con un lazo de control extra que garantiza un reparto de potencias controlado.



*“INGEDRIVE™ E3-Ship permite que los gensets puedan operar a velocidad variable sin necesidad de estar sincronizados entre sí, optimizando de esta forma el consumo de combustible y las emisiones”*



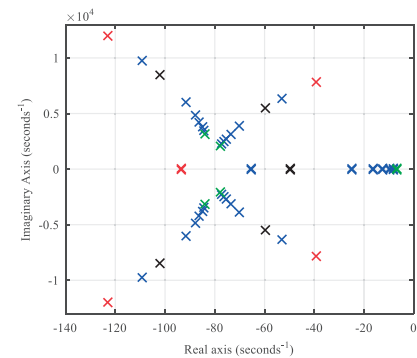
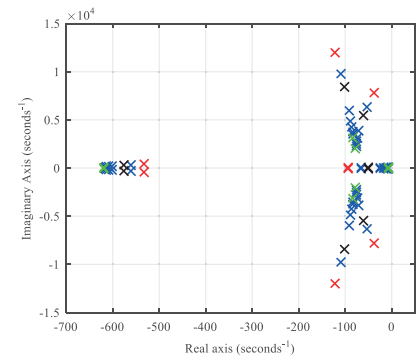
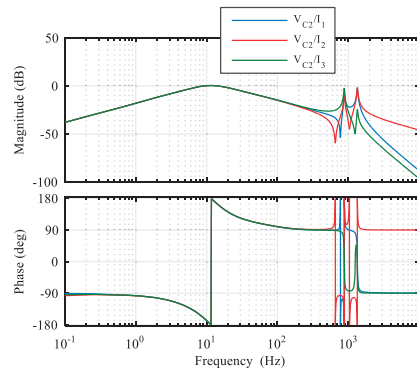
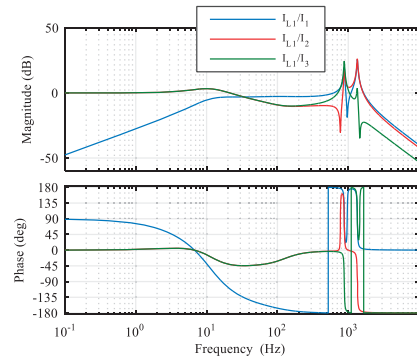
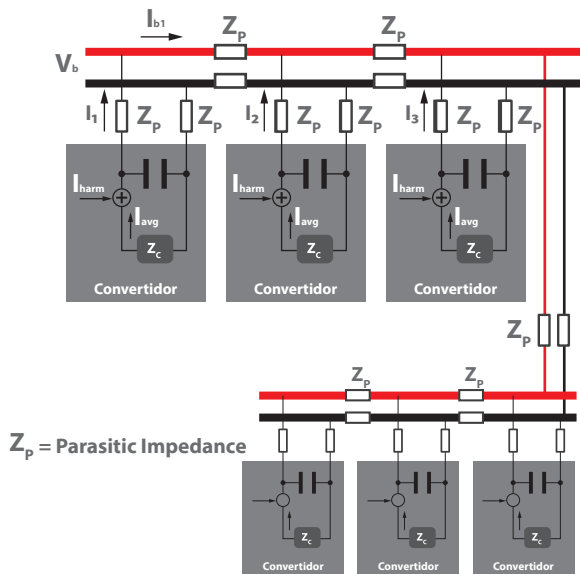


## Subsistema de Distribución

La integración de los diferentes subsistemas de potencia en el sistema INGEDRIVE™ E3-Ship se realiza mediante un sistema de distribución DC flexible y adaptable a cualquier tipo de layout de salas de máquinas y eléctricas presentes en un buque. El mix entre topologías centralizadas y distribuidas permite explotar las ventajas de los sistemas de distribución DC sin encarecer o dificultar su instalación/implantación en el buque.

La capacidad de distribución de potencia DC en topologías mono o multi-zonal reconfigurable presente en la solución INGEDRIVE™ E3-Ship permite alcanzar niveles elevados de seguridad y redundancia, pudiendo hacer, por ejemplo, que diferentes zonas como la zona de babor y la de estribor (Port board Side and Star Board Side) puedan ser consideradas unidas o separadas mediante el uso de un bus-tie.

El cálculo, dimensionamiento y en general el diseño del sistema de distribución DC en la solución INGEDRIVE™ E3-Ship se realiza mediante herramientas de SW avanzadas de análisis y simulación. Mediante el diseño del propio medio de distribución (líneas y buses de interior/ exterior) así como de las estrategias de amortiguamiento activo y pasivo se garantiza un sistema estable, robusto y bien amortiguado con una calidad de señal de potencia<sup>1</sup> adecuada para asegurar la fiabilidad del propio sistema y del resto de sistemas eléctricos/electrónicos del buque.



<sup>1</sup> DC power quality, DC voltage & current ripple as well as DC voltage & current harmonic content



## Subsistema Interfaz de Potencia lado propulsión

El subsistema/interfaz de potencia correspondiente al lado propulsión (Propulsion motors side power interface) en INGEDRIVE™ E3-Ship está basado en convertidores de tipo inversor a IGBTs de alta eficiencia energética que, junto con el control asociado, permiten un control de velocidad y par en los motores de propulsión muy preciso, de alta respuesta dinámica y alta calidad de señal.

El sistema de control incorporado permite la regulación de par y de velocidad de diferentes tecnologías de motor eléctrico (asíncronos, síncronos, de imanes permanentes). Además el sistema de control incorpora estrategias de control sensorless.

El subsistema incluye diferentes topologías de filtrado (filtro LC, filtro dV/dt, filtro modo común, filtro EMI) de cara a minimizar la distorsión y contenido armónico de señal tanto en la entrada (lado DC) como en la salida (lado AC motor), así como las emisiones electromagnéticas y señales de modo común.

*“Los convertidores junto con el control asociado permiten un control de velocidad y par en los motores de propulsión muy preciso, de alta respuesta dinámica y alta calidad de señal”*





## Subsistema Interfaz de Potencia Sistema Almacenamiento de Energía

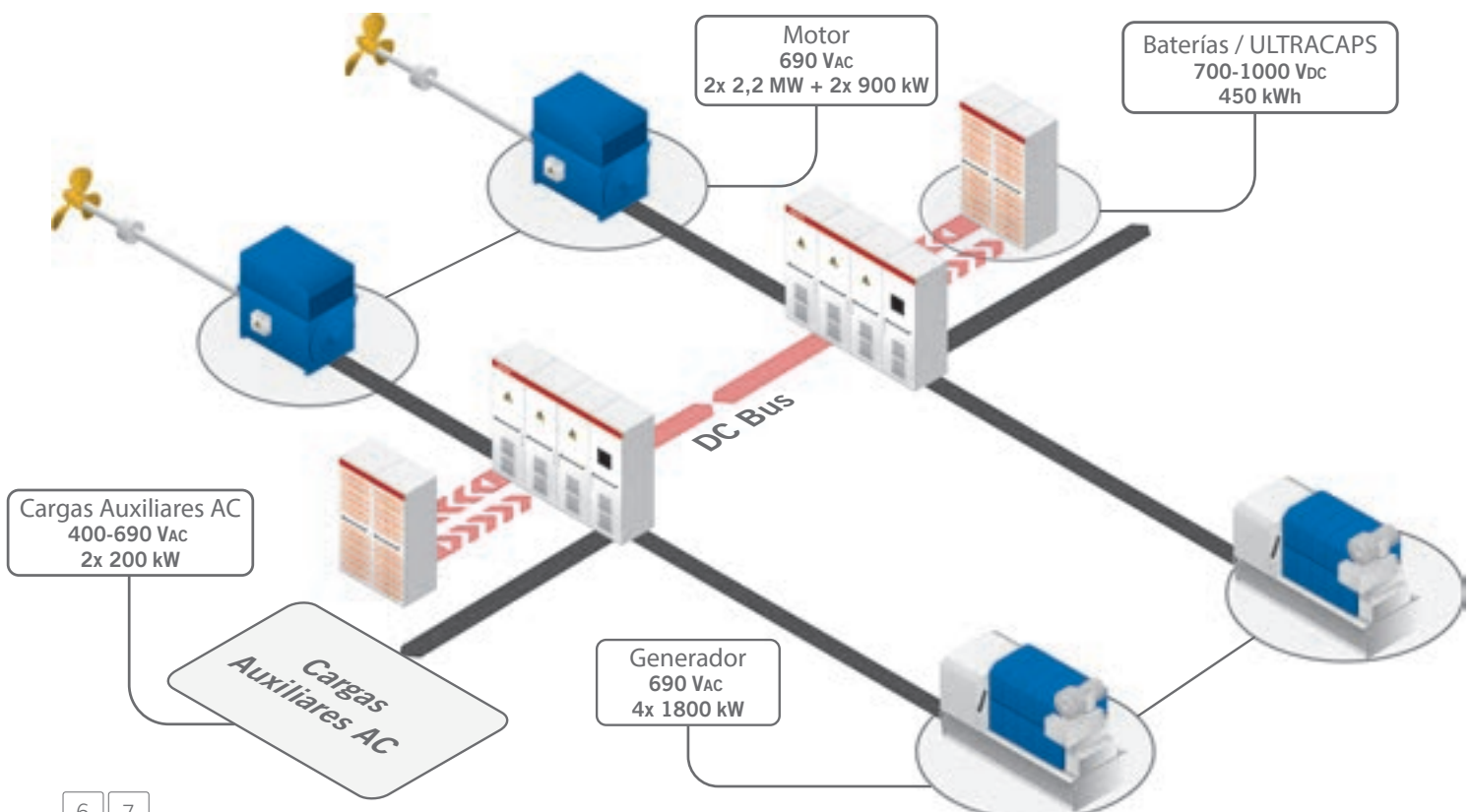
En las soluciones INGEDRIVE™ E3-Ship, la integración de la distribución DC con los sistemas de almacenamiento de energía (baterías o ultracaps) se realiza mediante convertidores DC-DC de alta eficiencia energética, garantizando una tensión de salida constante para cualquier estado de carga del sistema de almacenamiento.

A pesar de las pérdidas de energía debidas al convertidor DC-DC, la eficiencia energética del sistema global es mejor que la obtenida cuando el sistema de almacenamiento es conectado directamente a la red de distribución sin convertidor DC-DC.


Otros aspectos tales como la protección, la optimización en peso y en coste de los generadores eléctricos, el control y gestión de los flujos de potencia en la estrategia energética, la vida útil de los grupos de generación diésel, entre otros, quedan mejorados por medio de la utilización de convertidores DC-DC para la integración de los sistemas de almacenamiento de energía en redes de distribución DC en las que participan también grupos de generación diésel o gas.

El sistema de control incorporado permite la regulación de tensión con funcionalidades de peak-shaving para los grupos de generación diésel/gas, la regulación de tensión con posibilidad de participación en una estrategia de control en 'droop' en DC para el reparto de cargas, y la regulación de potencia y corriente para el control del proceso de recarga del sistema de almacenamiento. Además, incorpora funcionalidades avanzadas para la protección del sistema de almacenamiento y la integración con el sistema de automatización, el BMS (Battery Management System), el PMS (Power Management System) y el EMS (Energy Management System).

El subsistema incluye los filtros correspondientes para minimizar la distorsión y contenido armónico de señal tanto en la entrada como en la salida así como las emisiones electromagnéticas y señales de modo común. Estos filtros garantizan que se cumplan los requisitos impuestos por los más importantes proveedores de sistemas de almacenamiento de energía en cuanto a rizados máximos, contenido armónico en DC, nivel de EMIs, y niveles de tensión en modo común.







*“Los sistemas de almacenamiento permiten a los gensets operar en puntos de alta eficiencia, así como la navegación con cero emisiones a baja velocidad, entradas-salidas de puerto, u otros, en función de la energía almacenada”*



## Subsistema Interfaz de Potencia Alimentación Cargas Auxiliares y de Servicio

En la solución integrada INGEDRIVE™ E3-Ship y mediante los subsistemas de tipo Ship-services 'load side power interface subsystem' se generan diferentes sub-sistemas (sub-redes) de distribución AC a frecuencia y tensión constantes que pueden trabajar en topología mono o multizona reconfigurables. La alimentación de las cargas AC esenciales y no esenciales del buque está garantizada (auxiliares, carga de servicio, hotel loads, etc.).

Para la formación de las redes AC de tensión y frecuencia constantes, el sistema INGEDRIVE™ E3-Ship utiliza inversores configurados como "Static Converters", los cuales pueden funcionar en paralelo sin necesidad de comunicación entre ellos. Incluso grupos de generación (gen-sets) auxiliares pueden participar en estas redes operando en paralelo con los "static converters" sin necesidad de comunicación. El reparto tanto de potencia activa como reactiva está asegurado de manera equitativa o configurable y proporcional a la capacidad de cada sistema inversor y generador operando en paralelo en la red.

El interface/subsistema de potencia 'ship-services load side power interface subsystem' permite además la conexión AC a puerto

(onshore connection). Las microredes AC presentes en el buque (que en modo navegación funcionan en modo isla) pueden conectarse en puerto a la red de distribución general de potencia. Los inversores en modo 'static converter' permiten la bidireccionalidad de funcionamiento por lo que se ofrece la posibilidad real de intercambio controlado de potencia/energía entre el buque y la red eléctrica del puerto en ambos sentidos si fuera necesario (shore to ship and ship to shore power transfer).

El interface/subsistema de potencia 'ship-services load side power interface subsystem' puede operar como sistema de recarga controlado de los sistemas de almacenamiento de energía eléctrica a bordo (baterías, ultracapacitors, condensadores). Lo habitual es que una vez en puerto, el buque tome potencia del sistema eléctrico de potencia del puerto para alimentar las cargas de servicio o incluso para recargar de manera controlada los sistemas de almacenamiento de energía a bordo (shore to ship power transfer). Sin embargo, la energía almacenada en el barco puede ser transferida a la red del puerto en casos de emergencia, mejora de la estabilidad, etc. (ship to shore power transfer)





## Protección del Sistema: Protección de Bajo Nivel Básica y Selectiva

En la solución integrada INGEDRIVE™ E3-Ship cada usuario conectado al sistema de distribución o red DC está protegido mediante fusibles DC, tanto en su polo positivo como en el negativo. También se incluye la posibilidad de instalar un seccionador de cara a aislar al usuario en caso de fallo de fusibles.

Los fusibles DC son calculados y seleccionados para garantizar la coordinación y selectividad del sistema de protecciones. Sólo abre el fusible del usuario en cortocircuito. El sistema garantiza que no se produzca un black-out mientras se produce el aislamiento del usuario en fallo.

En sistemas de distribución DC bi o multizona, estas zonas se unen o separan mediante un interruptor controlado Bus-Tie. El Bus-Tie en la solución INGEDRIVE™ E3-Ship puede ser electrónico (basado en semiconductores de potencia) o mediante combinación fusible extra-rápido y seccionador (switch disconnector) controlado. En ambos casos las características nominales del Bus-Tie son 1500Vdc y hasta 5000 A.

- En el caso de Bus-Tie mediante combinación fusible extra-rápido y seccionador, ante una falta en cualquiera de las zonas, el fusible extra-rápido del Bus-Tie es el primero en abrir y aislar la zona.
- En el caso de la utilización del Bus-Tie electrónico basado en semiconductores la apertura del Bus-Tie es muy rápida (del orden de unos pocos microsegundos) y siempre inferior al tiempo de apertura de los fusibles en cada usuario.



# INGEDRIVE™ E3-Ship

Sistema de Potencia Integrado Compacto y de Alta Eficiencia para Buques de Propulsión Eléctrica

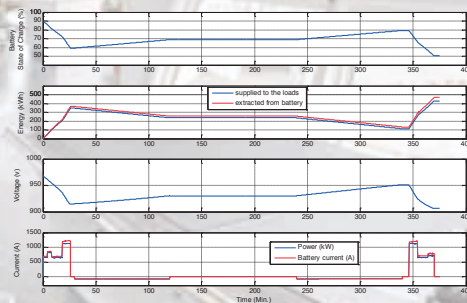
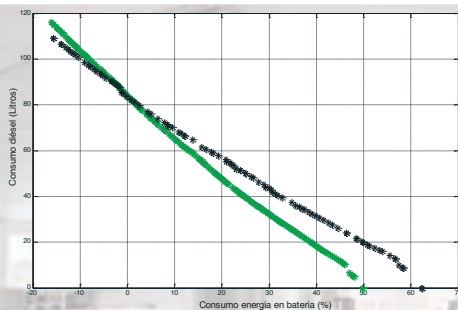


## Integración del sistema en el sistema de automatización, PMS y EMS

En la solución integrada INGEDRIVE™ E3-Ship todas las unidades de control correspondientes a todos los subsistemas y convertidores de frecuencia soportan comunicaciones de campo bajo los protocolos de comunicaciones industriales más habituales: Profibus, CAN, CAN open, Modbus TCP, Industrial Ethernet. De esta manera, queda garantizada la integración e intercambio de señales entre los convertidores presentes en la solución, el sistema de automatización, el sistema de alarmas, el sistema PMS, el sistema EMS, y el sistema BMS, entre otros.

La solución INGEDRIVE™ E3-Ship permite recibir consignas y límites de operación provenientes tanto del sistema PMS como del EMS de cara a garantizar la gestión de la potencia y energía (disponible y de reserva) en el sistema integrado de potencia. A su vez, los sistemas PMS y EMS son informados continuamente del estado de cada subsistema y del convertidor INGEDRIVE™, con el objeto de que ambos sistemas puedan reconfigurar de manera dinámica su estrategia de gestión de la potencia y de la energía.

Como proveedores de la solución INGEDRIVE™ E3-Ship, Ingeteam pone a disposición de los integradores finales su conocimiento y herramientas para facilitar el desarrollo y programación de estrategias o políticas de gestión energética (EMS) óptimas. Para ello, se dispone de un SW especializado desarrollado por Ingeteam que incluye modelos energéticos y de pérdidas (altamente parametrizables) de las principales etapas de conversión de potencia presentes en la solución E3-Ship. Mediante esta herramienta se pueden realizar por tanto simulaciones del sistema completo y obtener estimaciones en cuanto a eficiencia energética y consumo de combustible observando la evolución del estado de carga de los diferentes proveedores de energía a bordo. De esta forma, se pueden evaluar, con bajo coste computacional, diferentes estrategias energéticas para diversas misiones y perfiles de potencia o modos de operación del buque. El uso de esta herramienta permite al integrador adquirir un conocimiento previo del sistema completo a nivel energético a partir del cual desarrollar y automatizar las políticas energéticas óptimas a bordo en función de la misión del buque, su perfil de demanda de potencia habitual y sus modos de operación.



## Ventajas de la Solución INGEDRIVE™ E3-Ship



**Alta eficiencia energética:** Hasta un 30% de ahorro de combustible en función del buque, su aplicación y sus modos de operación.



Permite la operación de los Gensets a velocidad variable siempre buscando el punto de operación con **mínimo consumo específico** de combustible.



**Solución compacta y de alta fiabilidad y seguridad:** Procedimiento de diseño basado en las recomendaciones y normas de las Sociedades de Clasificación más importantes en el sector. Garantía de la estabilidad, calidad de señal y protección del sistema por diseño.



**Integración eficiente** de sistemas de almacenamiento de energía eléctrica.



Propulsión eléctrica con posibilidad de operar a **cero emisiones** desde baterías.



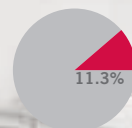
Integración del sistema de potencia del buque con la **conexión ON-SHORE** en puerto.



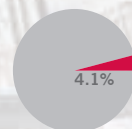
Control, gestión y reconfiguración de los flujos de potencia y **energía versátil** y de **altas prestaciones** dinámicas.



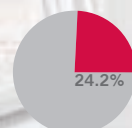
### Fuel Saving



Transit Low Mode



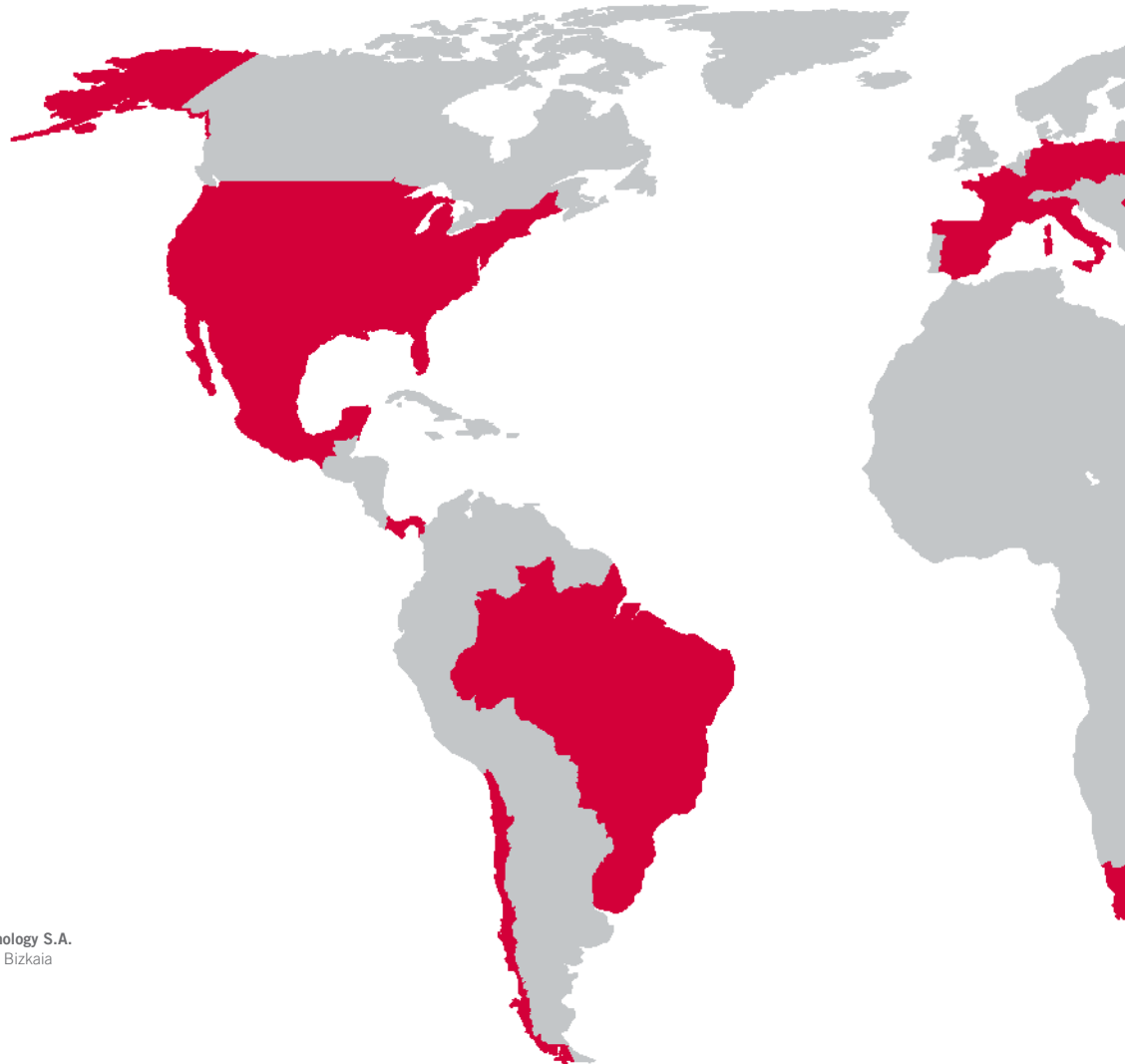
Transit High Mode



DP Mode

# INGEDRIVE™ E3-Ship

Sistema de Potencia Integrado Compacto y de Alta Eficiencia para Buques de Propulsión Eléctrica



**España**  
**Ingeteam Power Technology S.A.**  
Parque Tecnológico de Bizkaia  
Edificio 110  
48170 Zamudio  
Bizkaia - SPAIN  
(+34) 944 039 600

**Italia**  
**Ingeteam S.r.l**  
Via Emilia Ponente 232  
48014 Castel Bolognese (RA) - ITALIA  
(+39) 0546 651490

**Francia**  
**Ingeteam SAS**  
Parc Innopole  
BP 87635 - 3 rue Carmin - Le Naurouze B5  
F-31676 Toulouse Labège cedex - FRANCE  
(+39) 0561 250000

**Alemania**  
**Ingeteam GmbH**  
Herzog-Heinrich Strasse 10  
D-80336 - München - DEUTSCHLAND  
(+49) 89 99 65 38 0

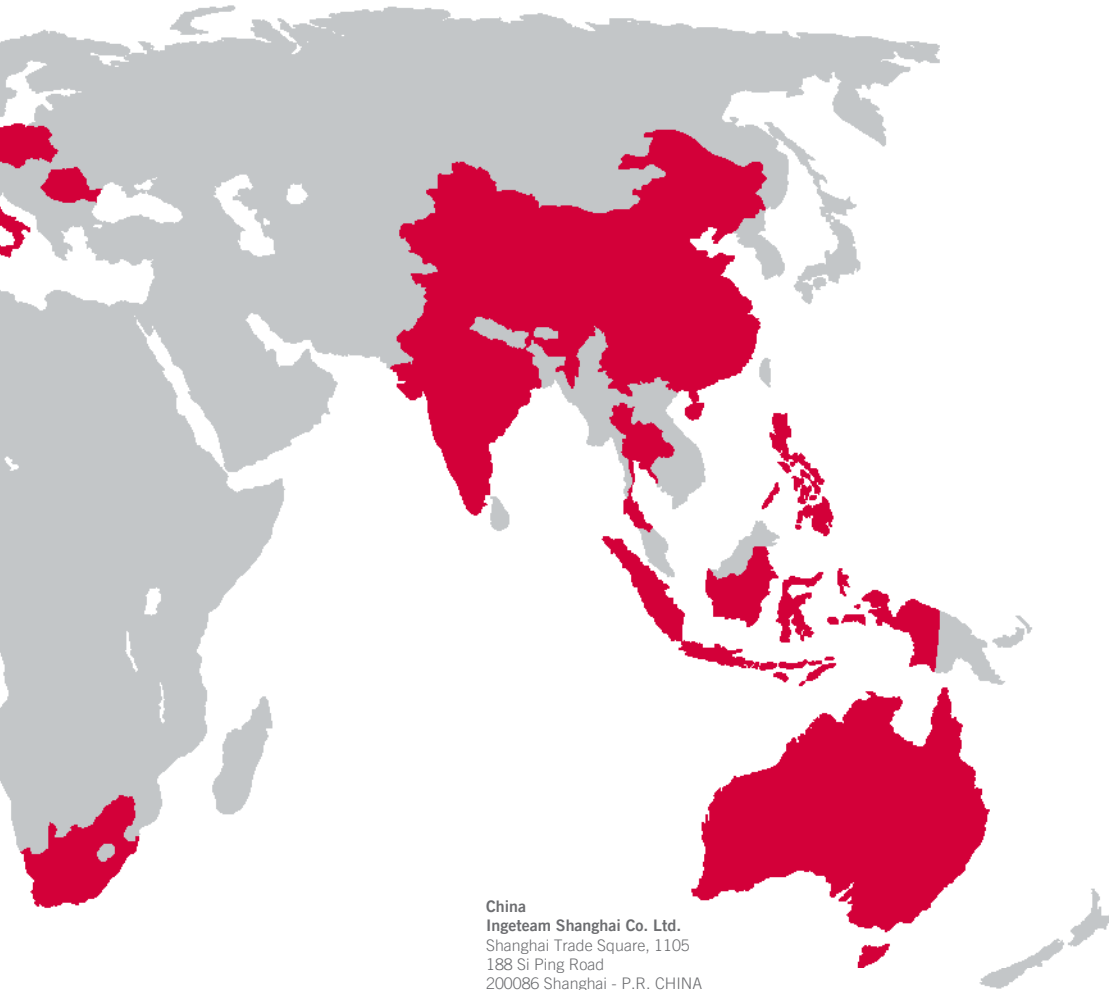
**República Checa**  
**Ingeteam a.s.**  
Technologická 371/1  
70800 Ostrava  
Pustkovec - ČESKÁ REPUBLIKA  
(+420) 59 732 68 00

**Polonia**  
**Ingeteam Spzoo**  
Rzymowskiego 53  
02-697 Warsaw - POLONIA  
(+48) 22 548 00 01

**EEUU**  
**Ingeteam Inc**  
3550 W. Canal Street  
MILWAUKEE, WI 53208 - USA  
(+1) 414 934 4100

**México**  
**Ingeteam S.A. de C.V.**  
Ave. Revolución, 643, Local 9  
Colonia Jardín Español  
Monterrey, N.L. 64820 - MÉXICO  
(+52) 81 83 11 48 58m

**Panamá**  
**Panamá S.A.**  
alle Manuel Espinosa Batista, edificio  
Torre Internacional Business Center,  
Apto./Local 407  
Urbanización Bella Vista-Corregimiento  
Bella Vista  
Distrito de Panamá  
Provincia de Panamá



**China**  
**Ingeteam Shanghai Co. Ltd.**  
 Shanghai Trade Square, 1105  
 188 Si Ping Road  
 200086 Shanghai - P.R. CHINA  
 (+55) 21 65 07 76 36

**Brasil**  
**Ingeteam Ltda.**  
 Rua Luiz Carlos Brunello, 286  
 Chácara Sao Bento 13278-074  
 Valinhos SP - BRASIL  
 (+55) 19 30 37 37 73

**Uruguay**  
**Ingeteam Uruguay S.A**  
 World Trade Center,  
 Torre III, Piso 4  
 11300 Montevideo - URUGUAY

**Chile**  
**Ingeteam SpA**  
 Bandera 883, Piso 211  
 8340743 Santiago CHILE  
 (+56) 2 738 01 44

**Tailandia**  
**Ingeteam Power Technology S.A.**  
 100/67 Vongcanij bldf. B, 22nd floor Rama IX  
 Rd Haykwang  
 (+66) 224 61798

**Filipinas**  
**Ingeteam Philippines Inc.**  
 Unit 330, Milelong Building,  
 Amorsolo street corner Rufino  
 Makati City - PHILIPPINES  
 (+63) 02 3176677

**India**  
**Ingeteam Power Technology India Pvt. Ltd.**  
 2nd Floor, 431, Udyog Vihar, Phase III  
 GURGAON - 122016  
 Haryana - INDIA  
 (+91) 124-426-4360

**Australia**  
**Ingeteam Australia (Pty) Ltd**  
 Suite 112, Level 1, Mike Codd  
 Building 232  
 Innovation Campus, Squires Way  
 North Wollongong  
 NSW 2500 - AUSTRALIA

**Sudáfrica**  
**Ingeteam (Pty) Ltd**  
 Unit no2 Alphen Park,  
 Aouth Randjiespark  
 1682 Midrand - SOUTH AFRICA  
 (+27) 79 610 9952

# *Ingeteam*