

TEFLES

TECHNOLOGIES AND SCENARIOS FOR LOW EMISSIONS SHIPPING

3 *Technologies
& Strategies*

in

3 *Scenarios*

*Aiming at
Zero Emissions Shipping*

SEMINARIO: PROYECTO, HERRAMIENTAS Y TECNOLOGÍAS

30 ENERO 2014

Vigo

Aitor Juandó



TEFLES is funded by the European Union within
FP7-THEME 7 - Transport (including aeronautics)

Grant Agreement Number: 266126



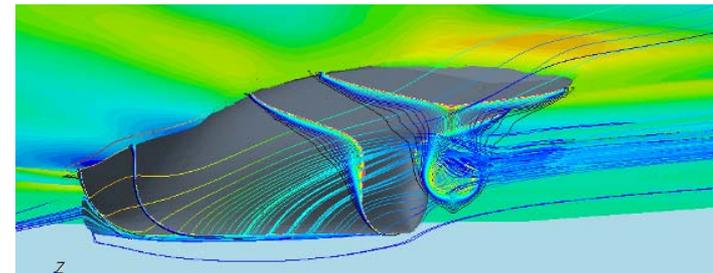
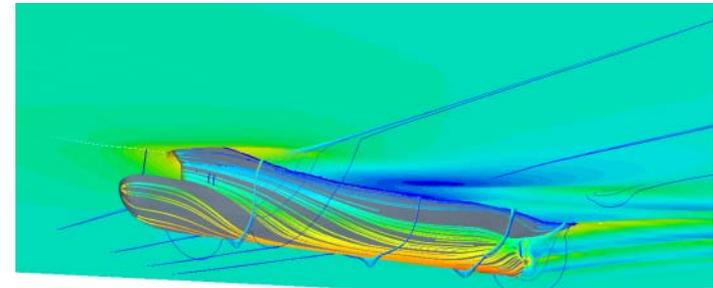
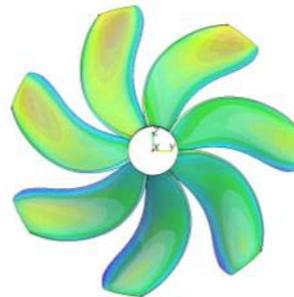
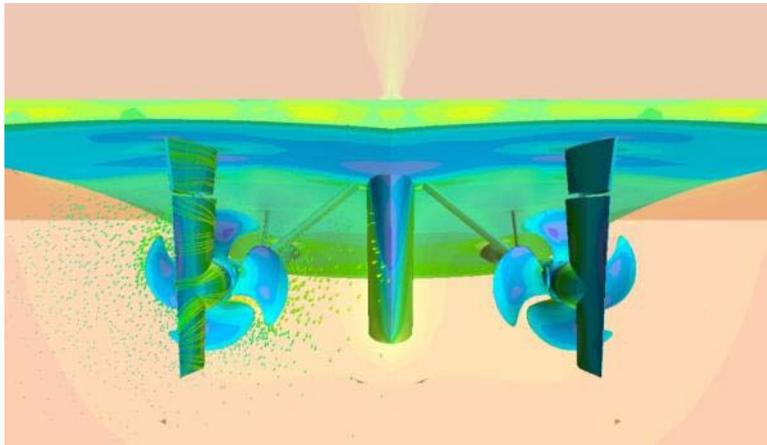
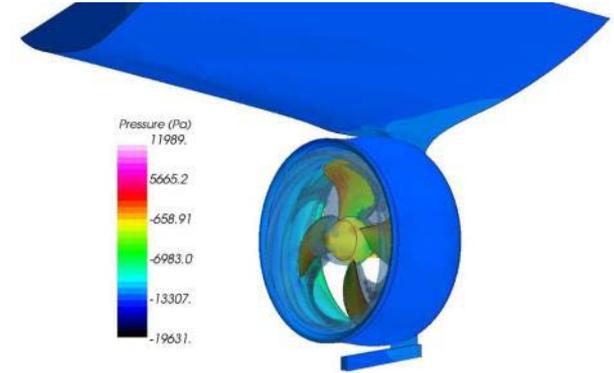
Empresa

- Situada en una importante zona de larga tradición naval
- Tecnológica e innovadora
- Sectores: Industria, Naval y renovables
- Activa en i+D. 7FP



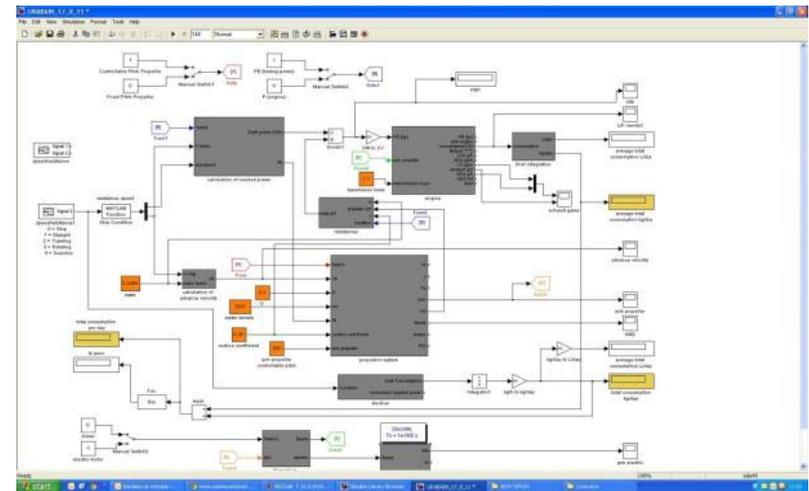
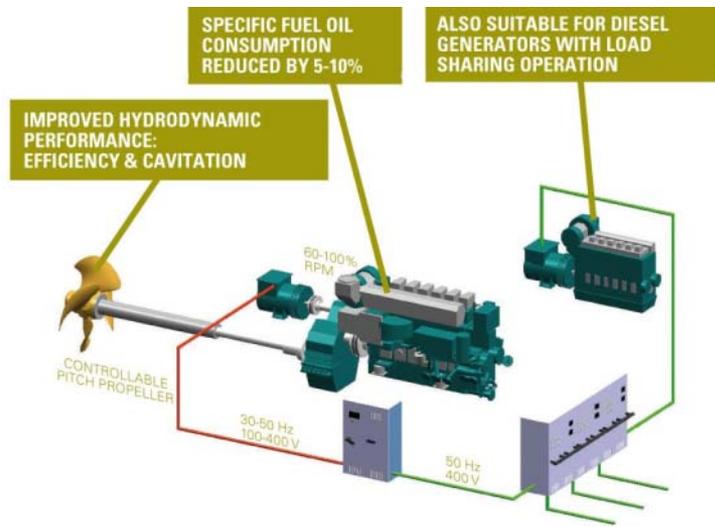
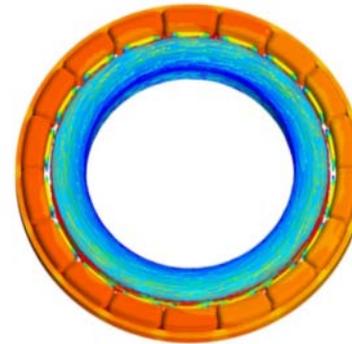
Empresa/Hidrodinámica

- Resistencia
- Auto propulsión
- Cálculo de estelas
- Seakeeping
- Líneas de corriente
- Apéndices
- Bulbos
- Timones y hélices



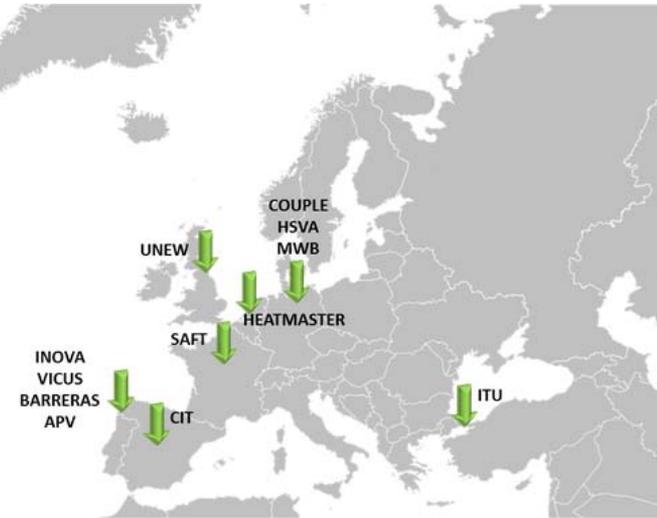
Empresa/Diseño

- Generación a velocidad variable: SHYMGEN
- PMSM para propulsión y generación
- Simulador para determinar la eficiencia del buque y sus posible configuraciones



Consortorio

- 12 Empresas
- 6 Países de la zona Euro



Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

Objetivos

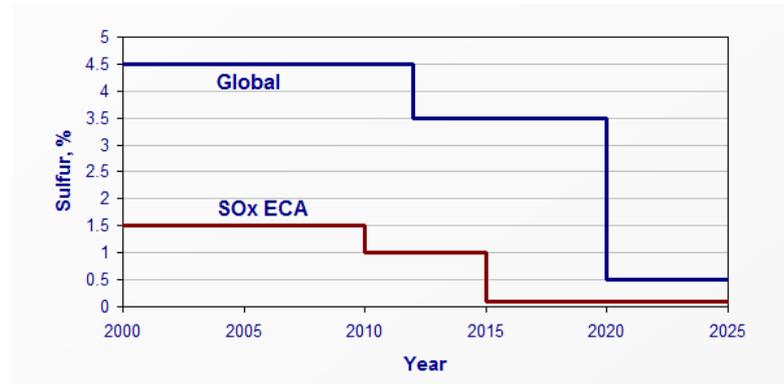
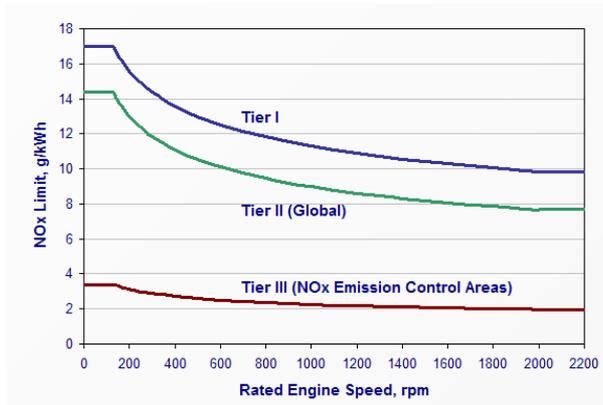
- Desarrollo de un sistema de limpieza DeSOx y DeNOx 
- Evaluación de distintas tecnologías para la reducción de emisiones 
 - Tecnologías relacionadas con la hidrodinámica del buque
 - Tecnologías relacionadas con la propulsión
 - Tecnologías híbridas
 - Tecnologías de after treatment
 - Recuperación de calor
 - Tecnologías relacionadas con la planta auxiliar
- Evaluación con métodos simplificados 
- Desarrollo de un modelo global del buque para evaluar cualquier configuración 
- Validación del modelo 
- Evaluación de combinación de tecnologías 

Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

Reglamentación

- **Quién la establece?**
 - IMO y UE (Siguiendo IMO)
- **Qué emisiones se controlan?**
 - Normativa europea. SOx y PM
 - Normativa IMO. CO2, NOx, SOx y PM (por extensión)



Reglamentación

- **Cómo se regulan?**
 - CO2 por medio del EEDI y EEOI
 - SOx. Límites anuales, globales y por zonas
 - NOx. Límites anuales, por rpm
- **Dónde se regula?**
 - Globalmente
 - Zonas ECAs y SECAs
- **Nuevos límites actualizados**
 - En mayo 2013. NOx tier III se pospone a 2021

Reglamentación

Los límites de emisiones CO2 aplican para buques de 400 GT y superiores

- EEDI (Energy Efficiency Design Index), que aplica a nuevas construcciones
- Sólo tiene en cuenta las rutas. No hay una definición para todo tipo de buques
- EEOI (Energy Efficiency Operational Index) , que aplica a buque existentes

Reglamentación en puerto

Puertos europeos

- Directiva Europea 2005/33/EC (modificando la 1999/32/EC)

Desde el 1 de Enero de 2010, los buques atracados en puertos europeos no están autorizados a utilizar combustibles con contenidos en azufre superiores a 0.1% en masa independientemente de la bandera o GTs

- Directiva europea 2005/33/EC modificada por 2012/33/EU
- En el futuro, se seguirán las directrices de la normativa de IMO



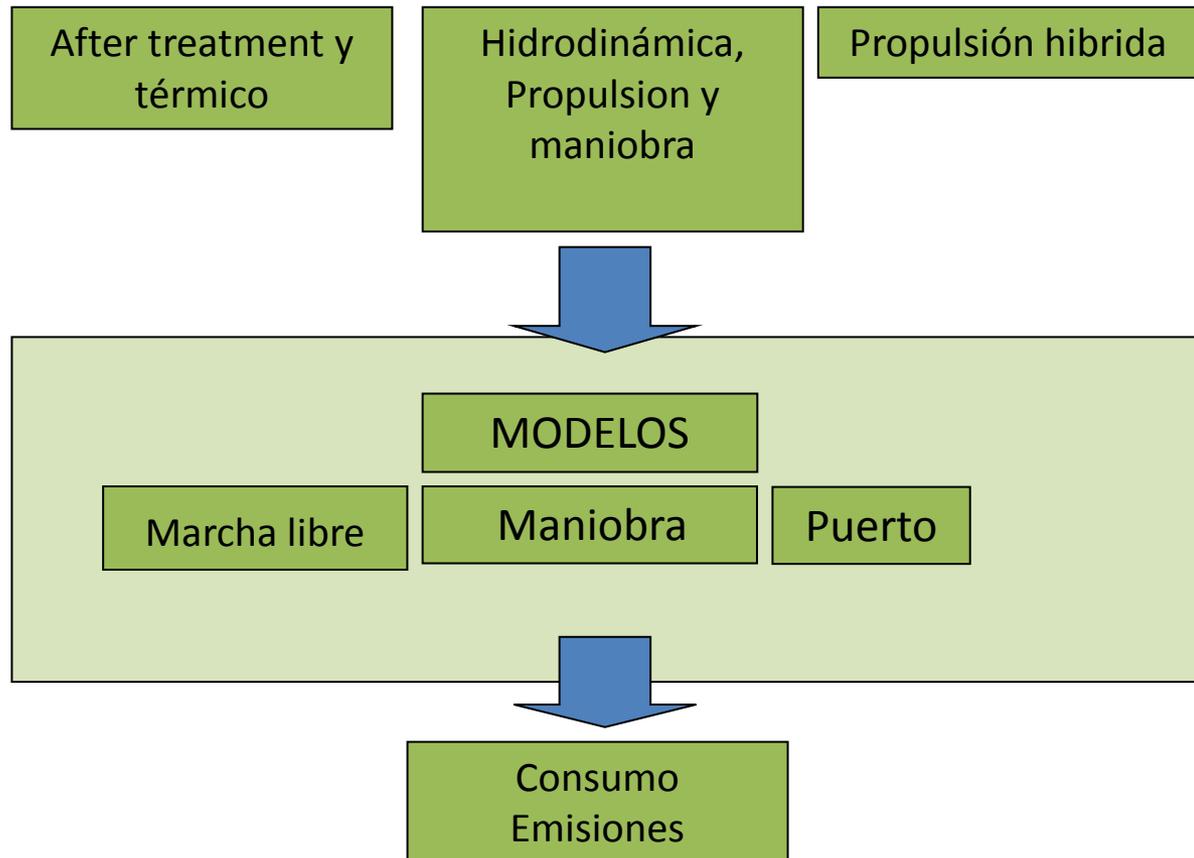
Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

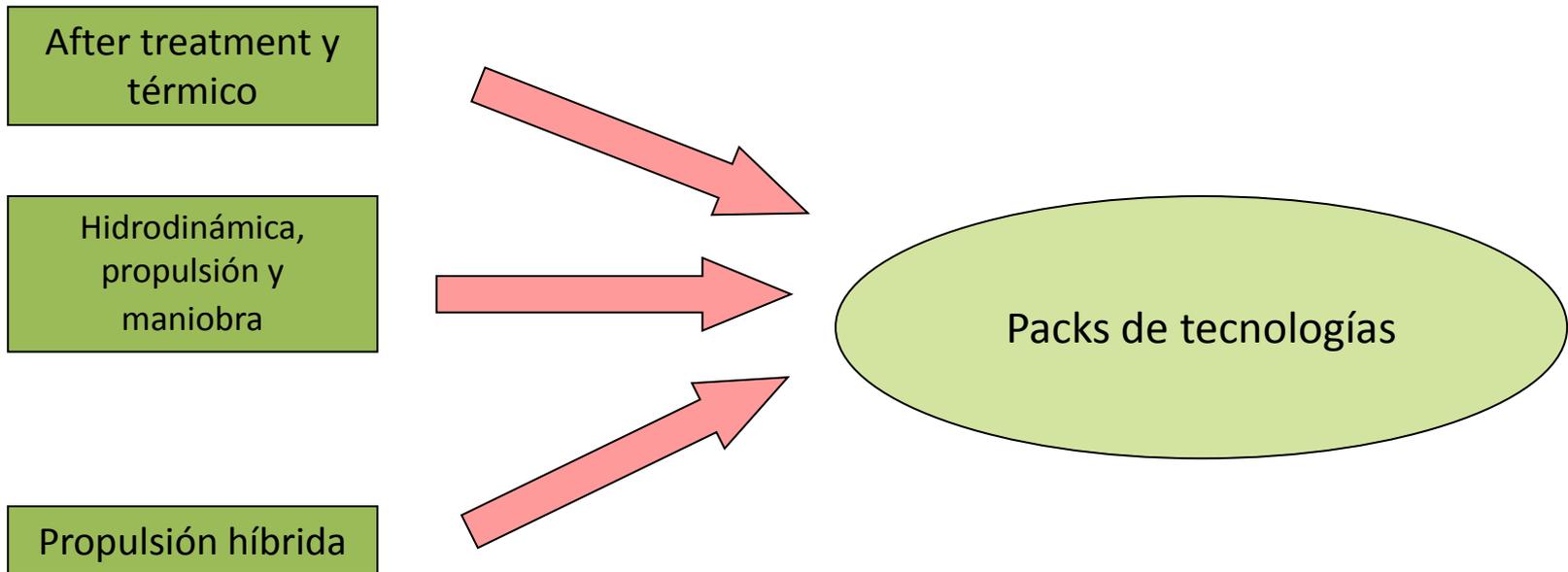
Arquitectura del proyecto



Arquitectura/metodología



Arquitectura/metodología



Arquitectura/metodología



Arquitectura

Una vez definida la metodología, lo que necesitamos es...

- Un buque caso
- Una herramienta para evaluar las tecnologías
- Las tecnologías a evaluar
- Y un criterio para combinarlas

Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

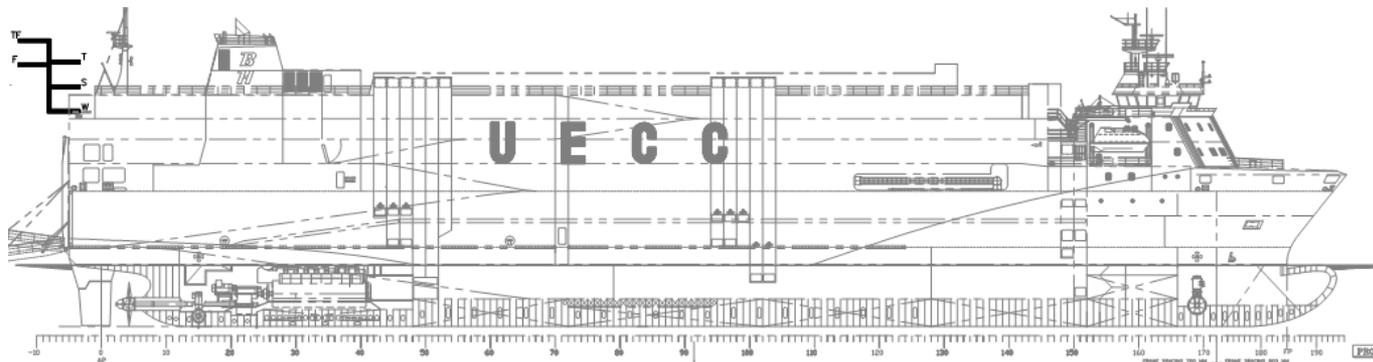
Buque Caso

- RoRos operando Vigo-St Nazaire
 - FPP
 - CPP



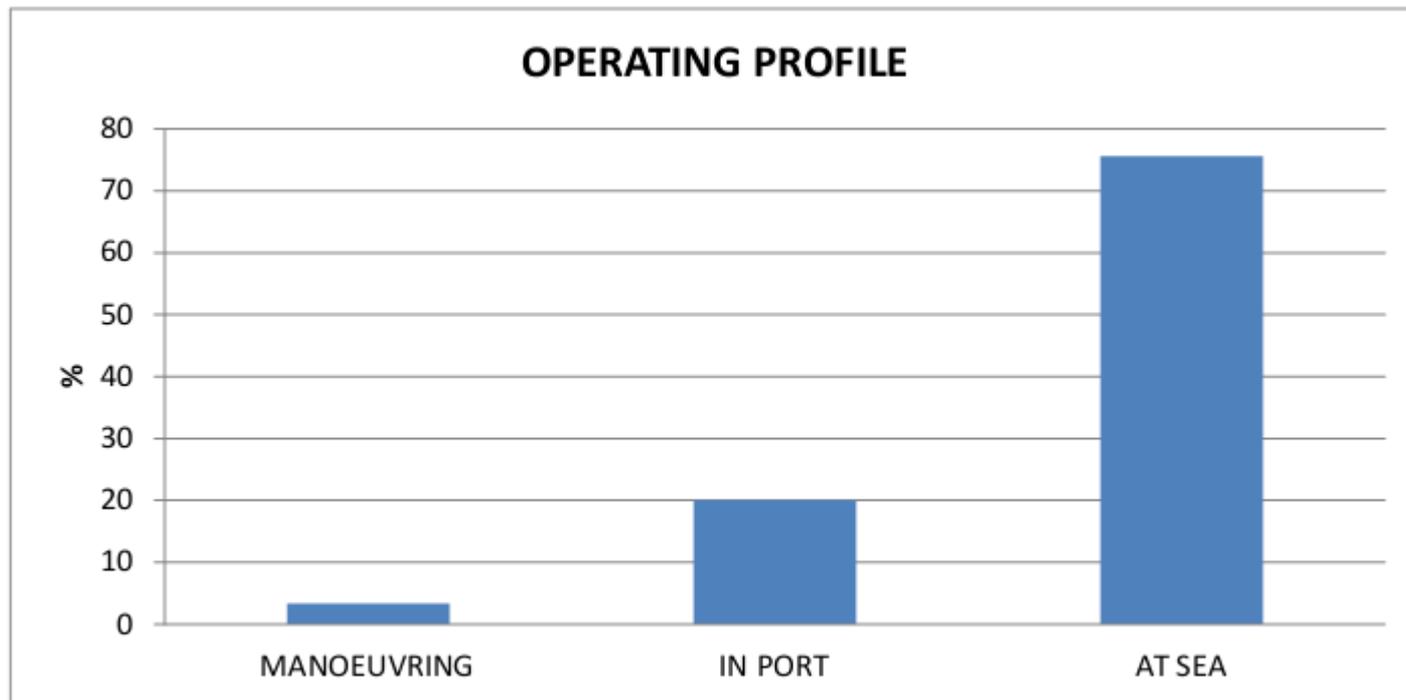
Buque Caso

- RoRo
 - Características principales
 - $L_{pp}=128$ m
 - $B=22.65$ m
 - Calado de diseño= 7.07 m
 - Velocidad de diseño= 20.37 kn
 - Potencia instalada= 14480 kW at 500 rpm
 - CPP con generador de cola
 - 2 grupos auxiliares de 750 kW a 1500 rpm



Buque Caso

- RoRos
 - Perfil operacional



Buque caso

- RoRo
 - Potencia al eje (Par y rpm)
 - Consumo motor principal
 - Velocidad (GPS)
 - Señal de timón (0-10V signal)
 - Paso (4-20mA signal)
 - Condición de carga (marcas de calado)
 - Consumo grupos auxiliares
 - Demanda en generador de cola (PTO)
 - Demanda de los consumidores
 - Emisiones
 - Perfil operacional

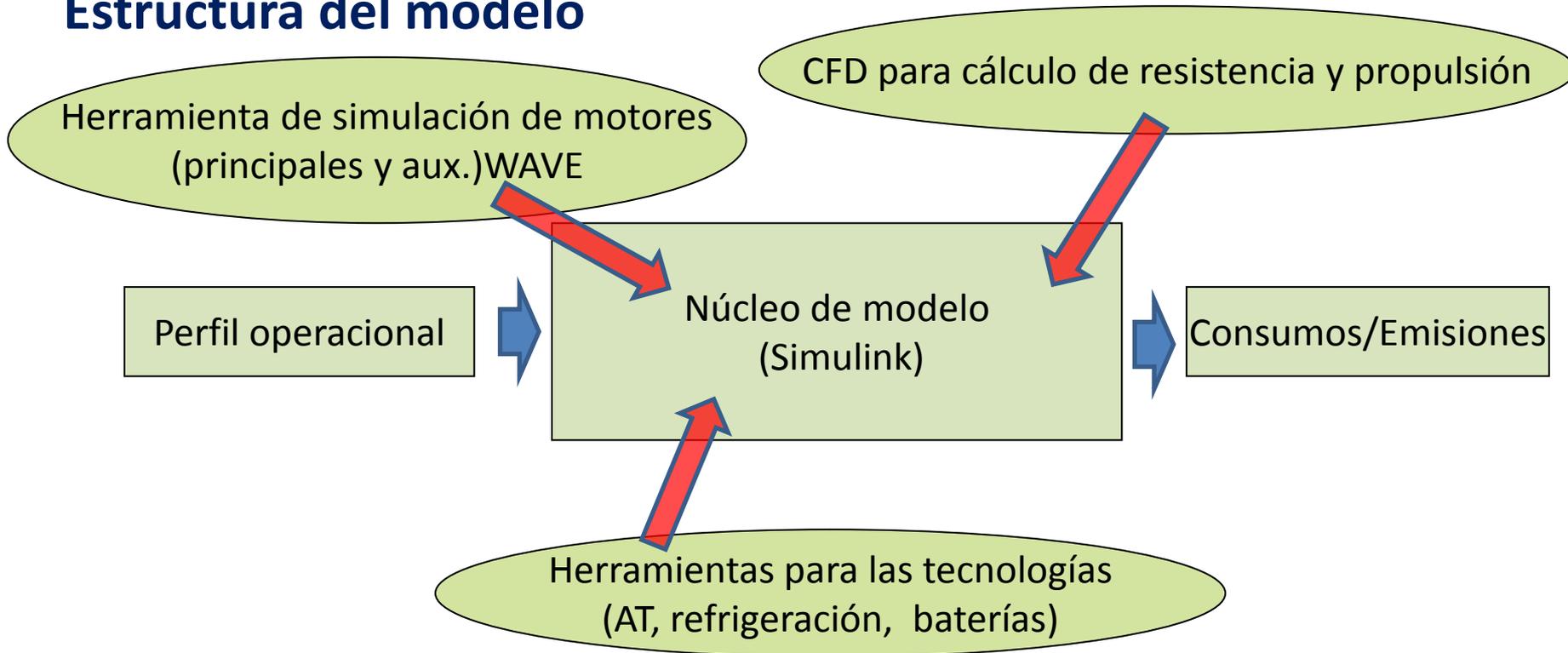


Visión general

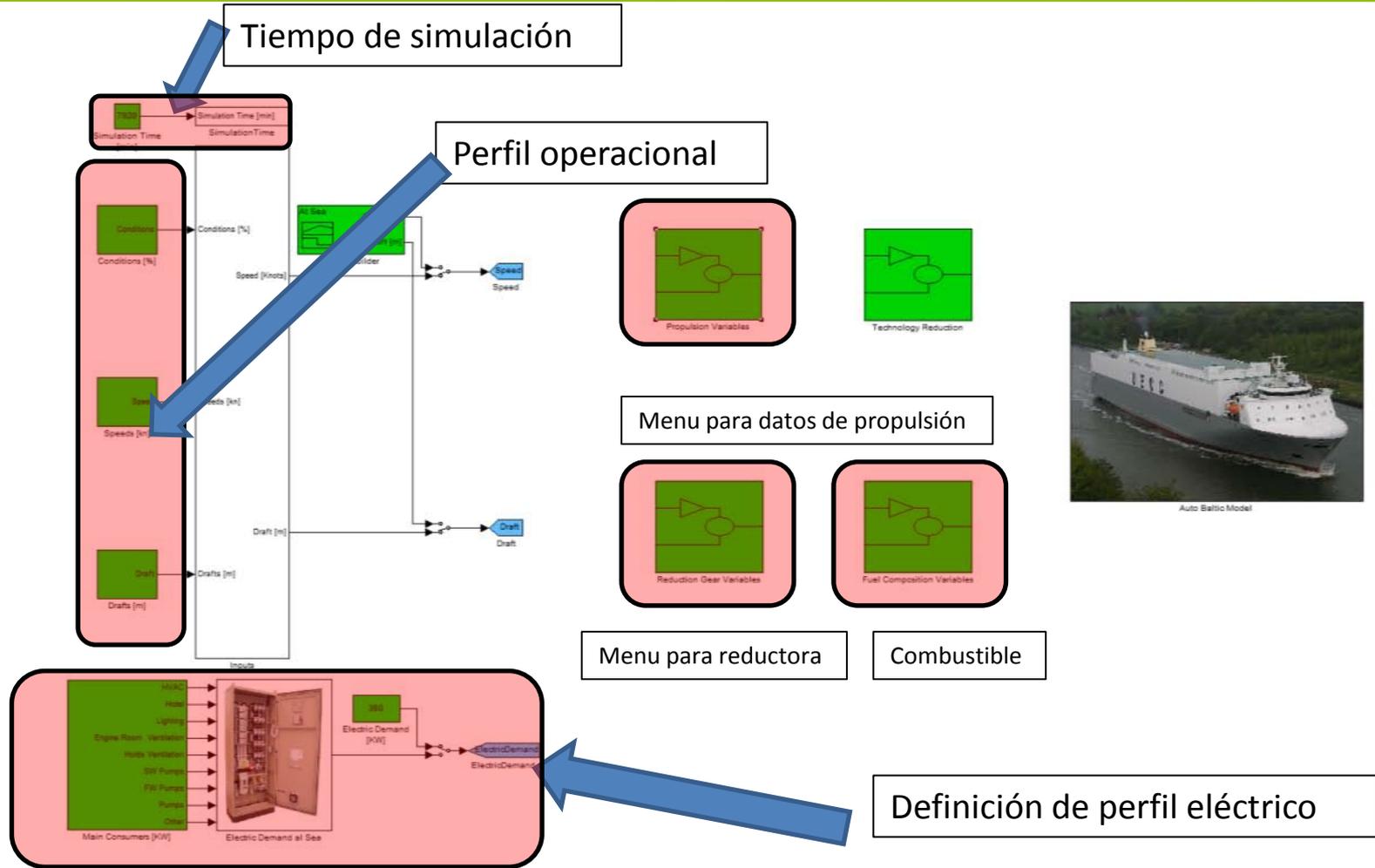
- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

Modelo Buque (M.libre)

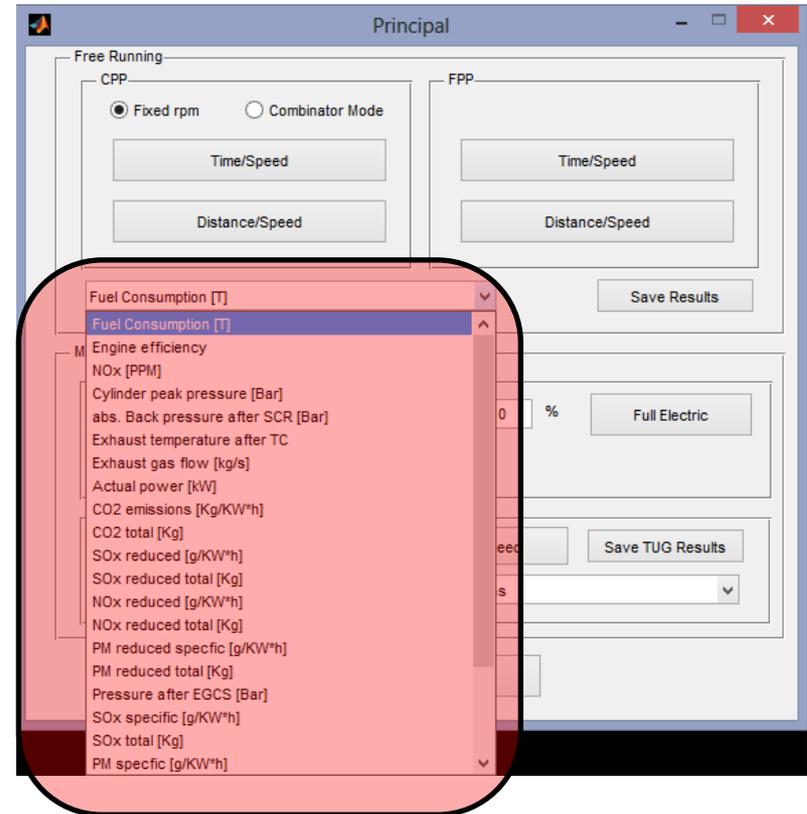
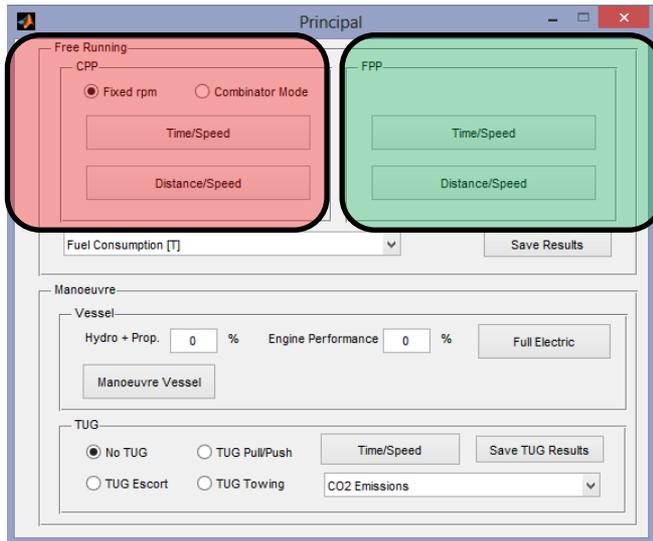
Estructura del modelo



Modelo Buque (M.libre)



Modelo Buque (M.libre)



Modelo Buque (M.libre)

FixedShip3

OPERATIONAL PROFILE

Total time min

Condition 1 % Speed 1 Knots Draft 1 m

Condition 2 % Speed 2 Knots Draft 2 m

Condition 3 % Speed 3 Knots Draft 3 m

Condition 4 % Speed 4 Knots Draft 4 m

Main Consumers

Variables

Propulsion

Propeller Diameter [m]

Engine [rpm]

Shaft Lines

Main Engines Number

Shaft Generator Power

Reduction Gear

Reduction Gear Efficiency

Rotative Relative Efficiency

Reduction Gear Ratio

PTO Gear Efficiency

Fuel Composition

Sulfur content [%]

Water content [%]

Technology Reduction

EGCS

Resistance (Bulbous bow, trim optimisation, hull form modification, paints, surface patterns, air lubrication, super structure optimisation, stern wedges, hull cleaning and weather routing) %

Auxiliary Plant (Consumers KWe reduction) %

Propulsion (Propeller-Rudder and propeller cleaning) %

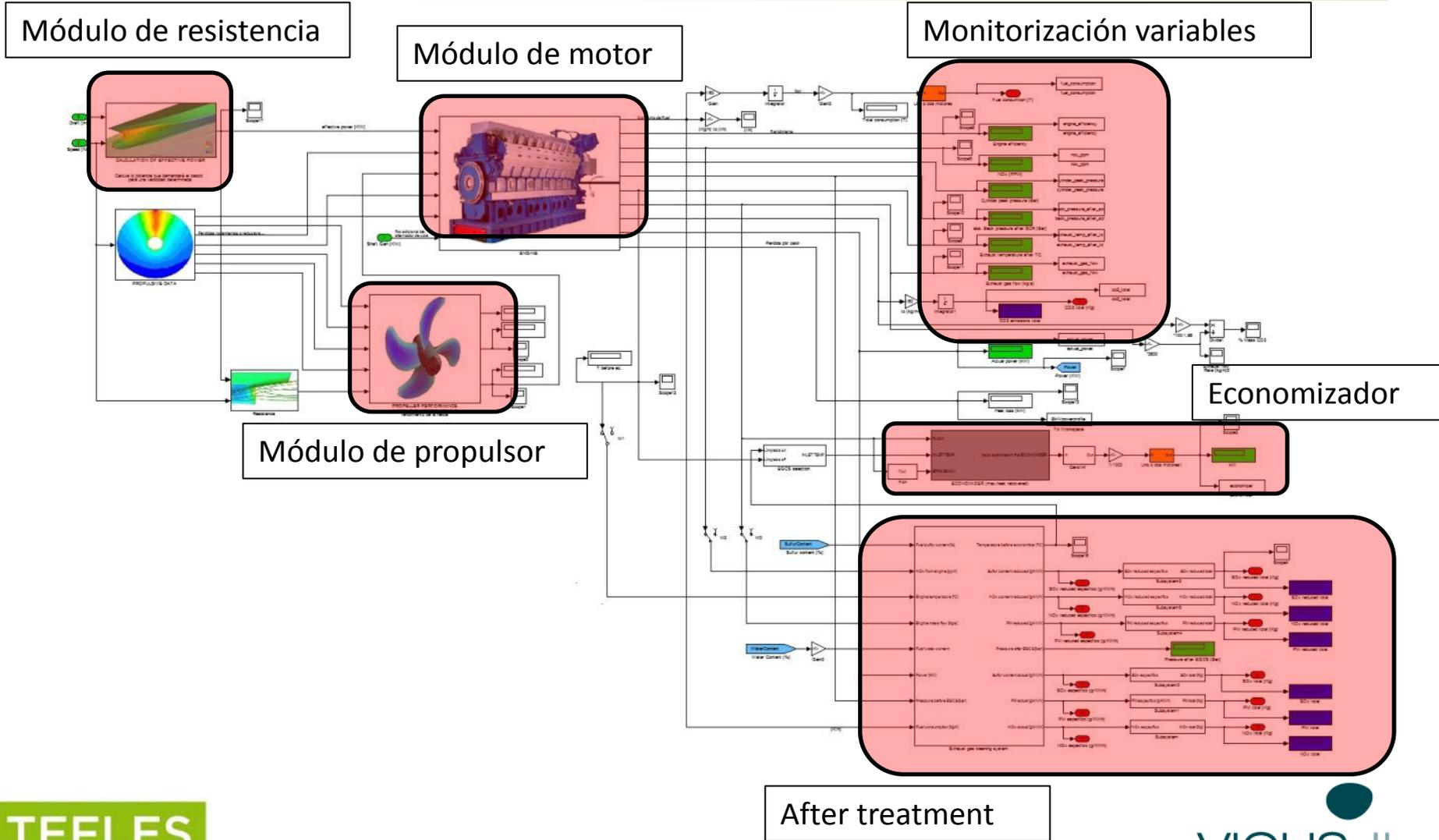
Engine Performance %

Clear All

Ok

Cancel

Modelo Buque (M.libre)



Modelo Buque (M.libre)

CAPACIDADES DEL MODELO

- Permite simular la operación del buque en cualquier condición, ruta/s, durante el tiempo deseado
- Permite simular cualquier tipo de planta propulsora y auxiliar
- Posibilidad de incluir la dinámica del buque en las simulaciones

Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

Tecnologías

AFTER TREATMENT Y TÉRMICO. Todas las tecnologías relacionada con el motor principal, consumidores principales y sistema de limpieza de gases de escape

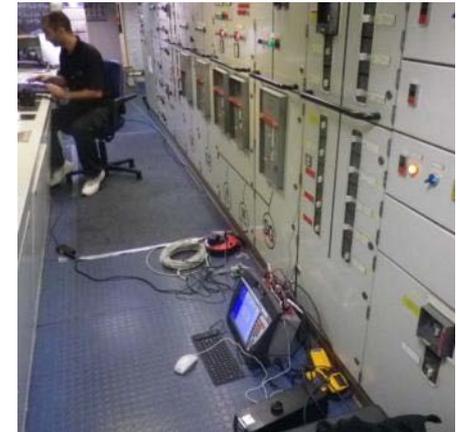
- After treatment. Dry scrubbing+ Compact SCR
- Recuperación de calor extra
- Optimización de la inyección
- Mando combinado
- Reducción de velocidad
- Sistema de refrigeración
- Y medidas operacionales
(Cambian carga del motor principal)



Tecnologías

PROPULSIÓN Y GENERACIÓN. Todas las tecnologías relacionadas con propulsión (de casco para adentro) y generación

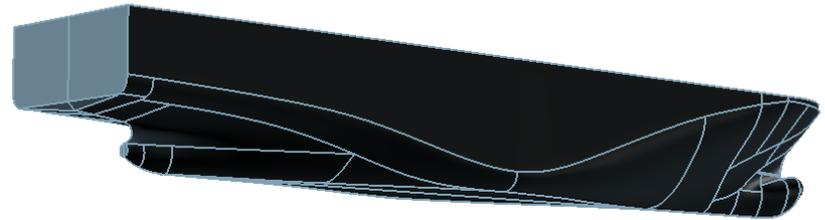
- Propulsión eléctrica para maniobra con motores de imanes permanentes y convertidores bidireccionales (para propulsión y generación)
- Alimentación por medio de Baterías y/o grupos auxiliares



Tecnologías

HIDRDINÁMICA Y PROPULSIÓN. Todas las tecnologías relacionadas con la formación de olas y resistencia friccional, rendimiento del propulsor y mejora de la maniobra

- Bulbo de proa
- Asistente de trimados
- Stern wedges
- Timón adaptado a la estela
- Pinturas
- Mejoras aerodinámicas



Tecnologías-Nomenclatura

AFTER TREATMENT Y TÉRMICO



PROPULSIÓN Y GENERACIÓN



HIDRDINÁMICA Y PROPULSIÓN



NUEVA CONSTRUCCIÓN O RETROFIT



Tecnologías



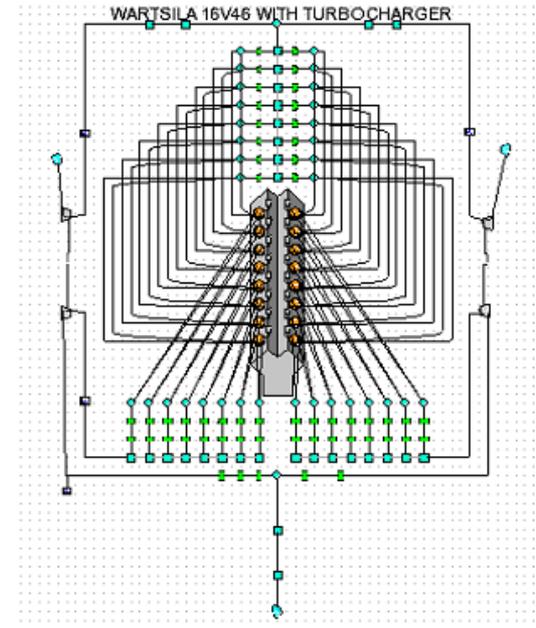
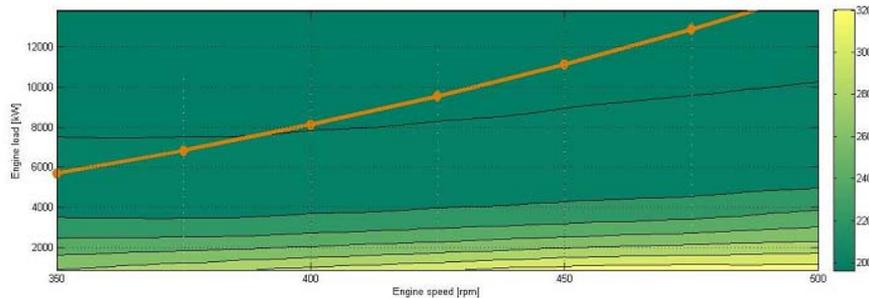
NB

RF

Ajuste inyección

Metodología:
WAVE+SIMULINK

Resultados:
En el buque caso, 1% Reducción



Tecnologías



NB

RF

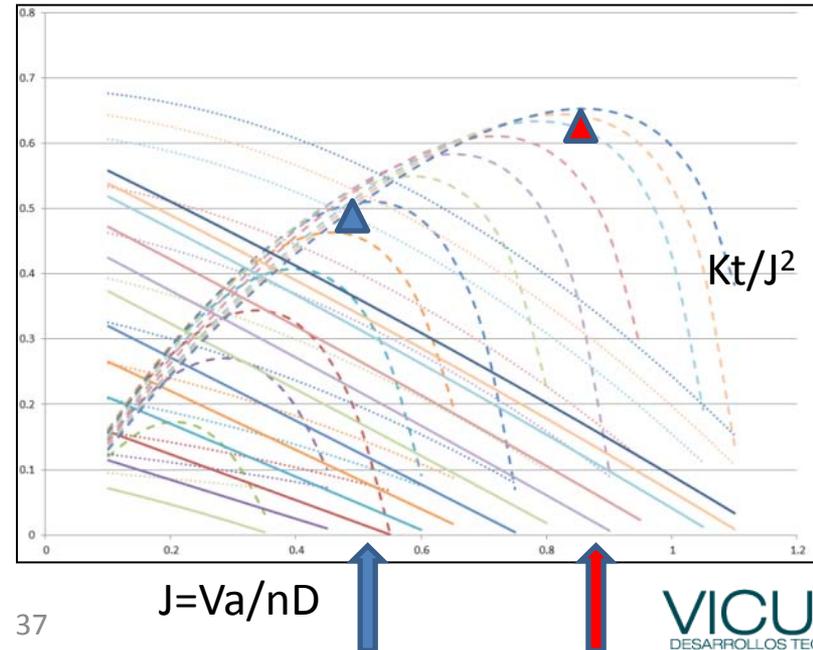
Mando combinado

Metodología

CFD+SIMULINK

Resultados:

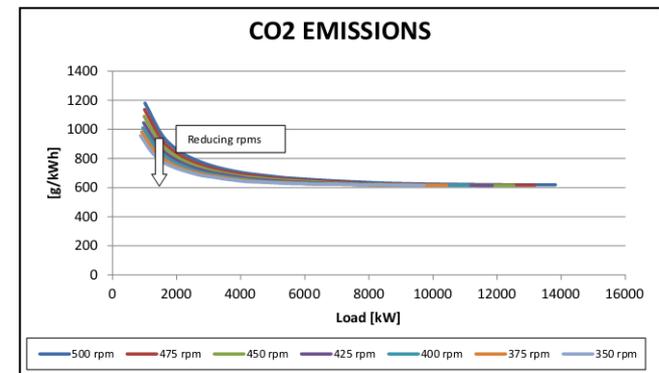
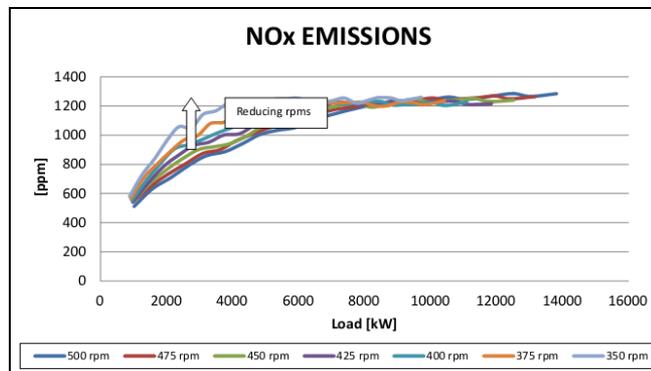
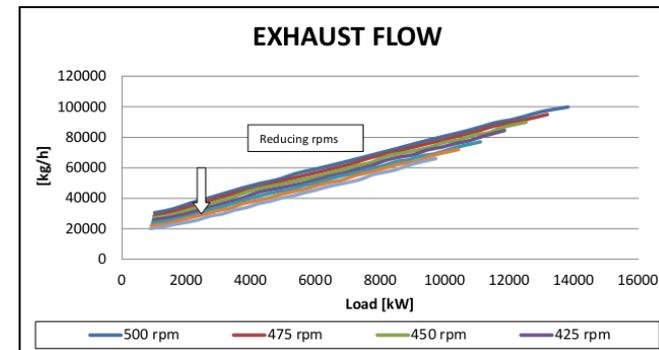
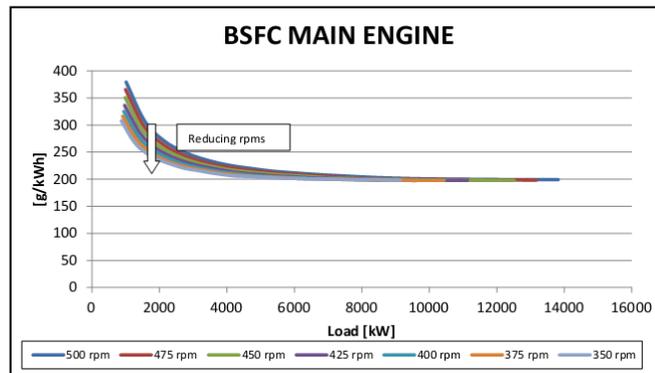
Ahorros hasta 8%



Tecnologías



- Mando combinado
 - Efectos en el principal



Tecnologías



Mando Combinado

- BSFC se reduce ligeramente pero la mejora real proviene del rendimiento del propulsor
- Las emisiones de CO₂ se reducen
- Las emisiones de NO_x sólo se reducen ligeramente
- La recuperación de calor es menor que en otros casos

Tecnologías

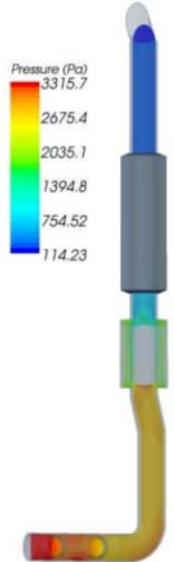
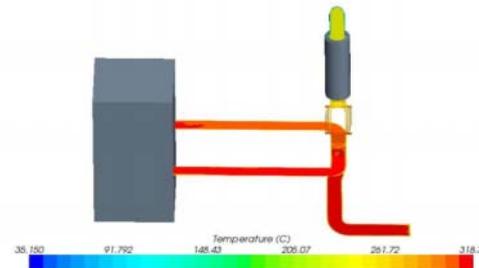


NB

RF

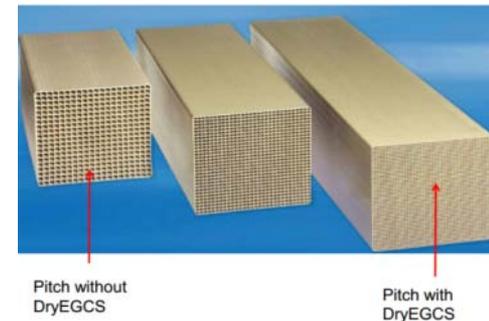
After treatment. Dry scrubbing+ SCR compacto

Metodología:
CS design+CFD analysis+Simulink



Resultados: Reducción de Emisiones

- NOx (90%)
- SOx (97%)
- PM (90%)
- Aumento de consumo de combustible por debajo del 1%



Tecnologías



After treatment. Dry scrubbing+ SCR
compacto

- Ventajas adicionales
 - Recuperación de calor extra: 46%
- Desventajas
 - Qué hacer con el calor?

Tecnologías



NB

RF

Reducción de velocidad (1kn)

Metodología:

SIMULINK

Resultados:

- Hasta 5% en consumo y emisiones

Tecnologías



NB

RF

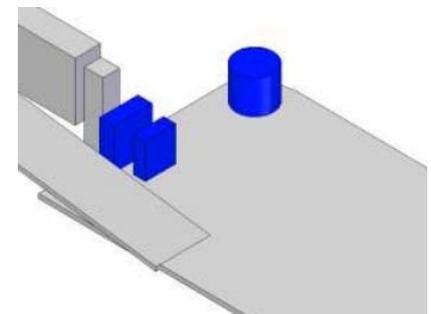
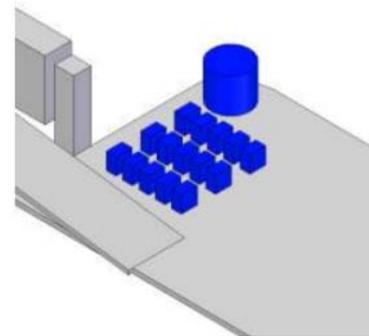
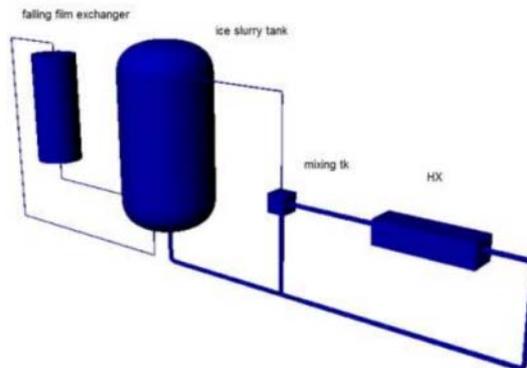
Sistema de refrigeración

Metodología:

Diseño de sistema+CFD+SIMULINK

Resultados:

0.8% Reducción de emisiones en puerto



Tecnologías



NB

Bombas FW y SW y ventil.(De acuerdo a ISO8861)

RF

Metodología:

SIMULINK

Resultados:

- Hasta 0.4% en Consumo y emisiones

NB

Hélice de Maniobra (CPP a Rpm variables con CPP/FPP)

RF

Metodología:

SIMULINK

Resultados:

- No se observan ahorros

Tecnologías



NB

RF

Hibridación

- Baterías alimentando a:
 - Consumidores auxiliares en puerto
 - Propulsion
- Grupos para alimentar a la propulsión



Tecnologías



Metodología

Se analiza la demanda de potencia

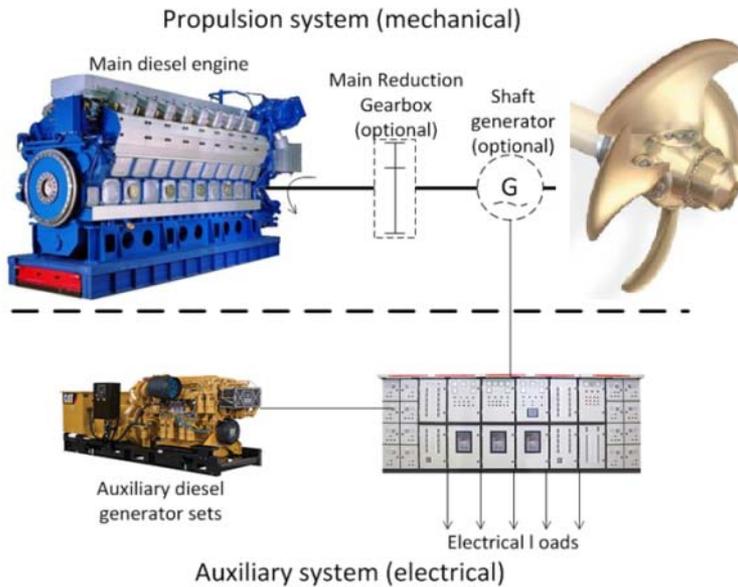
Se dimensionan las nuevas fuentes

SIMULINK

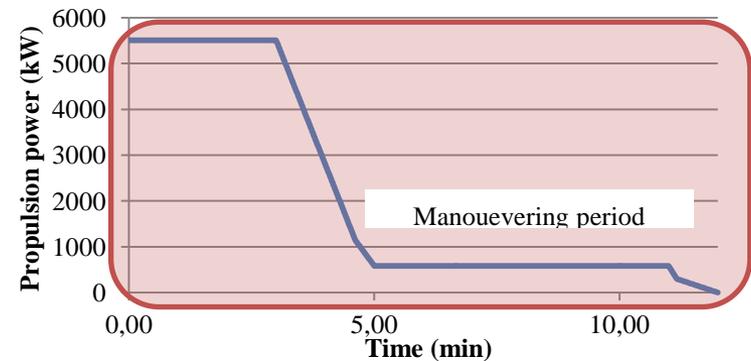
Tecnologías



PLANTA



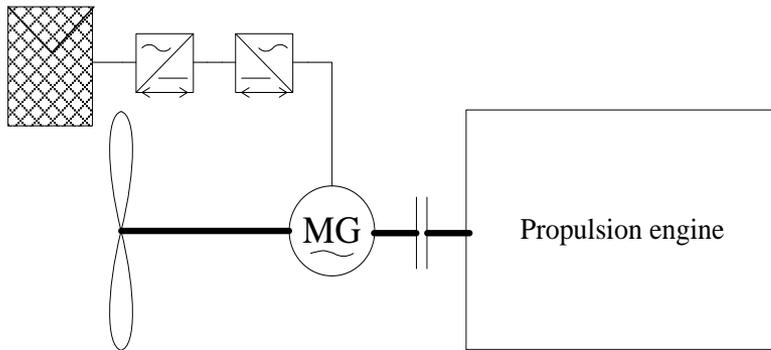
OPERACIÓN



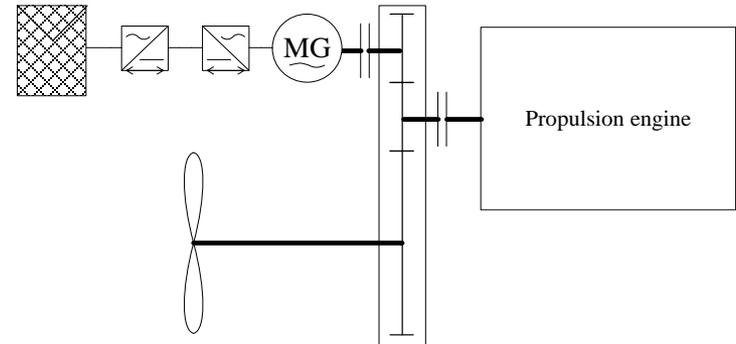
Tecnologías



Configuraciones

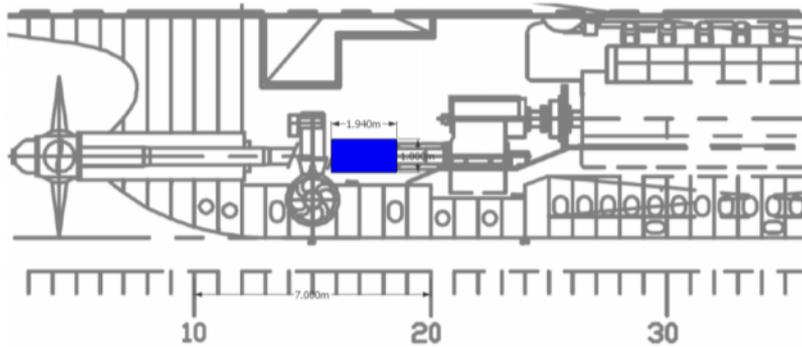


Direct drive

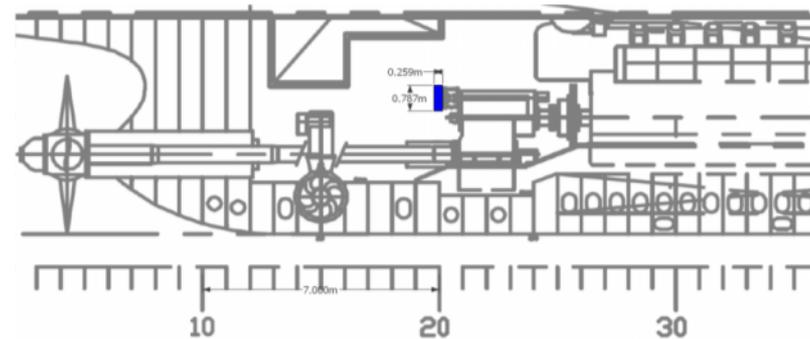


Geared drive with MRG

Technologies studied-Hybrid



**A) Direct drive, 893kW@173rpm
(approx)**



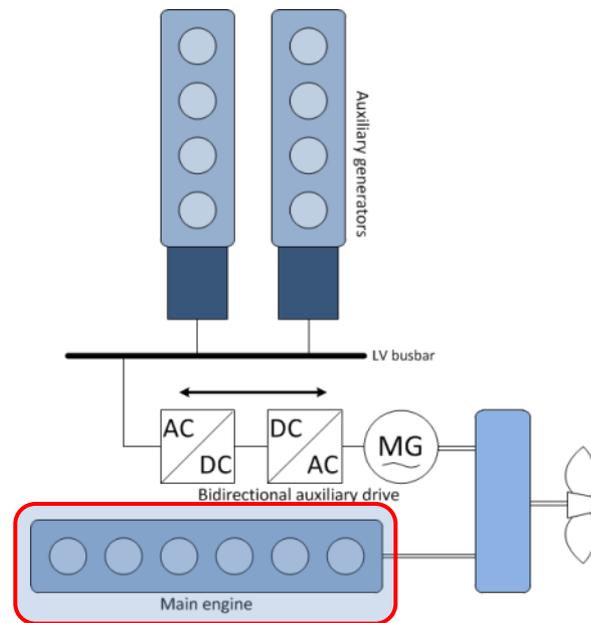
B) High speed side + PTO, 1000 kW@1490rpm

Tecnologías



- Fuente de energía: Grupos auxiliares

Generación con grupos para suministrar energía a un convertidor bidireccional



Tecnologías



- RoRos con CPP demandan una elevada potencia. Hay que ir a una solución de Mando combinado
- Reducir las rpm cambia el grado de avance del propulsor y se mejora el rendimiento

Ship speed [kn]	Brake power demanded @500 rpm [kW]	Brake power demanded @350rpm [kW]
0	2190	751
7	2700	1085
10	2980	1676

- Si se usan grupos el ahorro es elevado por dos motivos, BSFC mejor y una demanda de potencia menor
- La mejor opción siempre y cuando la carga de baterías se produzca en puerto y el resto del generador de cola
- La reducción de emisiones de SOx se debe en gran medida al uso de MGO

Tecnologías

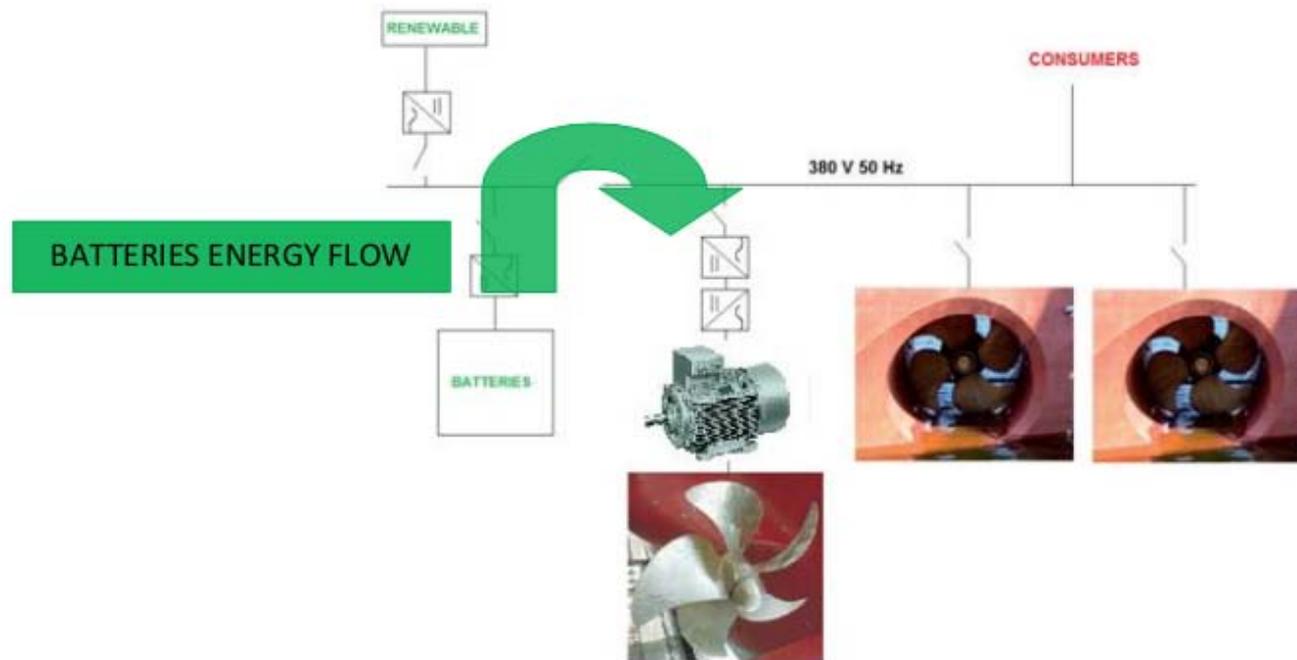


	Current estimate	Machine A		Machine B		Machine C	
Fuel consumption (kg)	28.15	15.12	-46.29%	15.15	-46.18%	15.33	-45.54%
Fuel cost (€)	14.41	10.90	-24.37%	10.92	-24.23%	11.05	-23.33%
CO ₂ emission (kg)	89.63	48.07	-46.37%	48.18	-46.25%	48.73	-45.63%
NO _x emission (g)	1.35	0.76	-43.62%	0.76	-43.50%	0.77	-42.85%
SO _x emission (kg)	1.53	0.08	-94.98%	0.08	-94.97%	0.08	-94.92%

Tecnologías



- Red de distribución con baterías



Tecnologías



• Baterías

SAVINGS-POSITIVE
NO SENSE
FEASIBLE BUT NO SAVINGS
REDUNDANT CASE

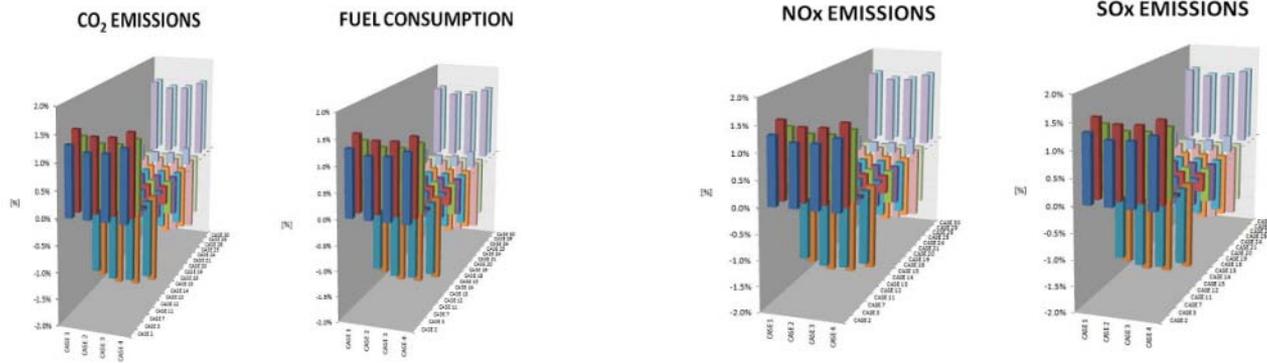
	Propulsion	TT	Aux. consumers (port)	Aux. consumers (man.)	Aux. consumers (at sea)	Battery charact.	Comments	Max charge power
1			X	-	-		8c€/kWh	kW
2		X(batt)	X (C.I.)					
3		X	X (C.I.)	X				
4		X	X (C.I.)	Y	X			
5		X	X (C.I.)	X	X			
6			X (C.I.)					
7			X (C.I.)	X				
8			X (C.I.)		X			
9								
10								
11								
12								X
13								X
14				X				-
15				X				X
16				X	X			-
17				X	X	X		-
18				X	X(CI)	X		-
19				X		X		-
20				X	X			-
21				X	X			X
26				X	X			X
27				X	X			X
28				X	X			X
29				X		X		X
30				X	X	X(CI)		X

Case	Description	Max charge power (kW)	Additional Power (kW)	Additional Energy (kWh)							
12	charge of batteries at sea	7 500 kWh *	2054 kWh. 400 kW	0							
13	charge of batteries at sea	8 900kWh *	2662 kWh. 400 kW	0							
14	charge of batteries at sea	1330 kWh; M type	440 kWh. 5% 800 kW / 95% 200 kW	0							
15	charge of batteries at sea	2730 kWh ; M type	1048 kWh. 5% 1180 kW / 95% 580 kW	0							
16	charge of batteries at sea	8830 kWh *	2495 kWh. 13% 200 kW / 2% 800 kW / 85% 400 kW	0							
17	charge of batteries at sea	10230 kWh *	3100 kWh. 30% 600 kW / 65% 400 kW / 5% 1180 kW	0							
18	Batteries charged at sea and at port	1370kWh; Mtype	same as case 3, with recharge between each manœuvre.	182							
19	batteries at sea	7 900 kWh *	Case 12+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	0							
20	batteries at sea	1730 kWh; M type	Case 14+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	0							
21	batteries at sea	3130 kWh; M type	Case 15+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	0							
26	cold ironing+batteries	1960 kWh; M type	Case 3+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	261							
27	cold ironing+batteries	20 860 kWh*	Case 4+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	2315							
28	cold ironing+batteries	21 660 kWh *	Case 5+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	2421							
29	cold ironing+batteries	1200 kWh; M type	Case 7+160 kWh additionally for the electric motor at each port entrance	160							
30	batteries charged at sea and port	1565 kWh; M type	Case 18 + 160kWh additionally for the electric motor at each port entrance	209							

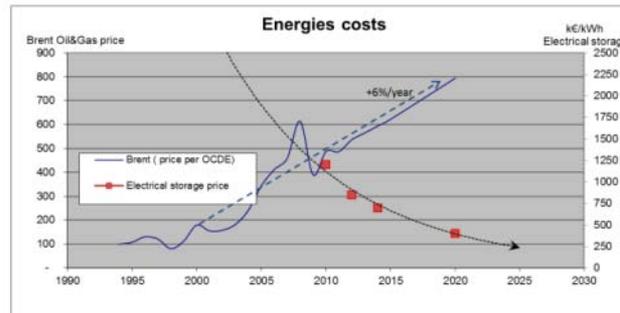
Tecnologías



- Resumen de los ahorros



- Su viabilidad depende del coste



Tecnologías

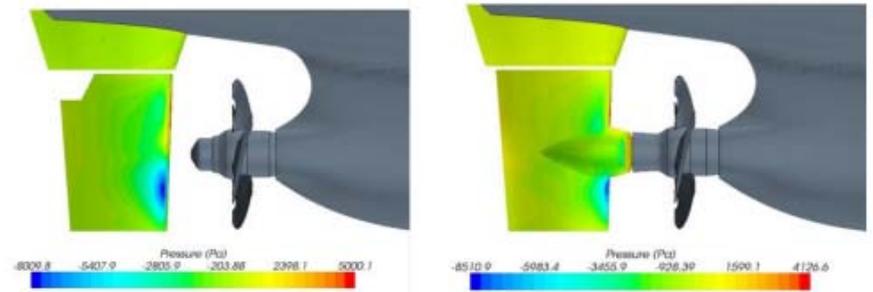


NB

RF

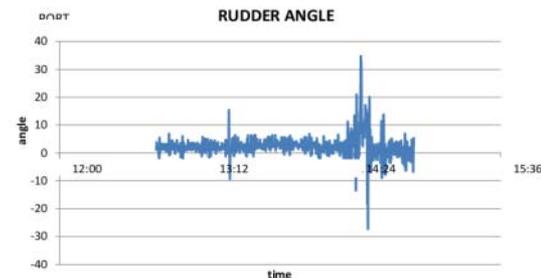
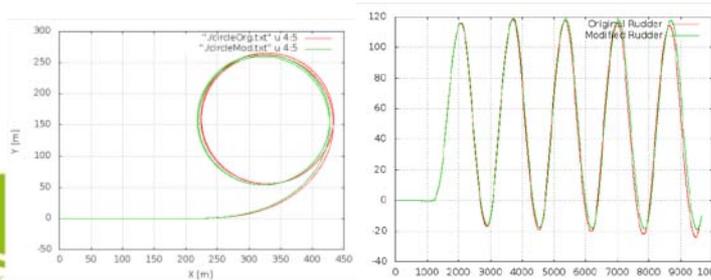
Timón adaptado

Metodología
CAD+CFD+SIMULINK



Resultados:

- 4.6% de ahorros en Consumo y emisiones en marcha libre con timón a la vía
- Maniobrando hay sólo ligeras diferencias



Tecnologías



- Medidas relacionadas con la reducción de resistencia viscosa

NB Nuevas pinturas

RF Metodología

- RESISTANCE CALCULATION+SIMULINK

$$C_{TS} = (1 + k)C_F + C_w + C_A + C_{AA}$$

Resultados

- Reducción de consumo y emisiones del 7%

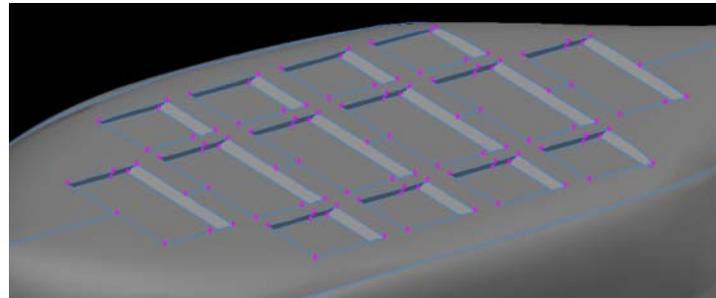
NB ACS (Air Cavity system)

Metodología

- CFD

Results

- Reducción de consumo y emisiones del 4.5%



Tecnologías



- Medidas relacionadas con la reducción de resistencia viscosa

NB

Surface patterns

Results

- Reducción de consumo y emisiones del 3.9%



Tecnologías



- Reducción de la componente por formación de olas

NB

RF

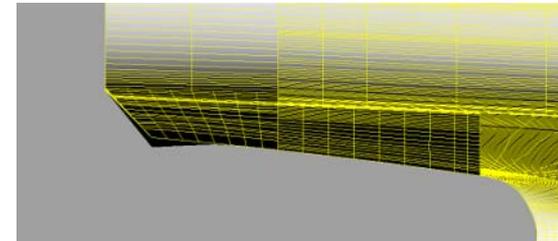
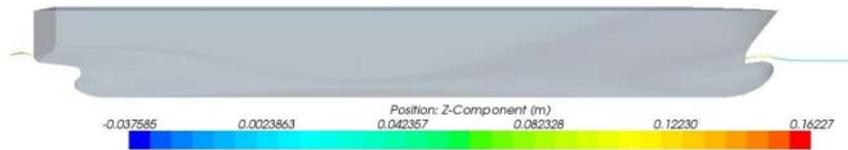
Bulbo de proa

Metodología

CFD+SIMULINK

Resultados

- Reducción de consumo y emisiones del 1%



NB

RF

Stern Wedges

Metodología

CFD+SIMULINK

Resultados

- Reducción de consumo y emisiones del 1%

Tecnologías



- Reducción de la componente por formación de olas

NB

RF

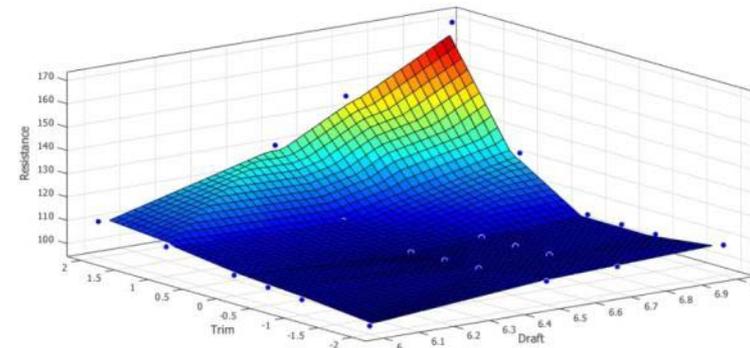
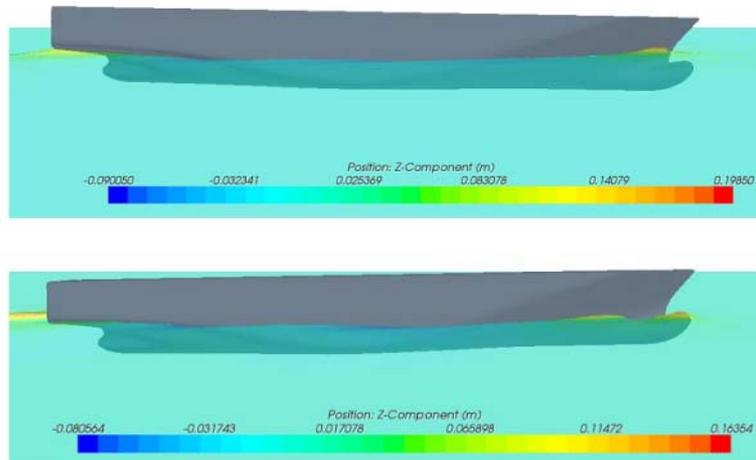
Optimización de trimado

Metodología

CFD+SIMULINK

Resultados

- Depende de la condición de trimado



Tecnologías



NB

RF

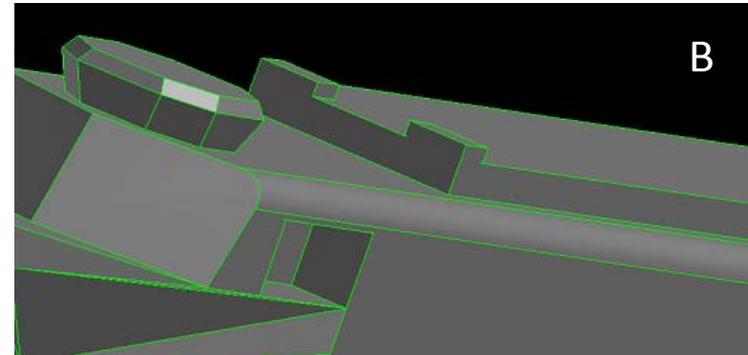
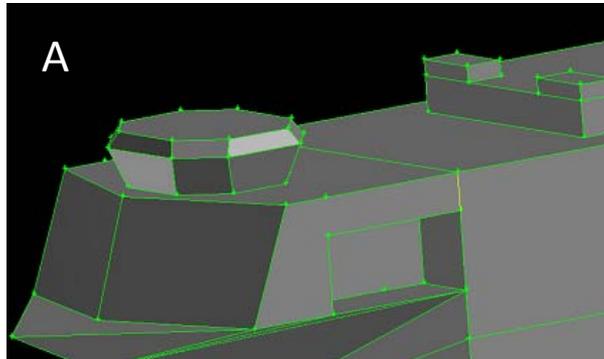
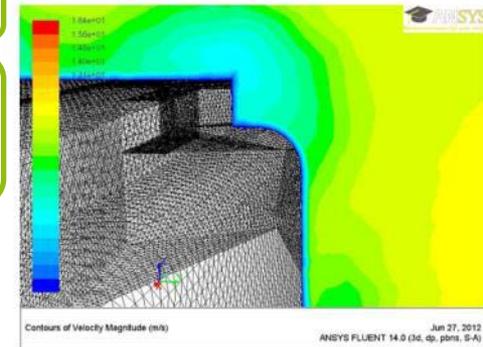
REDUCCIÓN DE LA RESISTENCIA AERODINÁMICA

Metodología

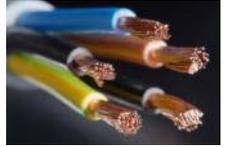
CFD+SIMULINK

Resultados

Reducción del 1.5% con la variante B



Tecnologías



Cold Ironing

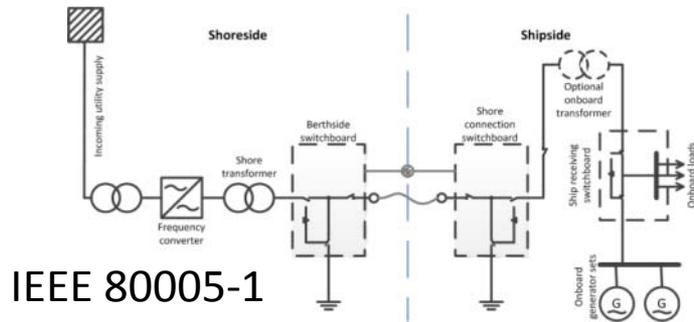
Metodología

- Diferentes topologías en puerto
- SIMULINK+algoritmo de optimización

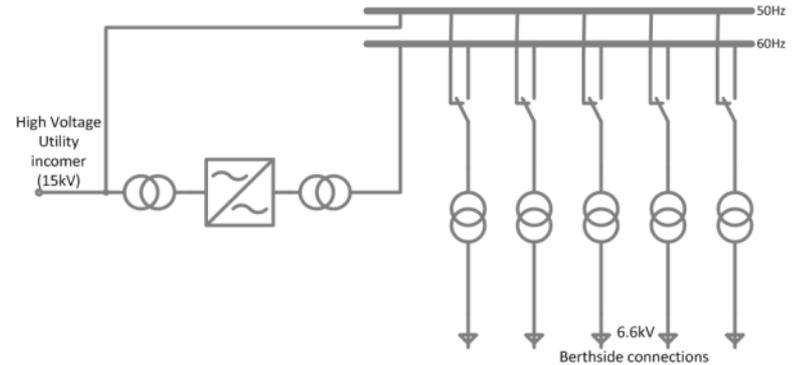
Tecnologías



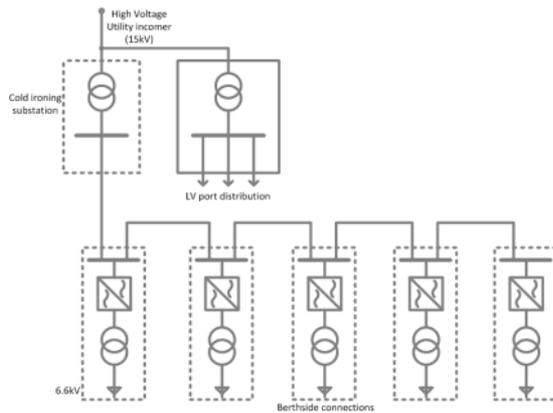
Conexión genérica



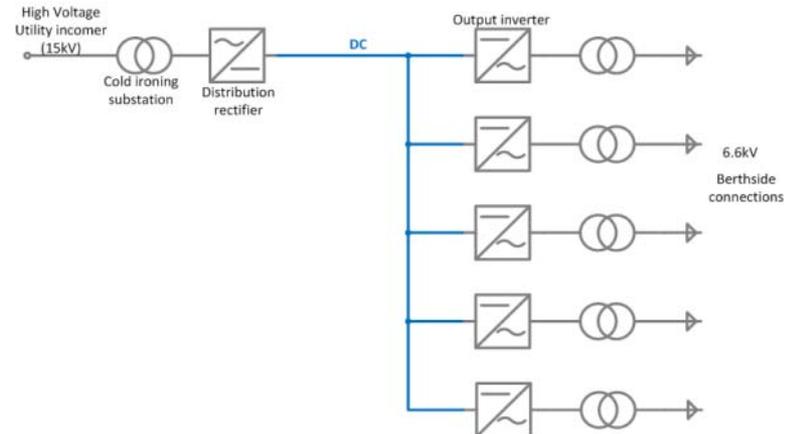
Topología centralizada



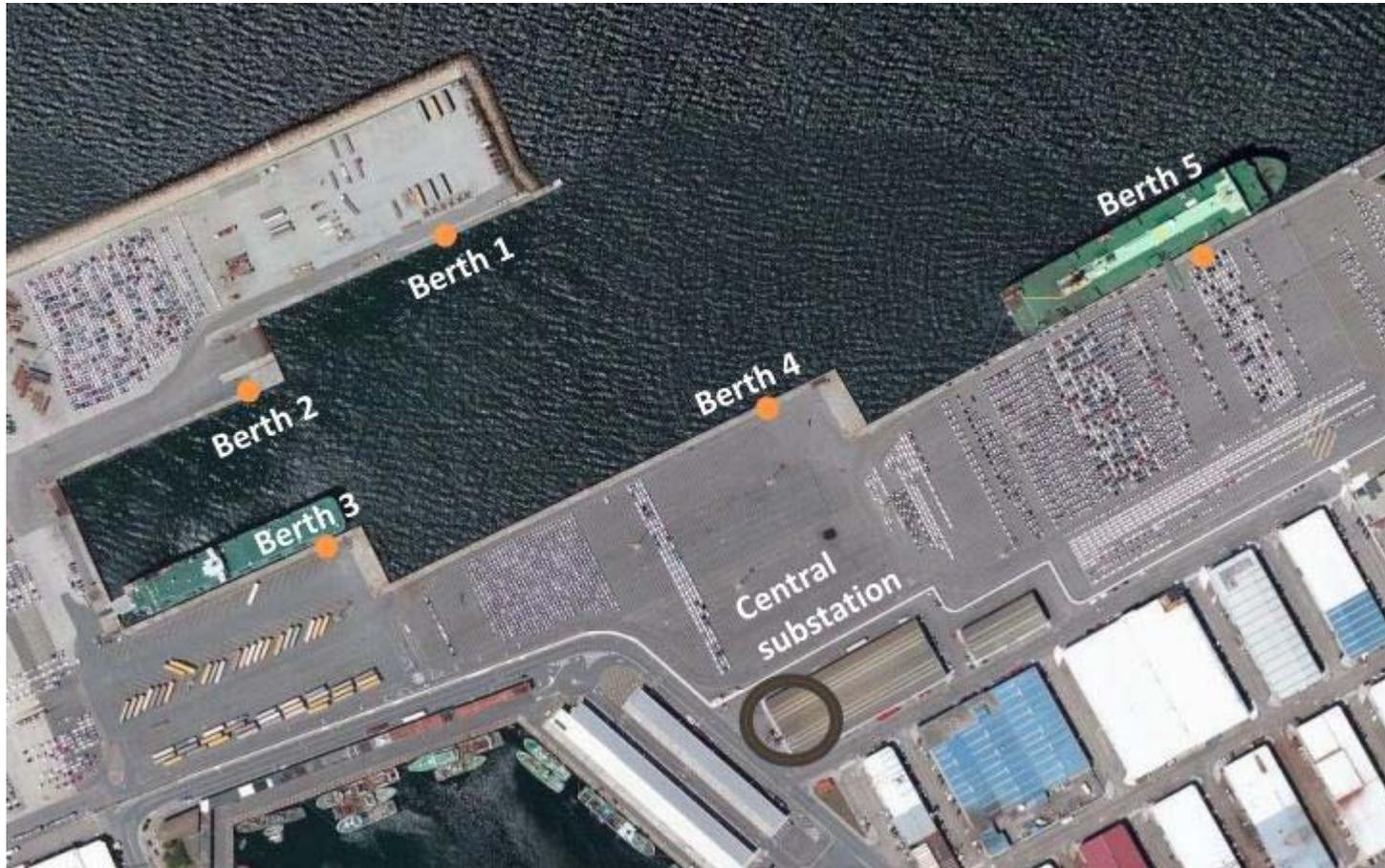
Topología distribuida



Distribución DC



Tecnologías



Tecnologías



- Δ de emisiones depende de la emisiones en tierra

Generation mix						
Fuel	France	Germany	Spain	Turkey	UK	USA
Coal	5.29%	43.40%	12.65%	35.05%	28%	48.66%
Oil	1.14%	1.63%	6.46%	3.02%	1%	1.30%
Gas	3.88%	13.31%	36.56%	60.49%	47%	24.42%
Nuclear	75.57%	22.77%	17.96%	0.00%	16%	21.34%
Renewables	13.00%	11.81%	24.00%	1.22%	7%	2.41%
Network losses	6.07%	4.22%	9.09%	18.25%	7.11%	6.70%

Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

Cómo se combinan las tecnologías

- Packs selection

- Es un criterio técnico pero no deja de ser subjetivo

- Pack seleccionados:

- 1. **Medidas operacionales.** Ahorro de combustible y reducción de emisiones
 - 2. **Reducción de emisiones a través de mejoras hidrodinámicas y propulsivas**
 - 3. **Alto impacto pero alto coste**
 - 4. **Mayor impacto y mayor coste**
 - 5. **LNG.**

- Hay muchas más combinaciones. No es un proceso automatizado

Packs

- CPP

- 1. Medidas operacionales**

- Reducción de velocidad
- Ajuste de la inyección
- Optimización de trimado
- Mando combinado

- 2. Reducción de emisiones a través de mejoras hidrodinámicas y propulsivas**

- Timón adaptado a la estela
- Bulbo de proa
- Pinturas

- 3. Alto impacto pero alto coste (I)**

- After treatment
- Cold ironing

- 4. Mayor impacto y mayor coste (II)**

- Mando combinado
- Baterías para hibridación
- Cold ironing
- After treatment
- Sistema de refrigeración

Packs

		CRITERIO DE SELECCIÓN					
TECNOLOGÍAS		MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA	EFFECTO EN LA REDUCCIÓN DE EMISIONES	ADECUADO PARA NUEVAS CONSTRUCCIONES	ADECUADO PARA BUQUES EXISTENTES	FACILIDAD DE SIMULACIÓN	RANKING PARA BUQUE CASO (Sobre 15)
AT & THERMAL	After treatment (Dry Scrubber+SCR)	5	5	5	4	4	18
	Heat recovery (Increased due to use of After treatment solution)	5	2	5	5	5	17
	Refrigeration system (including new chiller+PCM)	4	2	5	4	5	15
	Engine injection tuning	5	1	5	5	4	15
	Combinator mode	5	3	5	5	5	18
	Speed reduction	5	3	5	5	5	18
	Engine consumers power reduction	5	1	5	4	4	14

Packs

	TECNOLOGÍAS	CRITERIO DE SELECCIÓN					
		MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA	EFEECTO EN LA REDUCCIÓN DE EMISIONES	ADECUADO PARA NUEVAS CONSTRUCCIONES	ADECUADO PARA BUQUES EXISTENTES	FACILIDAD DE SIMULACIÓN	RANKING PARA BUQUE CASO (Sobre 15)
HYDRO AERO & PROP	Wake adapted rudder	5	3	5	5	5	18
	Paints	5	3	5	5	5	18
	Surface patterns	2	3	2	1	1	7
	Air lubrication	2	3	2	1	1	7
	Super structure optimisation	5	1	5	1	3	10
	Bulbous bow	5	2	5	3	5	15
	Hull fairing	5	1	5	1	5	12
	Stern wedges	5	2	2	1	5	13
	Propeller-rudder optimisation (already included in WP3)	5	3	5	5	5	18
	Rigid sails	1	1	2	1	1	4
	Weight reduction	5	3	4	1	5	14
	Trim Optimisation	5	2	5	5	5	17
	Drydocking, Hull cleaning, propeller cleaning	5	3	5	5	5	18
Weather Routing	5	3	5	5	1	14	

Packs

TECNOLOGÍAS	CRITERIO DE SELECCIÓN					
	MADUREZ DE LA TECNOLOGÍA	EFFECTO EN LA REDUCCIÓN DE EMISIONES	ADECUADO PARA NUEVAS CONSTRUCCIONES	ADECUADO PARA BUQUES EXISTENTES	FACILIDAD DE SIMULACIÓN	RANKING PARA BUQUE CASO (Sobre 15)
Cold Ironing	4	4	5	3	4	15
LNG	3	5	5	2	3	13

Visión general

- Objetivos
- Reglamentación
- Arquitectura de proyecto
- Buque caso
- Modelos
- Tecnologías estudiadas
- Packs
- Consideraciones

Consideraciones

- Ciclos repetidos semanalmente:

Puerto de salida	Puerto de llegada	Tiempo [h]
Vigo	St Nazaire	30
St Nazaire	Vigo	27
Vigo	St Nazaire	34
St Nazaire	Vigo	41

- Maniobra

Puerto de salida	Tiempo [min]
Vigo	12
St Nazaire	84

- Puerto

Puerto de salida	Tiempo [h]
Vigo	9-6
St Nazaire	16-6

Este ciclo se repite 48 veces al año

Consideraciones

- Condiciones ambientales:
 - Mediadas
 - Se asumen las mismas para un año completo
- Rugosidad
 - No se consideró una degradación anual que supusiese rugosidad a mayores (y por tanto una resistencia a mayores)
- No se consideran las emisiones de las calderas

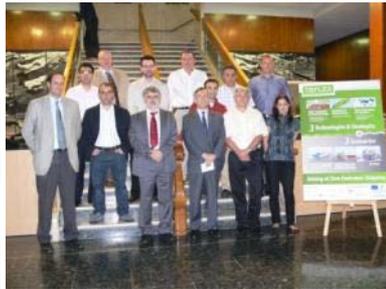
TEFLES is funded by the European Union within FP7-

THEME 7 - Transport (including aeronautics)

Grant Agreement Number: 266126



Gracias



TEFLES is funded by the European
Union within FP7-THEME 7 - Transport
(including aeronautics)
Grant Agreement Number: 266126