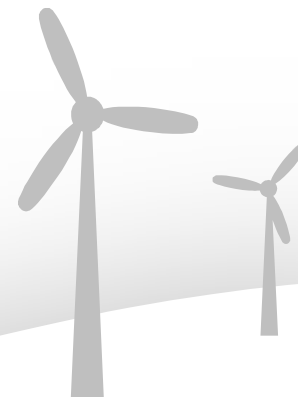


RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA



Interconexiones eléctricas submarinas

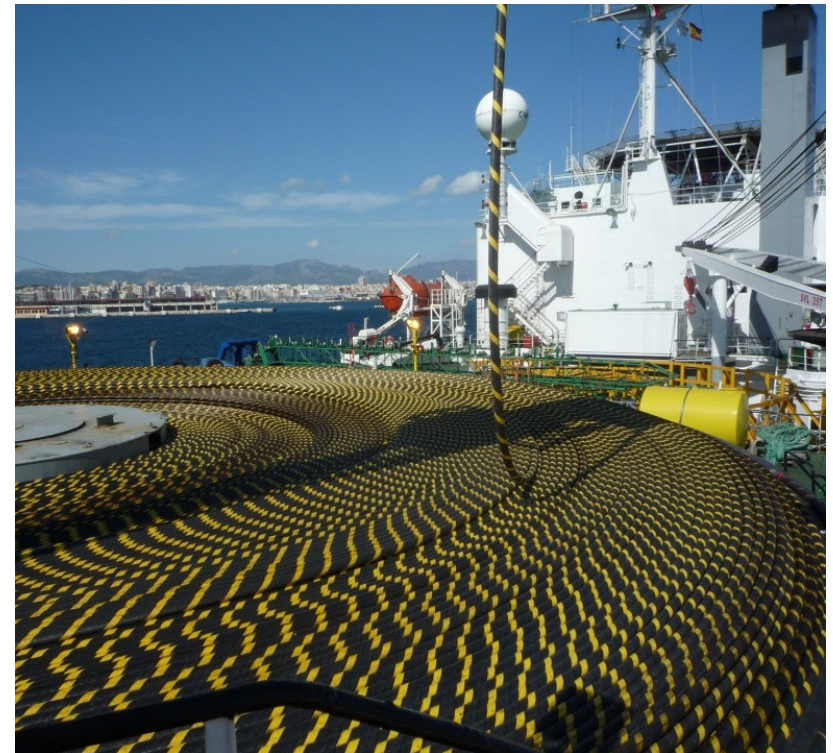
Juan Prieto Monterrubio

1 junio 2011



Resumen de la presentación

- **Perspectiva histórica**
- **Situación actual**
- **Experiencia de REE**
- **Aplicación en Canarias**
- **Retos para el futuro**



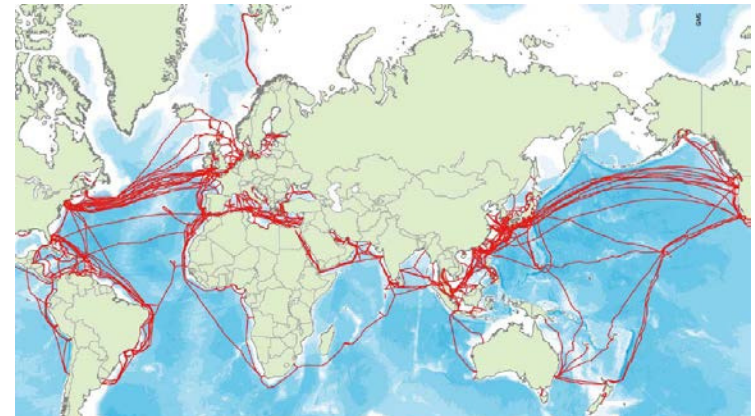
Perspectiva histórica

■ Evolución cables submarinos de comunicaciones

- Telegráficos (1850) → Telefónicos (1890, 1950) → Fibra óptica (1986)
- 1890: enlaces telegráficos Cádiz–Tenerife–Gran Canaria–Lanzarote
- 1930: enlace telefónico Tenerife – Gran Canaria
- 850.000 km de cables FO transmiten el 95% de las comunicaciones



Cables telegráficos en 1901



Cables de fibra óptica en la actualidad

Perspectiva histórica

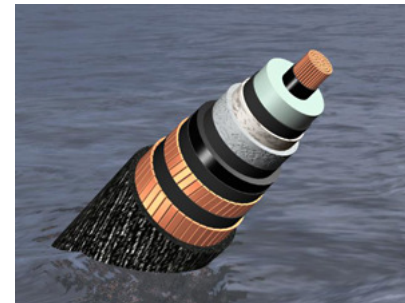
■ Evolución cables eléctricos submarinos

- ❑ Primero: 1956 (Isla Gotland, Suecia):
98 km, 100 kV, 20 MW
- ❑ Mucha mayor complejidad técnica que los telefónicos por aislamiento y peso
- ❑ España 1972 – 1982:
 - Ibiza–Formentera (2x 30 kV)
 - Mallorca–Menorca (132 kV)
 - Lanzarote–Fuerteventura (30 kV)
- ❑ España 1997 – 2010:
 - Tarifa–Marruecos (2x 400 kV)
 - Lanzarote–Fuerteventura (66 kV)
 - Península–Mallorca (2x 250 kV, HVDC)



Resumen de la presentación

- Perspectiva histórica
- **Situación actual**
- Experiencia de REE
- Aplicación en Canarias
- Retos para el futuro



Situación actual – ventajas

■ Beneficios de los enlaces submarinos

- Mejora fiabilidad del suministro
 - Estabilidad ante contingencias
 - Posible reducción costes generación
 - Reducción emisiones CO₂
 - Posibilitan la energía eólica marina
-
- Desde 2005: gran aumento del número de proyectos de interconexiones eléctricas submarinas



Situación actual – mercado

- **Mercado mundial**
 - Solo unas 10 fábricas en todo el mundo
 - Capacidad de fabricación limitada
 - Número muy reducido de barcos para la instalación: solo 2 para enlaces profundos
- **Principales aplicaciones:**
 - Enlaces eléctricos interinsulares o al continente
 - Interconexiones internacionales
 - Evacuación energía parques eólicos marinos



Situación actual – límites tecnológicos

■ Estado del arte:

- ❑ SAPEI (Terna): 1650 m profund. (2x500 MW, 500 kV) Península italiana – Cerdeña
- ❑ ROMULO (REE): 1485 m profund. (2x200 MW, 250 kV) Península – Mallorca
- ❑ Muy pocos proyectos a más de 500 m profund.
- ❑ Varias decenas de enlaces en el mundo.

Entre ellos:

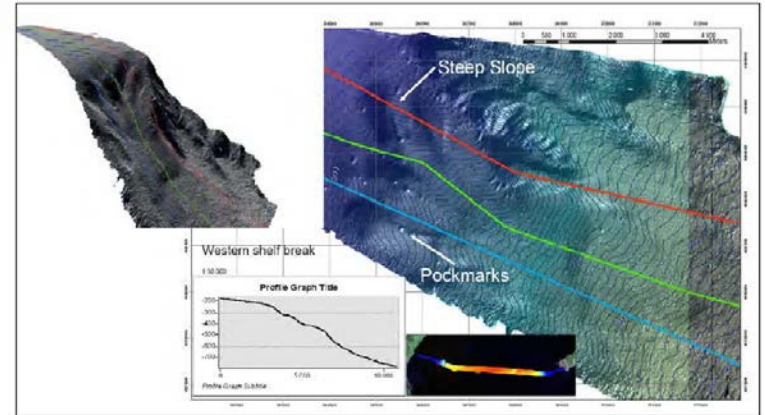
- Más largo: NorNed – 580 km
- Más profundo: SAPEI
- Mayor potencia: 1000 MW
- Mayor tensión: 500 kV



Situación actual – retos técnicos

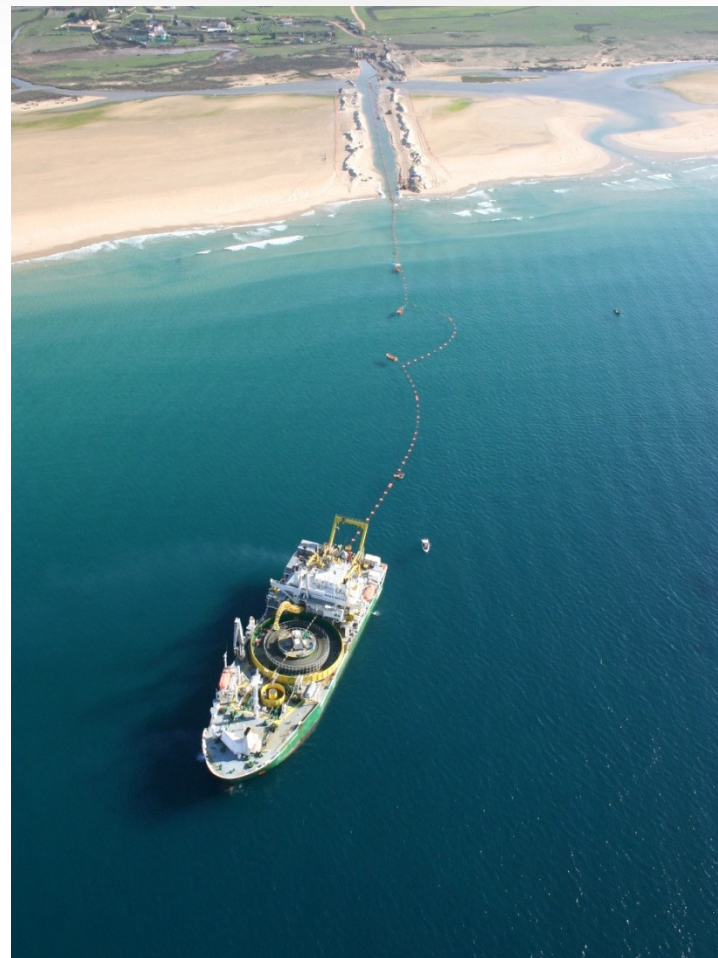
■ Aspectos críticos diseño:

- ❑ Estudio detallado del trazado y fondo
- ❑ Esfuerzos durante la instalación
- ❑ Estanqueidad: plomo
- ❑ Aislamiento: extruido o encintado
- ❑ Empalmes
- ❑ Medios de tendido: barcos cableros y submarinos operados remotamente
- ❑ Métodos de protección: riesgo de daño por pesca arrastre y fondeos



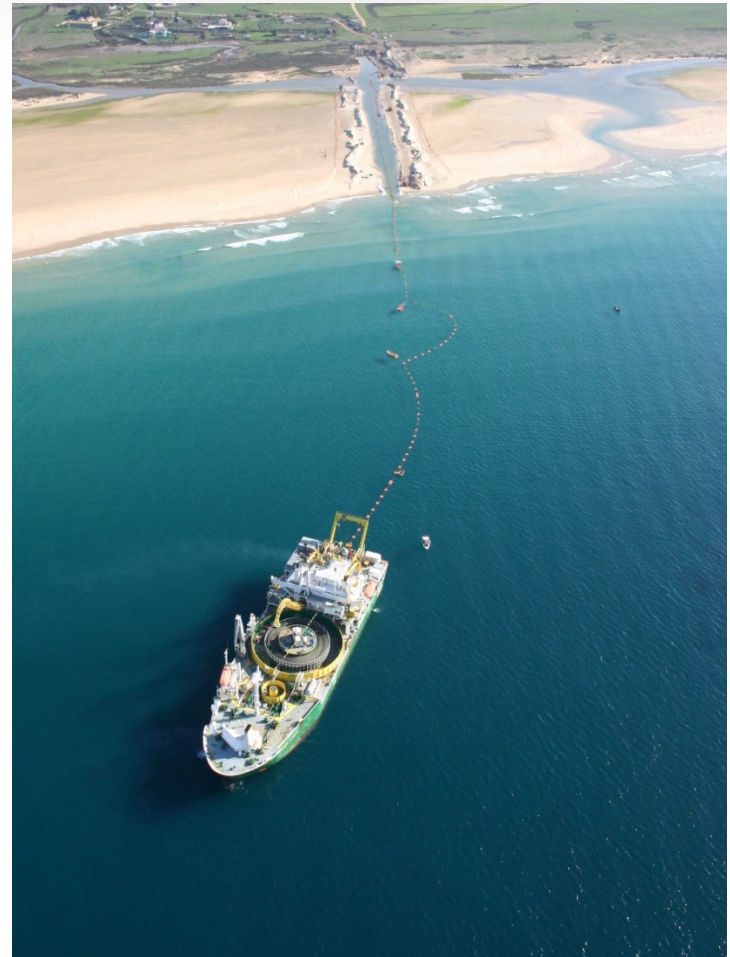
Resumen de la presentación

- Perspectiva histórica
- Situación actual
- **Experiencia de REE**
- Aplicación en Canarias
- Retos para el futuro



Experiencia de REE

- España – Marruecos
- Península – Mallorca
- Enlaces en proyecto sistemas insulares Canario y Balear



Interconexión eléctrica España-Marruecos

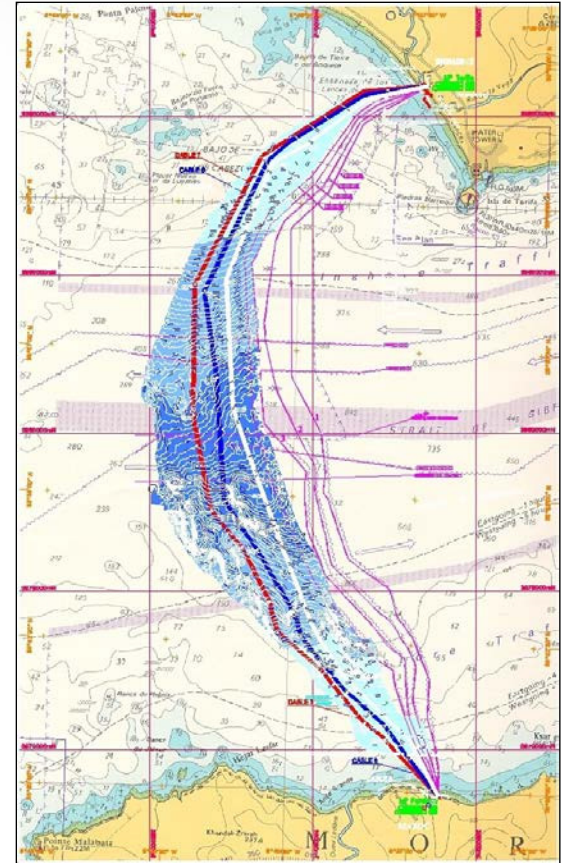
■ Primer enlace:
1997

■ Segundo enlace:
2006



Características generales

■ Sistema	Corriente alterna trifásica
■ Tensión nominal	400 kV
■ Capacidad de transporte	2x 700 MW
■ N° circuitos	2
■ N° cables unipolares	7
■ Tipo de cables	Unipolares de aceite fluido
■ N° de cables de fibra óptica	3
■ Longitud tramo submarino	30 km
■ Longitud tramos subterráneos	2 + 0,5 km
■ Profundidad máxima	615 m
■ Propietarios:	REE (España) y ONE (Marruecos)



Características generales

Tramo submarino

- Conductor: 800 mm² Cu
- Diámetro: 139 mm
- Peso: 56 kg/m

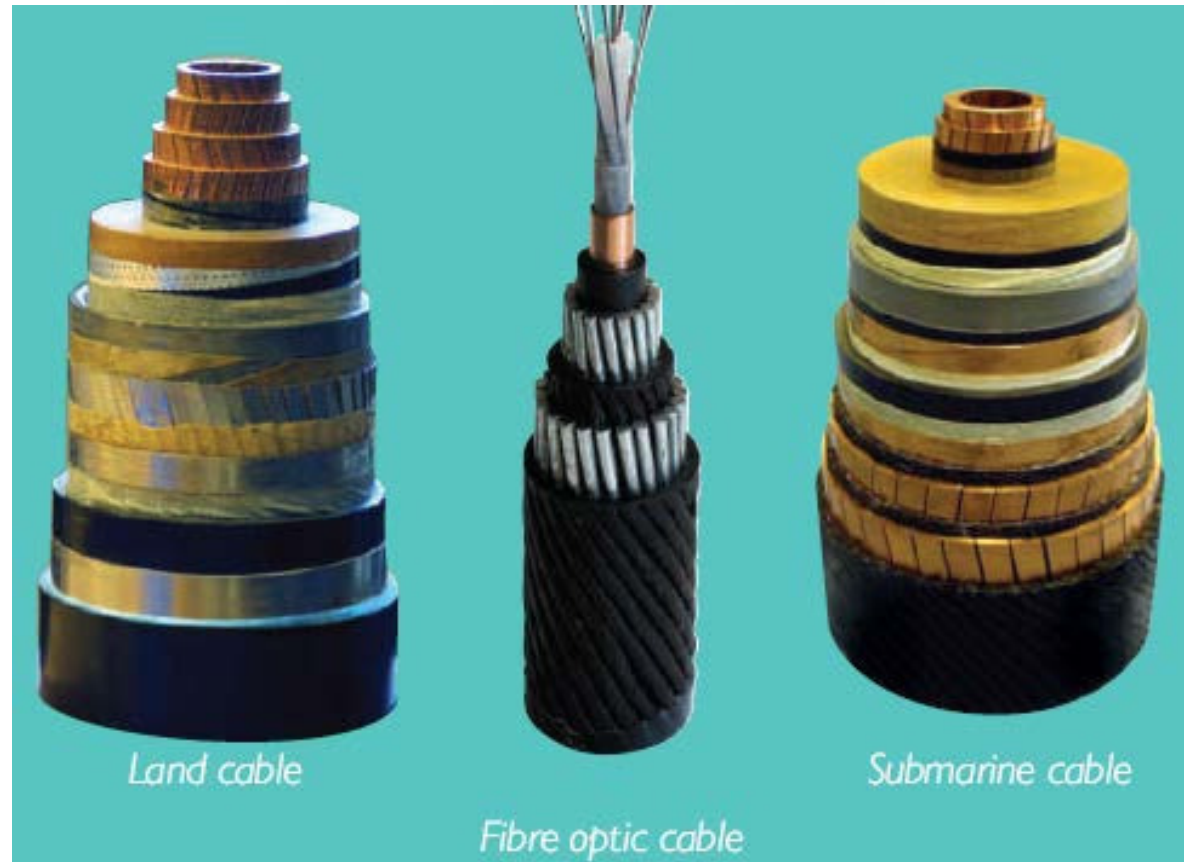
Tramo terrestre

- Conductor: 1600 mm² Cu
- Diámetro: 122 mm
- Peso: 42 kg/m

Cables fibra óptica

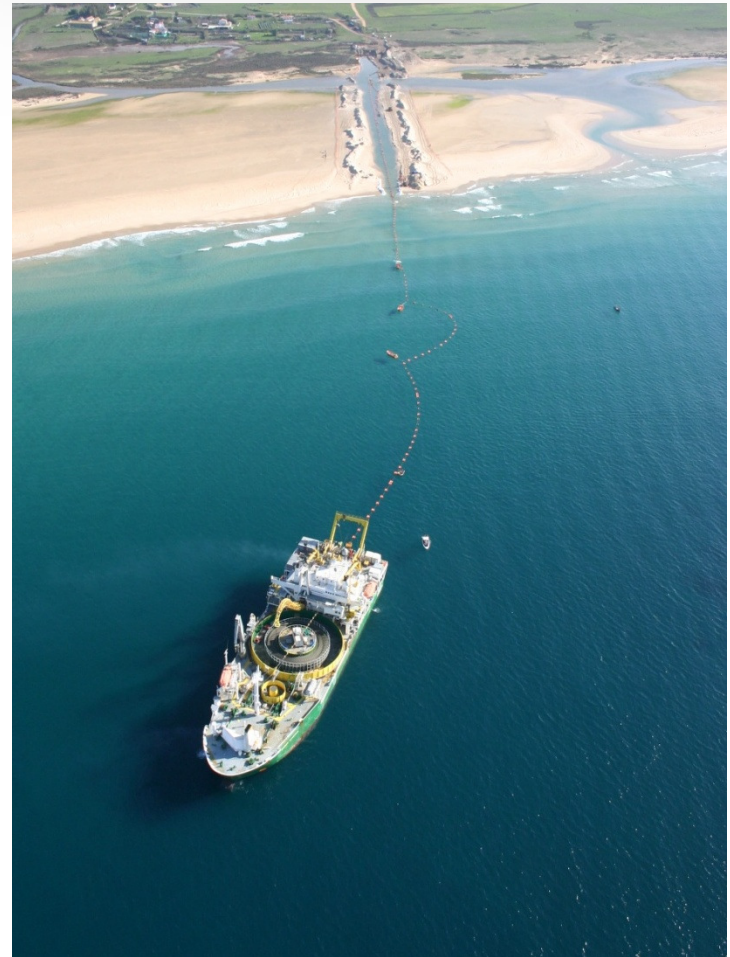
- 48 fibras por cable
- Diámetro: 32 mm
- Peso: 3 kg/m

(Cables eléctricos diseñados también para DC)



Experiencia de REE

- España – Marruecos
- Península – Mallorca
- Enlaces en proyecto sistemas insulares Canario y Balear





RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

RÓMULO

INTERCONEXIÓN ELÉCTRICA
PENÍNSULA-BALEARES



Resumen de la presentación

- ❑ Motivación del proyecto
- ❑ Descripción general
- ❑ Actividades marinas
- ❑ Estado de los trabajos
- ❑ Retos del proyecto





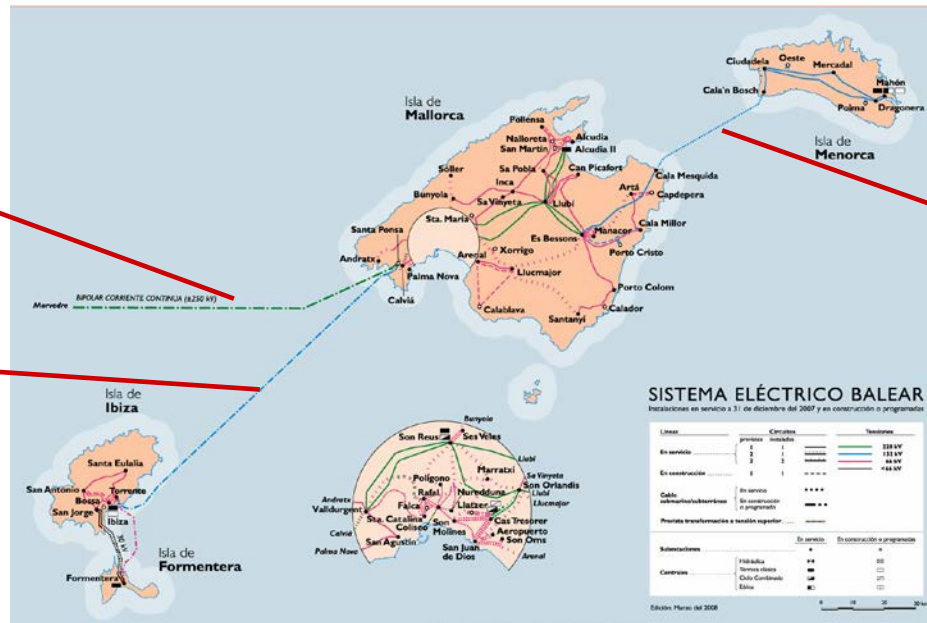
Motivación del proyecto

- Conectar el sistema eléctrico Balear con el Peninsular–Europeo

RÓMULO

futuros

existente

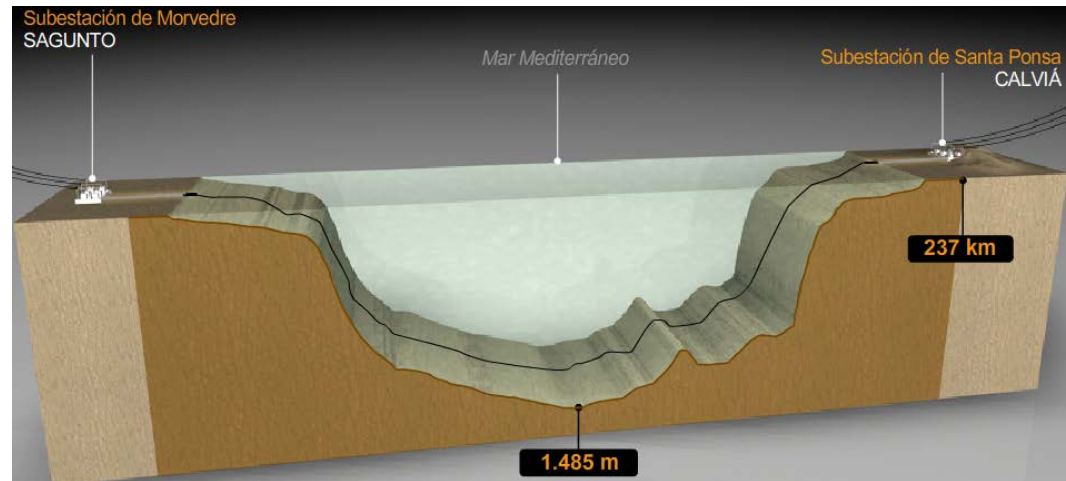


- Beneficios para el sistema eléctrico nacional:
 - ↓ costes generación
 - ↓ emisiones CO₂
- Beneficios para sistema eléctrico Balear: gran mejora calidad de suministro



Descripción general

- ❑ Enlace doble, en corriente continua (HVDC), 2 x 200 MW, 250 kV
- ❑ 2 cables AT + 1 cable MT + 1 cable FO
- ❑ Profundidad máx. 1.485 m
- ❑ Longitud: 244 km
- ❑ Sin empalmes submarinos
- ❑ Contratos llave en mano:
 - Siemens (estaciones convertoras)
 - Nexans/Prysmian (sistema cables)





Estación conversora Morvedre (Sagunto, Valencia)



Nº de Imagen: 028897
Fecha y Hora de Toma: 02/03/2010 - 13:43'

Se autoriza la copia y la comunicación pública de nuestras obras,
citando a Talyr como autor, según licencia:  <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/es/deed.es>

Tel. 914400918 www.talyr.es Licencia completa en:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/es/deed.es>





Estación conversora Santa Ponsa (Calviá, Mallorca)



COPYRIGHT: ESTOP S.A. • PLAZA ROSSELLÓ 4A-3º 07002 PALMA DE MALLORCA • TEL. 971 723 356 • FAX 971 718 901 • MAIL: estop@estop.org



Zona salida al mar en Sagunto





Zona salida al mar en Santa Ponsa



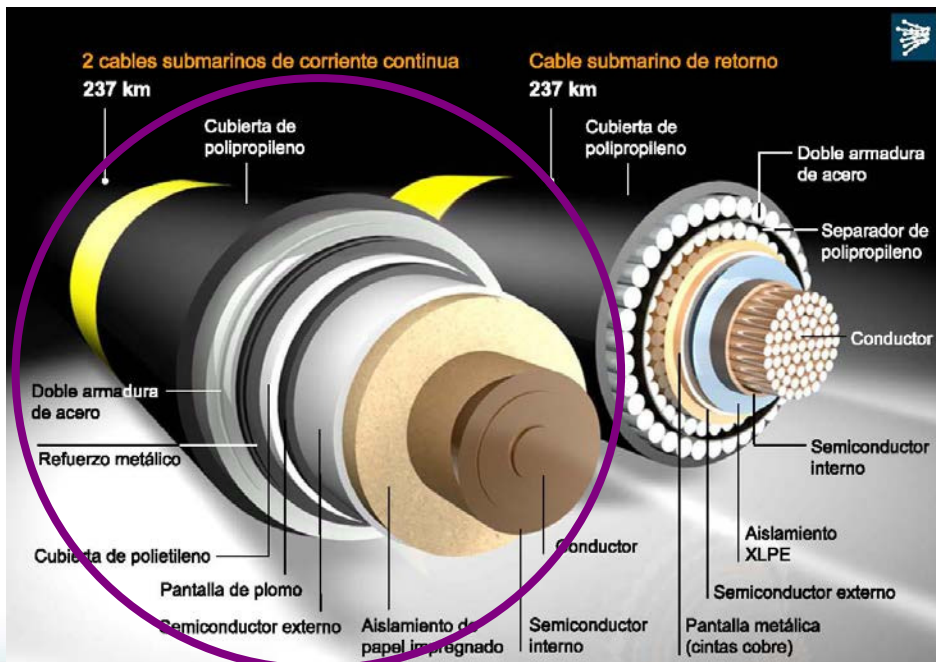


Descripción general: diseño de los cables

- 2 cables de corriente continua
 - Conductor:** cobre 750 mm² - 1.200 mm²
 - Aislamiento:** papel impregnado en aceite
 - Pantalla:** aleación de plomo
 - Refuerzo:** transv. con cintas acero, longit. con doble armadura cables acero
 - Diámetro:** 94 mm

CABLE DE CORRIENTE CONTINUA (polos)

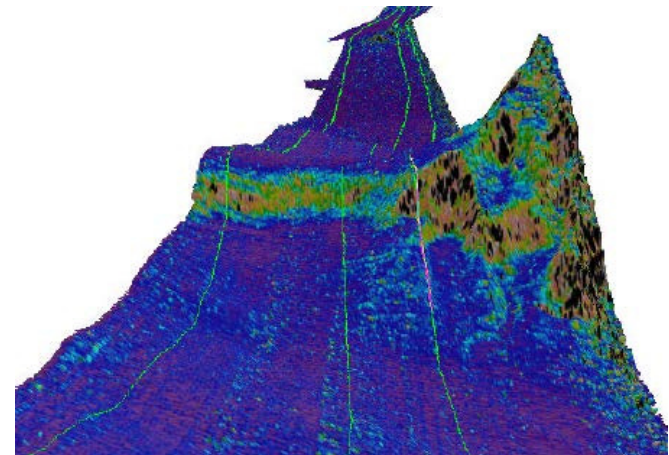
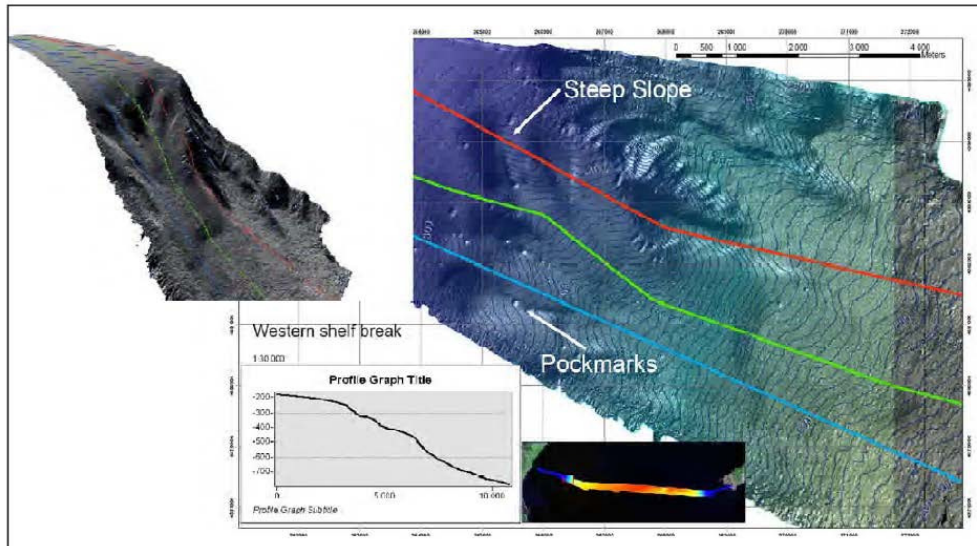
Cable subterráneo	Cable submarino poco profundo	Cable submarino profundo
Cu 1.200 mm ² Sin armadura	Cu 750 mm ² Simple armadura Profundidad < 200m	Cu 750 mm ² Doble armadura
Peso: 23 kg/m	Peso: 23,5 kg/m	Peso: 29,5 kg/m





Descripción general: estudios marinos

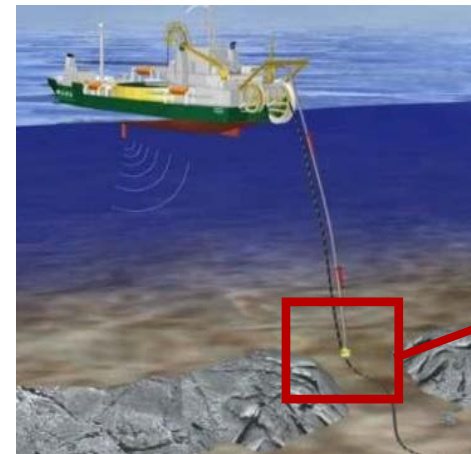
- ❑ Primer estudio marino en 2006 para selección de trazados
 - Batimetría con sonar de eco multi-haz, sonar de barrido lateral, perfilador del fondo
- ❑ Segundo estudio marino en 2009 para confirmar detalle trazados y evaluar protección
 - Equipos similares al primer estudio, y adicionalmente magnetómetro y muestras del fondo





Actividades marinas: introducción

- ❑ Solo 2 barcos cableros en el mundo capaces de tender este tipo de cables eléctricos
- ❑ Capacidad de carga: 7.000 toneladas
- ❑ Cada uno de los cables se va a instalar en una única pieza en tres campañas sucesivas
- ❑ Vehículo de control remoto (ROV) para el posicionamiento correcto del cable en el fondo marino
- ❑ Monitorización y seguimiento continuo del tendido para evitar obstáculos aislados
- ❑ Velocidad de tendido: 1 km/h
- ❑ Protección: enterramiento de los cables bajo el lecho marino con inyección de agua a presión (para evitar daños por pesca arrastre o fondeos), utilizando ROV





Actividades marinas: alcance

- ❑ Dentro del contrato llave en mano
- ❑ 3 campañas de tendido independientes
 - Enero – Abril 2011
 - Desde Mallorca hacia Sagunto
 - Barcos: Giulio Verne (IT) y Skagerrak (NO)
- ❑ Protección de los cables (post-tendido)
 - Enterramiento de los cables 1m bajo el lecho, desde las costas hasta 1000 m de profundidad
 - Enero – Julio 2011
 - *Jetting*, 300 km (barco Edda Fjord, NO)
 - *Rock trenching*, 35 km (barco Argo, GR)
- ❑ Protección en Posidonia





Principales desafíos en las operaciones marinas

Durante las campañas de tendido y protección, las siguientes son las actividades más notables:

- ❑ Transporte de un cable desde Japón
- ❑ Tendido a casi 1500 m de profundidad
- ❑ Cada tendido en una única longitud, sin empalmes intermedios
- ❑ Protección por *Jetting*, en fondos arenosos, 300 km, hasta 1000m prof.
- ❑ Protección en sustrato rocoso, 35 km
- ❑ Perforaciones horizontales en Santa Ponsa para minimizar afección a la playa
- ❑ Protección en zona Posidonia en la bahía de Santa Ponsa, minimizando su afección
- ❑ Trabajos a través del dique en el Puerto de Sagunto



Estado de los trabajos

- ❑ Todos los permisos y autorizaciones se obtuvieron en 2009 y 2010 (Industria, Medioambiente, Costas, Autoridad Portuaria)
- ❑ Estaciones conversoras: obras finalizadas, pruebas iniciadas
- ❑ Cables submarinos: operaciones marinas finalizándose
- ❑ Cables terrestres: obra civil finalizada, montaje 95%
- ❑ Los trabajos del sistema de cables finalizarán en julio 2011
- ❑ La operación de la interconexión comenzará a finales de 2011





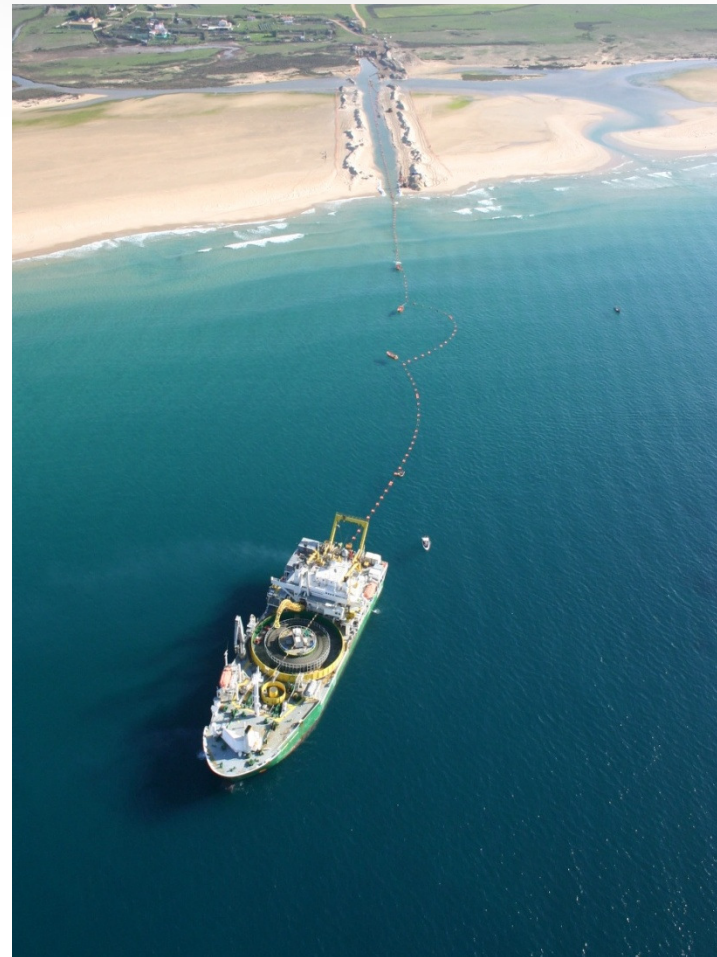
Retos del proyecto

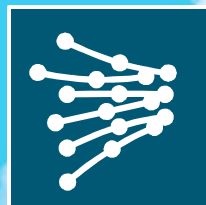
- ❑ Primera experiencia de interconexión eléctrica submarina de transporte en corriente continua en España (HVDC)
- ❑ Segunda instalación a nivel mundial en cuanto a profundidad máxima (1485 m)
- ❑ Tendido marino en una única longitud, sin empalmes intermedios
- ❑ Mayor inversión realizada en un proyecto de Red Eléctrica (400 M€)
- ❑ Operación y gestión de la interconexión
- ❑ Aceptación social y maximización de la integración medioambiental



Experiencia de REE

- España – Marruecos
- Península – Mallorca
- **Enlaces en proyecto sistemas insulares Canario y Balear**





RED
ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

Nuevos enlaces submarinos REE

Junio 2011

Juan Prieto Monterrubio

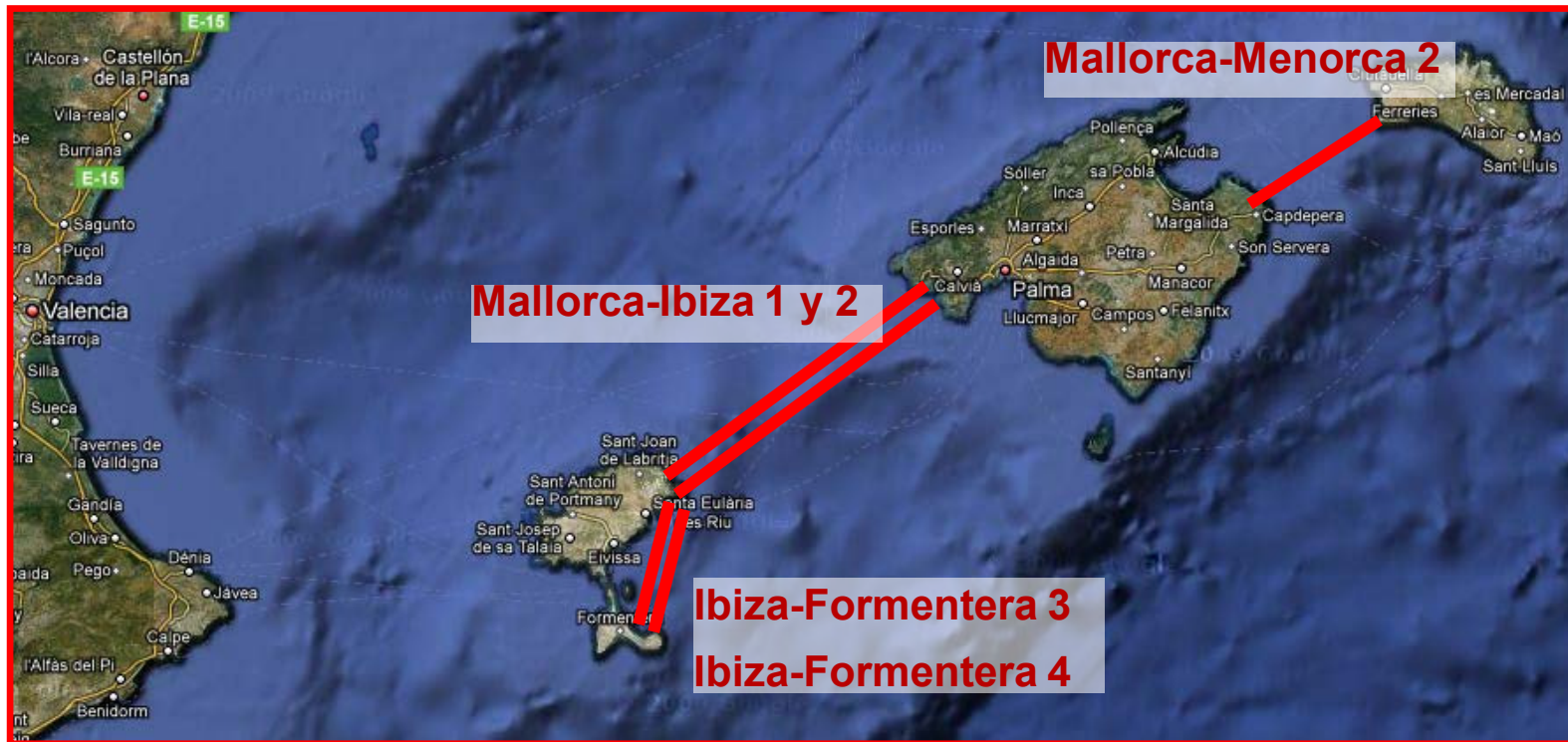


NUEVOS PROYECTOS DE ENLACES ELÉCTRICOS SUBMARINOS EN ESPAÑA





Nuevos proyectos submarinos REE 2012-2020: Islas Baleares



Nuevos proyectos submarinos REE 2012-2020: Islas Canarias





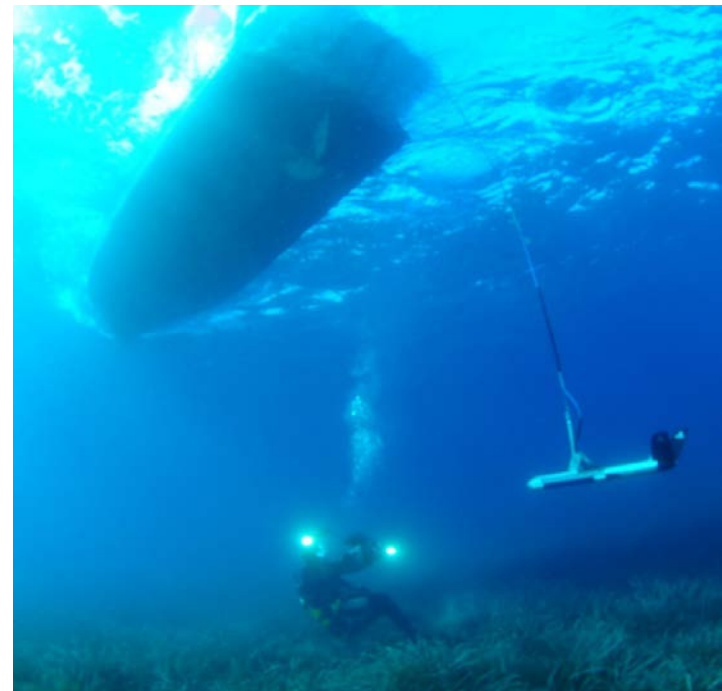
Nuevos proyectos submarinos REE 2012-2020: características principales

	[AC, 132kV, tripolar, enterrados]	MVA	Trazado mar (km)	Trazado tierra (km)	Profundidad máxima
1	Mallorca-Ibiza 1	118	115	8	750
2	Mallorca-Ibiza 2	118	115	8	750
3	Ibiza-Formentera 3	53	25	10	70
4	Ibiza-Formentera 4	53	25	11	70
5	Mallorca-Menorca 2	118	40	28	75
6	Lanzarote-Fuerteventura 2	120	15	3	50
7	Gran Canaria-Fuerteventura	¿?	120	7	1600

- ❑ Aislamiento extruido (sin aceite)
- ❑ Cables tripolares (¿GC-FV?)
- ❑ Contratos llave en mano
- ❑ Protección de los cables por soterramiento bajo el lecho (*jetting + rock trenching*) el 100% del trazado

Resumen de la presentación

- **Perspectiva histórica**
- **Situación actual**
- **Experiencia de REE**
- **Aplicación en Canarias**
- **Retos para el futuro**



Aplicación en Canarias

- Enlace en estudio de viabilidad: Gran Canaria – Fuerteventura (dificultades: prof. 1600 m y geomorfología del fondo volcánico)
- Tenerife – La Gomera: prof. 1400 m – técnicamente viable
- Enlaces no viables a medio plazo:
 - Tenerife – Gran Canaria: prof. 2500m
 - Tenerife – La Palma o Tenerife – Hierro: prof. 3000m



Resumen de la presentación

- Perspectiva histórica
- Situación actual
- Experiencia de REE
- Aplicación en Canarias
- Retos para el futuro



Retos para el futuro

- Cables más ligeros, para proyectos más profundos
- Mejora métodos de tendido y protección
- Reducción tiempos de fabricación
- Mayor abanico de suministradores
- Complementar con otros desarrollos necesarios de la red de transporte
- Obligatorio: maximizar la aceptación social y la integración ambiental





RED ELÉCTRICA
DE ESPAÑA

Gracias por su atención

Más información:

<http://www.ree.es/educacion/multimedia.asp>
http://www.ree.es/sala_prensa/web/home.aspx