

El suministro de electricidad a buques
en los puertos de Barcelona y Cádiz

Tomas eléctricas para buques atracados (II)



- **Texto:** Ana Arévalo Gandal, Autoridad Portuaria de Barcelona; Antonio Marcos Ruiz, Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz; Inma Caeiro, INOVA Labs; María Merino, GHENOVA y Julio de la Cueva, Puertos del Estado
- **Fotos:** Autoridad Portuaria de Barcelona y Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz



El 25 de julio de 2023 el Consejo de la UE aprobó el Reglamento 2023/1804 sobre la Infraestructura para los Combustibles Alternativos —conocido como AFIR—. Esta pieza relevante del paquete “Fit for 55” para acelerar el proceso de descarbonización de la economía en la UE entró en vigor 20 días después de su publicación el 22 de septiembre de 2023 en el Diario Oficial de la Unión Europea.

AFIR representa un gran reto para los puertos ya que el 31 de diciembre de 2029 éstos deberán disponer de instalaciones capaces de suministrar electricidad a los buques portacontenedores, de pasaje y cruceros atracados en puerto cuando éste reciba más de 50, 100 y 25 escalas de promedio al año, respectivamente.

Además, la capacidad exigida a las instalaciones deberá permitir satisfacer el 90 % de la demanda.

El reloj se ha puesto en marcha y todas las Autoridades Portuarias españolas de los puertos de interés general están terminando sus planes, ejecutando las obras o incluso suministrando electricidad por medio de instalaciones ya operativas.

En el artículo anterior (Revista Mitma nº 739, septiembre 2023) se presentaron los planes de electrificación para los puertos de Algeciras, Tarifa y Bilbao, y en éste se abordan los de los puertos de Barcelona y Cádiz, que incluyen las dos instalaciones pioneras en España para buques portacontenedores y cruceros, respectivamente.

El Reglamento sobre

la Infraestructura para los Combustibles Alternativos (AFIR) exige la dotación de infraestructuras para el aprovisionamiento de combustibles alternativos, incluidas las instalaciones de suministro de electricidad a buques amarrados; como contrapartida, la iniciativa FueIEU, recogida en el Reglamento 2023/1805, exige a los buques utilizar dichas instalaciones y consumir progresivamente combustibles alternativos reduciendo así la intensidad de carbono de su consumo energético en los siguientes porcentajes: el 2 % en 2025, el 6 % en 2030 y hasta el 80 % en 2050.

FueIEU y AFIR garantizan que a partir de 2030 los buques en puerto no consuman combustibles fósiles, y además contribuyen a que el volumen de emisiones netas del conjunto del transporte marítimo sea



Tomas eléctricas para buques portacontenedores en el Port de Barcelona.

cero en 2050. Este reto lo ha compartido la Unión Europea (UE) con la comunidad internacional al aprobar la “estrategia revisada” (Acuerdo aprobado en el 80º periodo de sesiones del Comité de Protección

del Medio Marino) en el seno de la Organización Marítima Internacional (OMI), cuya aprobación ha sido liderada por España al presidir en este semestre los consejos respectivos de la OMI y de la UE.

Adicionalmente a FueIEU y AFIR, el 5 de junio entraron en vigor sendas modificaciones de la Directiva ETS y del Reglamento (EU) 2015/757 sobre monitorización, reporte y verificación de las emisiones de CO₂ procedentes del transporte marítimo (MRV), mediante las cuales se materializó la inclusión, a partir de 2024, de las emisiones de CO₂ procedentes de los buques en el citado régimen ETS de comercio de emisiones.

La aplicación de este régimen de comercio de emisiones generadas por los buques implica que en el periodo transitorio desde 2024 hasta 2030 en el que será obligatorio que dichos buques se conecten a la red eléctrica, el suministro eléctrico



en atraque competirá tanto con los combustibles fósiles, como con los de bajo contenido en carbono.

NEXIGEN: el proyecto de electrificación del Port de Barcelona

NEXIGEN, el Plan de Electrificación de Muelles de la Autoridad Portuaria de Barcelona (APB), consiste en la implantación de la tecnología OPS (Onshore Power Supply) para dar suministro eléctrico durante su estancia a los buques que operan en el Port, en particular a cruceros, *car-carriers*, portacontenedores, ferris y graneleros líquidos; mediante OPS los buques pueden apagar el motor auxiliar cuando están atracados, utilizando energía limpia generada en el propio puerto, además con certificación de origen 100 % renovable.

Valoración del coste externo gravado por el régimen de emisiones

Estimación de las emisiones para alimentar consumidores eléctricos a bordo

1 tonelada (t) de gasóleo genera 11,8 MWh pero con una eficiencia del 25 % se reduce a 3 MWh
1 t de gasóleo emite 3 t de CO₂

1 MWh emite 1 t de CO₂

Coste del combustible (1,08 \$/€)

700 \$/t x 210 g/kWh SFOC = 14,7 c€/kWh

Repercussion del ETS

1 MWh emite 1 t de CO₂

100 €/t CO₂ resulta 100 €/kWh o 10 c€/kWh

Coste total

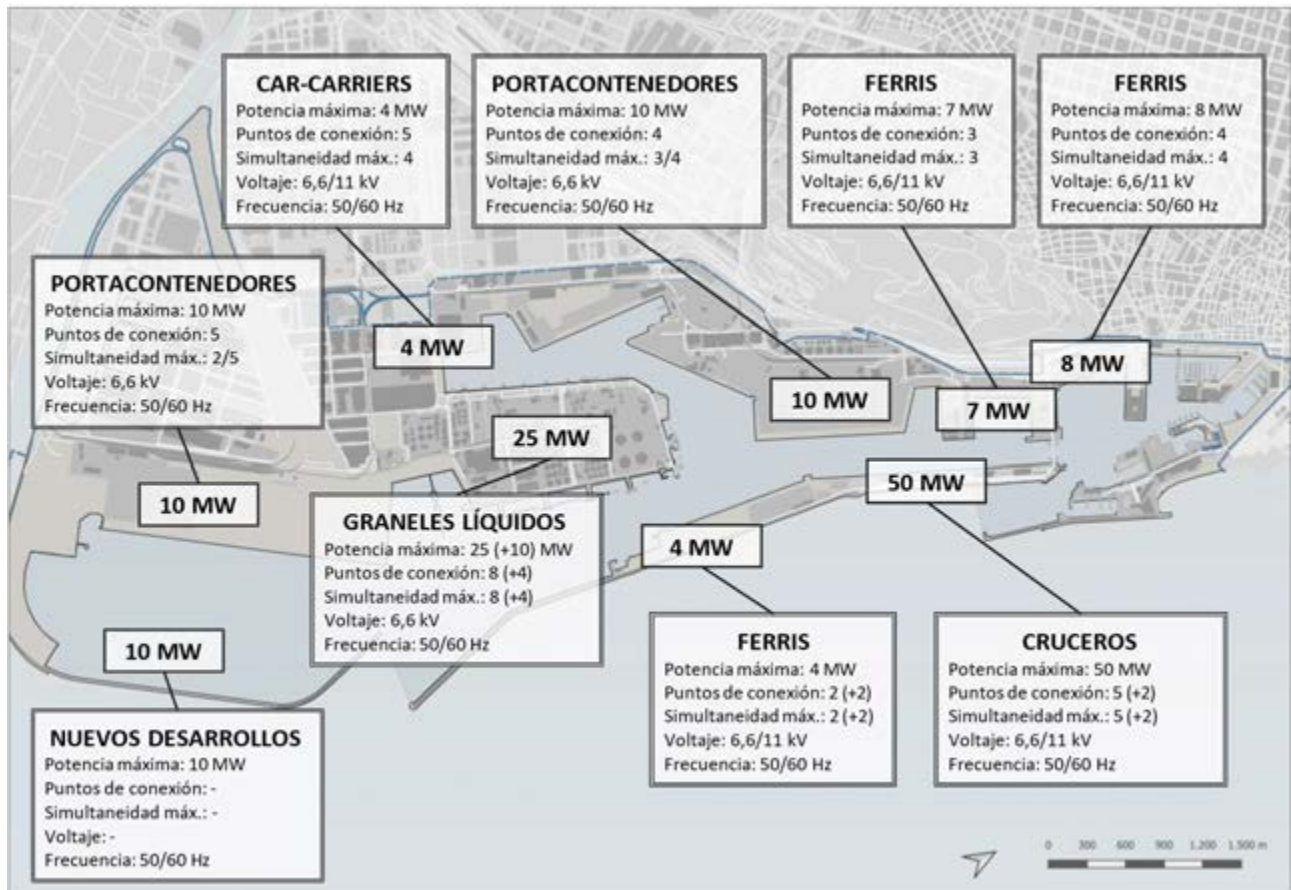
Combustible + ETS =
15 + 10 = 25 c€/kWh

La electrificación del Port de Barcelona permitirá eliminar 100 000 toneladas anuales de gases de efecto invernadero (GEI) y reducir de forma significativa otras emisiones,

como NO_x, SO_x y partículas (PM) que afectan a la calidad del aire.

NEXIGEN se está implementando por fases que se encadenan y ejecutan en paralelo:

Definición de necesidades OPS del Port de Barcelona.





Fases del plan de electrificación de los muelles del Port de Barcelona.

- Estudios preliminares (2020-2023): cofinanciados con fondos del programa europeo CEF-Transporte (proyecto EALING).
- Instalaciones “piloto” (2022-2024) para buques portacontenedores y ferris, cofinanciadas con fondos NextGenerationUE a través del Programa de Apoyo al Transporte Sostenible y Digital gestionado por Mitma.
- Red de distribución eléctrica OPS (2023-2026).
- Electrificación de los muelles fase I (2025-2030) y fase II (2030-2050).

Nueva red de distribución eléctrica en el Port de Barcelona para OPS

La APB va a desplegar una nueva red de distribución eléctrica propia en media tensión (25 kV) que dé servicio a todas las subestaciones OPS, con el objetivo de disponer

de potencia suficiente en todos los muelles.

Para dar suministro a dicha red se construirá una nueva subestación eléctrica (SE-Port) 220/25 kV que será alimentada por la red eléctrica de transporte de Red Eléctrica Española (REE) desde la subestación eléctrica SE-Cerdá, que será ampliada.

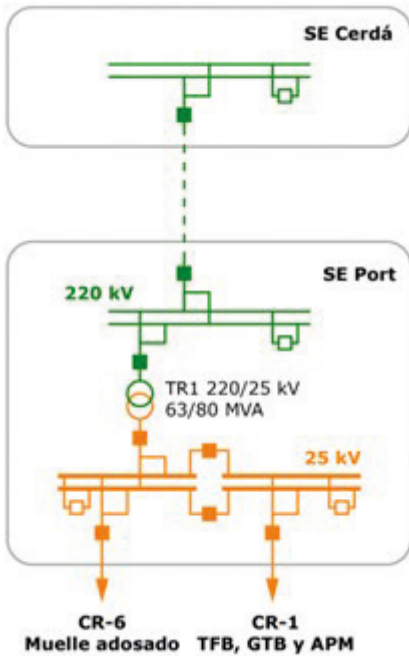
La ampliación de SE-Cerdá fue propuesta por APB para su incorporación en el plan de inversiones

de REE (periodo de planificación 2021-2026) siendo aprobada el 22 de marzo de 2022. La ampliación de SE-Cerdá está actualmente en ejecución y suministrará un total de 80 MW a todo el puerto.

Desde SE-Cerdá se alimentará a la nueva subestación SE-Port mediante cable subterráneo de 220 kV en un trazado recto de unos 500 metros por la calle 2 hacia la calle A, donde se realizará una perforación dirigida de 140 metros

Ubicación de las subestaciones SE-Cerdá y SE-Port.





Esquema simplificado de la nueva red de distribución AT/MT.

para pasar por debajo de la calle A y de la zona concesionada del puerto hasta la Ronda del Port. Desde ese punto discurrirá mediante otro

Opciones de servicio de la instalación.



Terminal BEST.

tramo recto de unos 1000 metros en canalización subterránea bajo el vial de la Ronda del Port.

La SE-Port se ubicará dentro de los terrenos de titularidad estatal pertenecientes al Port de Barcelona, salvo un tramo de la línea de alta tensión que discurrirá por la calle 2, de titularidad municipal y concesionado al consorcio Zona Franca.

En su configuración inicial, la nueva subestación SE-Port será de tipo blindada (GIS) y doble barra, y estará equipada con un único transformador 220/25 kV de 63/80 MVA ONAN/ONAF para atender la

demanda máxima de potencia prevista. La subestación está diseñada con reserva de espacio para dos transformadores 220/25 kV adicionales y sus posiciones de reserva equivalentes para atender la demanda prevista en horizontes posteriores al año 2026.

Piloto OPS para buques portacontenedores

La terminal Barcelona Europe South Terminal (BEST) del grupo Hutchison se ubica en el Moll Prat. Cuenta con una superficie para el almacenamiento de contenedores





de 80 hectáreas con 27 bloques automatizados y 11 grúas de muelle operando a lo largo de 1500 metros de línea de atraque con calados de hasta 16,5 metros de profundidad.

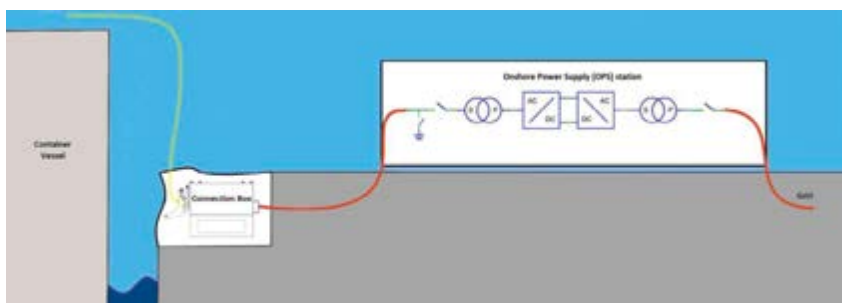
En la zona norte de la terminal, donde se está realizando una fase de ampliación, existen canalizaciones disponibles para llegar a borde muelle, por esta razón, esta terminal es idónea para realizar el Piloto OPS ya que estos conductos atraviesan el muelle hasta los fosos de alimentación a grúas. En estos fosos se van a instalar las cajas de conexión para dar suministro eléctrico a los buques.

El Piloto cuenta con 9 MW de potencia solicitada a Unión Fenosa en los límites de la terminal. En ese punto se construirá un centro de seccionamiento desde donde se alimentará a la subestación SE-OPS, que se localizará en la zona de almacenamiento de contenedores. Para aprovechar al máximo el espacio y conseguir el mínimo impacto en la operativa portuaria, la subestación OPS propuesta será modular mediante contenedores ISO 20 en dos alturas. Desde la subestación OPS se construirán las canalizaciones necesarias para llegar al cantil del muelle donde se instalarán las cajas de conexión. El Piloto incluye todas las obras e instalaciones fuera de los límites de la zona de actuación.

Diseño de la instalación

La instalación permite:

- Conexión simultánea de hasta dos buques de 350 metros, con una potencia de hasta 3,75 MVA cada uno.
- Conexión única de un buque de grandes dimensiones, con una potencia desde 3,75 MVA hasta 7,5 MVA.



Esquema típico de una instalación OPS para buques portacontenedores.

Para ello, el cableado que alimenta a cada punto de conexión está calculado para poder suministrar una potencia de hasta 7,5 MVA.

Esta instalación se ha diseñado de acuerdo con la normativa internacional aplicable IEC/ISO/IEEE 80005. Contará con dos líneas de alimentación y tres cajas de conexión y el suministro se realizará a 6,6 kV y 50 o 60 Hz, según el buque suministrado.

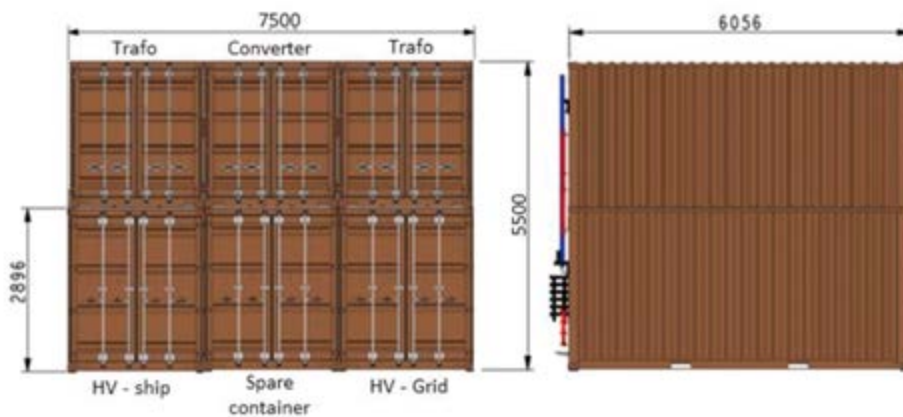
Este diseño permite que cuando se conecte un buque hasta 3,75 MVA solo será necesario el funcionamiento de una etapa, pudiendo conectar dos buques de forma independiente. En cambio, para buques con necesidades de potencia superiores se utilizarán las dos etapas acopladas en paralelo pudiendo conectarse únicamente un buque. Así, la potencia máxima de suministro será de 7,5 MVA.

Las características de la instalación son:

- Voltaje nominal: 6,6 kV.
- Máximo requerimiento de potencia: 7,5 MVA.
- Frecuencia: 50 Hz o 60 Hz.
- Número de cables de media tensión para alimentar al buque: 2.

Subestación eléctrica SE-OPS

Para hacer frente a esta demanda de potencia se instalará una subestación (SE-OPS) con hasta 8 MVA de potencia máxima, para la que se ha propuesto una solución containerizada. En la SE-OPS se alojarán los diferentes equipos que permitirán acondicionar la energía de la red de media tensión de acuerdo con los requisitos de suministro demandados por los buques: transformador, convertidor de frecuencia y sistemas de protecciones de red. El equipo principal es el transformador que se utiliza para adaptar el



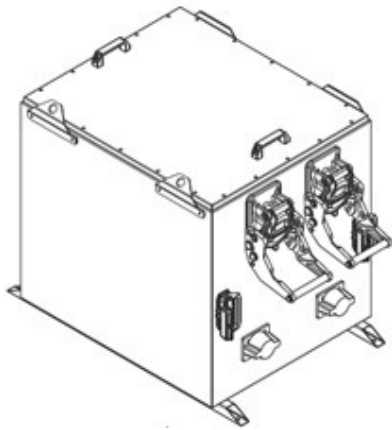
Disposición de los equipos de la subestación (SE-OPS).



nivel de tensión de 25 kV a 6,6 kV y los convertidores de frecuencia.

Tomas eléctricas en el muelle

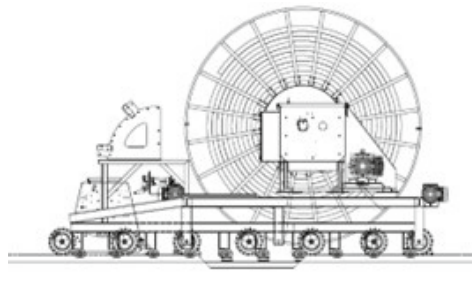
Desde el transformador de la SE-OPS, y a través de celdas de media tensión de protección de línea, partirán las líneas de alimentación hasta las cajas de conexión, ubicadas en el borde muelle. Los conectores de la caja de conexión o cuadro de tomas cumplirán lo prescrito en la norma IEC 62613-1 y IEC 62613-2.



Cajas de conexión.

Cables de conexión de la instalación con el buque

De acuerdo con el estándar ISO 80005-1, el sistema de gestión de cables (SGC) para buques porta-



SGC 100 metros.

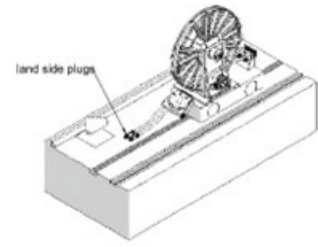
contenedores se dispone en un contenedor a bordo del buque como muestra la figura siguiente.

Los cables descienden desde el buque hasta el muelle, por lo que la instalación está dotada de un sistema de gestión de cables flexible que a modo de carrete o alargador permite su conexión a las cajas o tomas eléctricas.

En este Piloto se han diseñado dos sistemas de gestión de cables autopropulsados, complementarios y localizados en el muelle para facilitar la extensión de los puntos



Sistema de gestión de cables para buques portacontenedores.



SGC 50 metros.

de conexión en 100 metros y 50 metros respectivamente. Ambos podrán ser utilizados alternativamente dependiendo de la posición del buque atracado y de la caja de conexión más cercana.

Instalación OPS para cruceros en el Puerto de Cádiz

La Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz (APBC) realizó un primer análisis de viabilidad para el suministro de electricidad a cruceros en los muelles de la dársena de Cádiz (Alfonso XIII, Reina Sofía y Ciudad), contemplando dos alternativas:

- **OPS (Onshore Power Supply):** la conexión directa de los buques atracados a la red eléctrica general.
- **OGSP (Off-Grid Shore Power):** la electricidad se genera a partir de GNL en el propio muelle.

Tras concluir con este análisis que la mejor alternativa es la OPS, la APBC ha realizado el proyecto básico correspondiente.

Potencia máxima unitaria y energía consumida a lo largo del año por los buques en puerto

Estimación de la demanda de cruceros en el Puerto de Cádiz 2017-2019						
Año	Alfonso XIII		Reina Sofía		Ciudad	
	Potencia máx. (MW)	Energía (MWh)	Potencia máx. (MW)	Energía (MWh)	Potencia máx. (MW)	Energía (MWh)
2017	13,00	4377	9,89	2470	6,12	1599
2018	13,00	7065	10,00	900	6,12	1624
2019	13,00	8104	13,00	1072	7,63	1512
TOTAL	13,00	19 546	13,00	4442	7,63	4735



En los tres años que comprende el periodo analizado (2017-2019), un total de 479 cruceros atracaron en el Muelle Alfonso XIII, suponiendo una ocupación de 5386 horas.

Por su parte, en el Muelle Reina Sofía atracaron un total de 114 buques (1679 horas), mientras que en el Muelle Ciudad hicieron escala 161 cruceros (2501 horas). Estos

buques representan la demanda que se indica en la tablade la página anterior.

Para la demanda total estimada, se ha determinado el porcentaje

Demanda cubierta en función de la potencia y el número de carros disponibles

% DEMANDA CUBIERTA							
Potencia total (MW)	% Buques atendidos	Número carros					
		1		2		3	
		Horas	Energía	Horas	Energía	Horas	Energía
26,19	100,0%	71,27%	49,25%	93,23%	84,55%	99,55%	98,78%
13,00	99,0%	71,27%	49,25%	88,88%	76,82%	92,42%	83,69%
12,50	99,0%	70,91%	48,40%	88,17%	75,44%	91,45%	81,72%
12,00	99,0%	70,91%	48,40%	87,87%	74,83%	91,04%	80,85%
11,50	99,0%	70,91%	48,40%	87,04%	73,04%	90,10%	78,87%
11,00	98,9%	70,59%	47,76%	86,06%	71,20%	88,72%	76,15%
10,50	98,6%	70,37%	47,31%	85,37%	69,92%	87,76%	74,26%
10,00	97,9%	70,35%	47,28%	84,33%	67,69%	86,73%	72,13%
9,50	95,8%	68,88%	44,64%	82,05%	63,79%	84,48%	68,45%
9,00	95,8%	68,88%	44,64%	81,11%	62,00%	83,11%	65,76%
8,50	95,8%	68,88%	44,64%	79,21%	58,22%	80,46%	60,40%
8,00	87,7%	63,98%	37,22%	73,30%	49,55%	74,44%	51,68%
7,50	86,2%	63,26%	36,18%	72,27%	48,10%	73,24%	49,89%
7,00	79,0%	59,24%	30,74%	67,57%	41,94%	68,26%	43,23%
6,50	74,7%	55,73%	26,44%	63,84%	37,86%	64,29%	38,65%
6,00	69,3%	51,83%	22,05%	58,59%	31,14%	59,04%	32,03%
5,50	59,2%	45,18%	15,20%	51,18%	23,89%	51,42%	24,38%
5,00	52,1%	39,44%	9,74%	45,38%	20,14%	45,63%	20,84%
4,50	51,7%	39,28%	9,60%	44,91%	19,20%	45,17%	19,90%
4,00	51,7%	39,28%	9,60%	44,63%	18,46%	44,65%	18,51%
3,50	51,7%	39,28%	9,60%	43,38%	15,36%	43,40%	15,40%
3,00	44,3%	33,64%	6,27%	36,93%	10,88%		
2,50	38,1%	29,87%	4,42%	32,59%	8,01%		
2,00	33,2%	26,27%	2,97%	28,70%	6,17%		
1,50	32,1%	25,23%	2,64%	27,65%	6,00%		
1,00	29,1%	21,31%	1,77%	23,26%	4,69%		
0,50	25,3%	10,12%	0,21%	11,50%	4,60%		
0,00	0,0%						

Horas: Número de horas que los cruceros podrían conectarse al sistema OPS, frente al total de horas de atraque.
Energía: Energía suministrada frente a la energía total demandada.



cubierto de la misma en función de la potencia instalada y el número de sistemas de gestión de cables (carros) disponibles.

Este análisis de la demanda ha permitido establecer las siguientes fases:

- **Fase 1:** Instalación de un sistema de suministro eléctrico a cruceros en el Muelle Alfonso XIII, con una potencia total de 6 MW y la posibilidad de conectar hasta dos buques de forma simultánea. Para ello, en esta fase se incluye la instalación de cajas de conexión y dos sistemas de gestión de cables. En este caso, la solución adoptada logra satisfacer cerca del 60 % de la demanda eléctrica total de los cruceros que operan en el Puerto de Cádiz.
- **Fase 2:** Ampliación de la potencia hasta 12 MW y posibilidad de conectar hasta tres buques de forma simultánea. Para ello, en esta fase se incluye la adquisición de un tercer sistema de gestión de cables, así como la instalación de cajas de conexiones para que puedan conectarse los cruceros que operan en los muelles Reina Sofía y Ciudad. De esta forma, será posible satisfacer más del 90 % de la demanda total de los cruceros.

De esta forma, al final de las dos fases se contará con cajas de conexiones en los tres muelles (Alfonso XIII, Reina Sofía y Ciudad), y con tres sistemas de gestión de cables que permitirían abastecer a hasta tres buques de forma simultánea. La instalación de puntos de conexión en todos los muelles permitirá una mayor flexibilidad de suministro, ya que la posibilidad de dar suministro eléctrico a los cruceros no dependería del lugar donde atraquen.

Requisitos técnicos del suministro eléctrico a cruceros en el Puerto de Cádiz

	Fase 1	Fase 2
Simultaneidad máxima	2	3
Puntos de conexión (total)	5	11
Potencia máxima necesaria	6 MW (7,5 MVA)	12 MW (15,0 MVA)
Voltaje de suministro	6,6 kV – 11 kV	6,6 kV – 11 kV
Frecuencia de suministro	50 y 60 Hz	50 y 60 Hz

Por otra parte, se proponen sistemas de gestión de cables a base de grúas móviles compuestas de un brazo en voladizo que soporta una polea o dispositivo que permite manejar y tender los cables hasta el punto de conexión en el lado buque.

Asimismo, se propone la instalación de cajas de conexiones enterradas, consistentes en pequeñas construcciones subterráneas integradas a lo largo del muelle y donde se encuentran las conexiones eléctricas.

Alternativa OPS seleccionada

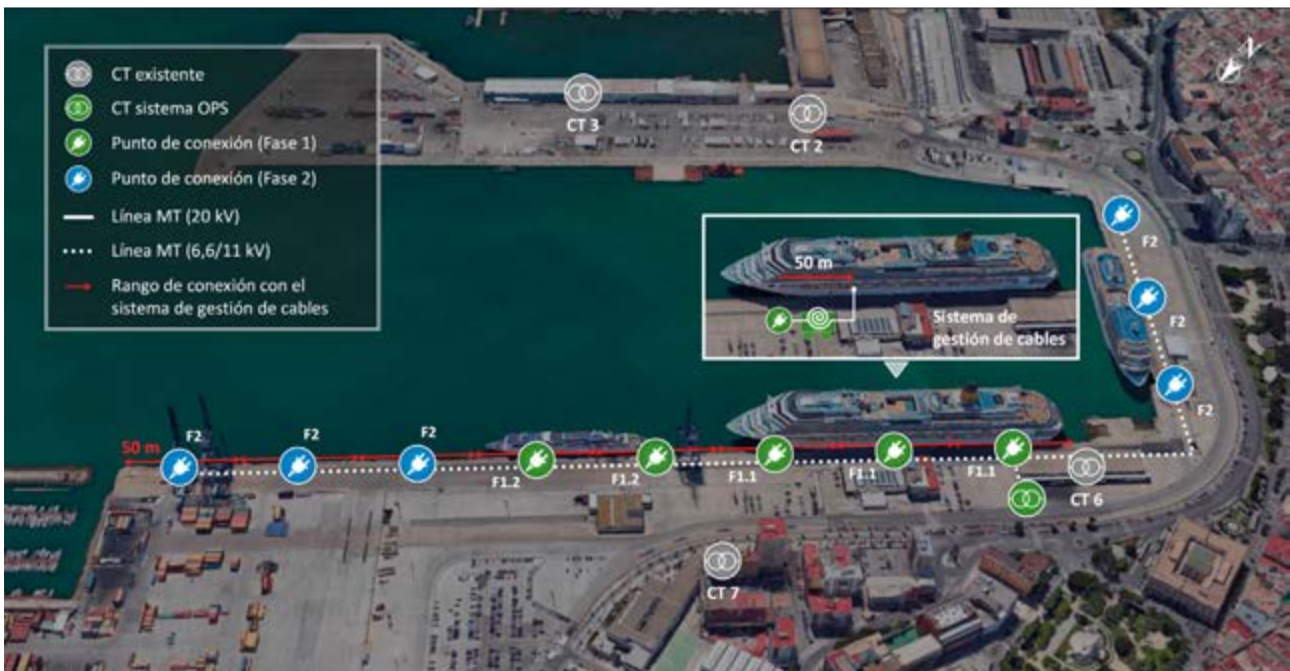
Para ejecutar la alternativa OPS será necesario ampliar la red

eléctrica actual para poder abastecer la energía demandada por los cruceros, ya que actualmente no se dispone de potencia suficiente en el puerto. En particular, será necesaria la instalación de una doble línea de M.T (conductor tipo HEPR Z1 3 (1x240 mm²) Al H16 12/20 kV) desde la subestación Las Cortes hasta el centro de transformación del puerto previsto para el suministro eléctrico a cruceros, tal y como se representa de forma aproximada en el esquema de la figura. Asimismo, será necesaria la dotación en la subestación de dos celdas de potencia en barras de 20 kV y sus correspondientes equipamientos complementarios.

ALTERNATIVA OPS	Fase 1	Fase 2
Ubicación de la instalación	Alfonso XIII – R. Sofía	R. Sofía Ciudad
Simultaneidad máxima	2	3
Puntos de conexión (total)	5	11
Potencia instalada (MW)	6	12
Potencia instalada (MVA)	7,5	16,0
Voltaje de suministro (kV)	6,6 / 11	6,6 / 11
Frecuencia de suministro (Hz)	50 / 60	50 / 60
Sistema de gestión de cables	Grúa móvil	Grúa móvil



Acometida a la red eléctrica.



Esquema de la configuración de la alternativa OPS.

Los parámetros tenidos en cuenta en el análisis económico-financiero para comparar las alternativas OPS y OGSP frente a la generación eléctrica a bordo mediante los motores auxiliares con MGO han sido los siguientes:

● Alternativa OPS:

- **Ampliación de la red eléctrica:** costes de canalización y cableado desde la subestación Las Cortes.

- **Equipos portuarios:** transformador, convertidor de frecuencia, puesta a tierra, conexión muelle-buque, canalización y cableado.
- **Coste de combustible:** coste por la compra de electricidad, considerando un precio de 9,29 c€/kWh.
- **O&M:** costes de operación y mantenimiento (2% de la inversión

capital en instalaciones portuarias).

- **Costes tasa T-1:** incluye la bonificación del 50%.
- **Costes por emisión:** costes asociados a la emisión de CO₂ (100 €/tCO₂ emitida).
- Alternativa OGSP:
 - **Ampliación de la red eléctrica:** no aplica en este caso.
 - **Equipos portuarios:** sistema de generación, sistema de



Comparativa del potencial de reducción de emisiones (total escalas 2017-2019)

Alternativa	CO ₂ (t/año)	NO _x (t/año)	SO _x (t/año)	PM ₁₀ (t/año)	PM _{2,5} (t/año)
Escenario base (MGO)	15 805,7	214,6	93,9	7,2	6,7
OPS desde red (mix actual)	2326,2 (-13 479,5)	4,0 (-210,6)	3,2 (-90,7)	1,9 (-5,3)	1,9 (-4,8)
OPS desde red (energía de origen renovable)	0,0 (-15 805,7)	0,0 (-214,6)	0,0 (-93,9)	0,0 (-7,2)	0,0 (-6,7)
OGSP (generación con GNL)	9907,8 (-5987,8)	124,2 (-90,4)	0,0 (-93,9)	0,0 (-7,2)	0,0 (-6,7)

almacenamiento y regasificación, convertidor de frecuencia, puesta a tierra, conexión muelle-buque, canalización y cableado.

- **Coste de combustible:** coste por la compra de GNL, considerando un precio de 21,01 €/MWh.
- **O&M:** costes de operación y mantenimiento (2,5 % de la inversión capital en instalaciones portuarias).
- **Costes tasa T-1:** incluye la bonificación del 50 %.
- **Costes por emisión:** costes asociados a la emisión de CO₂ (100 €/tCO₂ emitida).

Las alternativas contempladas cuentan con las siguientes ventajas e inconvenientes:

- **Sistema OPS:** implica una inversión inicial ligeramente superior, debido sobre todo a los costes de la acometida a la red. Sin embargo, permite reducir la totalidad de las emisiones de los cruceros en el puerto, y también a nivel global si la energía suministrada procede de fuentes 100 % renovables. Asimismo, aunque las dos tecnologías analizadas presentan suficiente madurez, el OPS cuenta

con muchos más casos de éxito a nivel global.

- **Sistema de generación a partir de GNL (OGSP):** inicialmente implica una inversión menor y permitiría eliminar prácticamente la totalidad de emisiones de SO_x y PM. Sin embargo, las emisiones de CO₂ y NO_x seguirían existiendo, aunque se verían reducidas de forma significativa. Por otra parte, la estacionalidad de los cruceros implica que sea necesario gestionar el GNL evaporado durante los periodos en los que no exista demanda.

La instalación de un sistema de conexión eléctrica para cruceros en el Puerto de Cádiz supondrá la eliminación de gran parte de las emisiones contaminantes que, solo en los 50 kilómetros que rodean al puerto afectan a aproximadamente 900 000 personas. En concreto, se podrían eliminar hasta 12 800 toneladas anuales de GEI (CO₂).

En la tabla superior se resume el potencial de reducción de emisiones que se podría alcanzar con la implementación de cada una de las alternativas contempladas, con relación al escenario actual de emisiones.

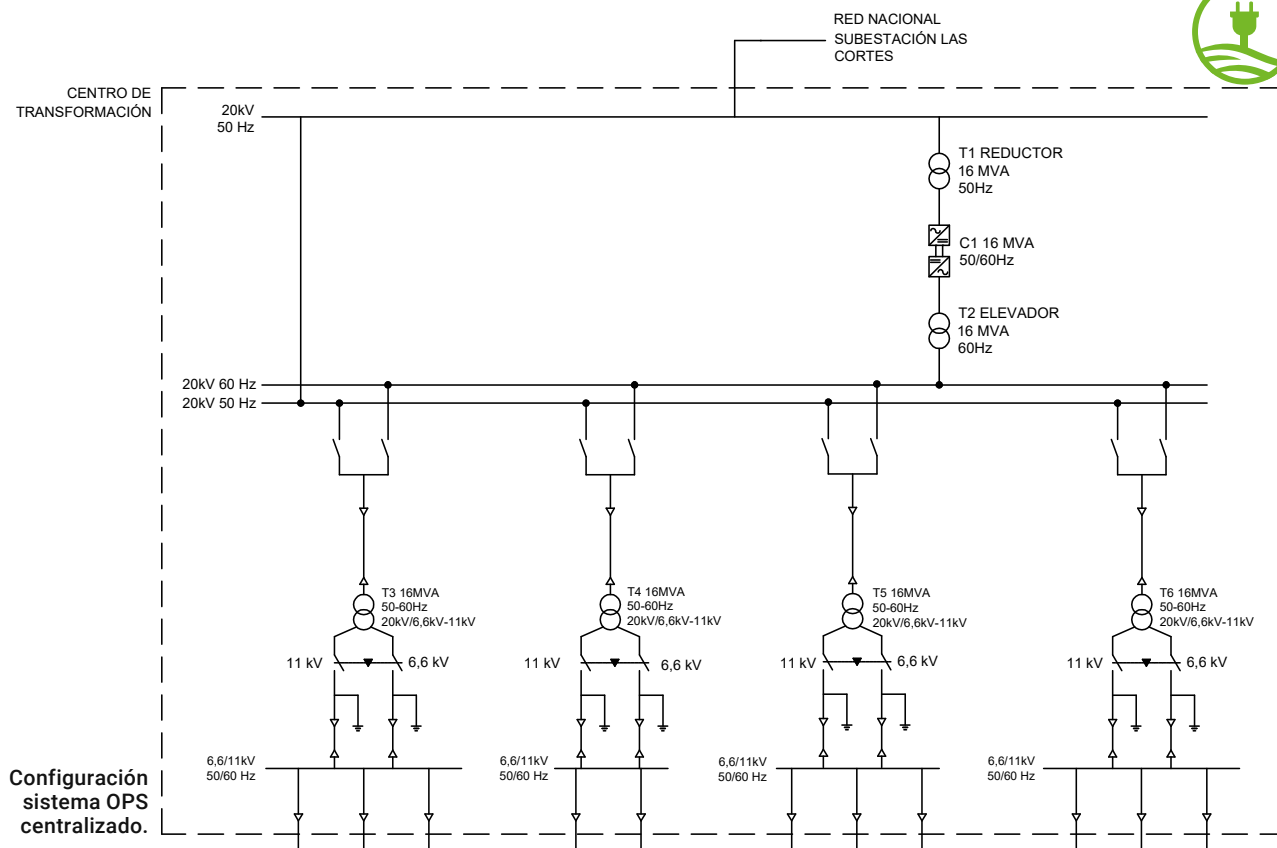
Diseño de la instalación

El diseño responde a la necesidad de alimentar a tres cruceros simultáneamente cuya demanda total de potencia no supere los 16 MVA. Se contemplan 11 puntos de conexión en los tres muelles y se dispondrá de tres sistemas de gestión de cables. La potencia máxima que puede suministrar una caja de conexión está limitada por la máxima potencia del sistema, establecida en 16 MVA.

Los valores de voltaje y frecuencia del sistema serán 6,6 kV y 11 kV, y 50 Hz y 60 Hz; en cada caja de conexiones habrá disponibles cualquier combinación de ambas.

De las dos configuraciones que se han estudiado, según si el sistema OPS está centralizado o no, se ha elegido la configuración centralizada en base a las razones siguientes:

- Se necesita menos espacio de instalación.
- Se requiere un único sistema de conversión frente a los tres de la opción rechazada (los equipos de electrónica de potencia –convertidores de frecuencia– y de adecuación de tensión –transformadores– son los que más encarecen la instalación).



La conversión de frecuencia será con aparatada de conexión con doble barra, donde el convertidor de frecuencia se acopla a una de las barras (bus de 60 Hz) a través de un transformador reductor y un transformador elevador. Para permitir la conexión simultánea de buques de 50 Hz y 60 Hz en los

distintos muelles, se integra una barra adicional (bus de 50 Hz), que se conecta directamente a la red general.

La instalación constará de cuatro áreas de conexión, cada una de ellas con un transformador de aislamiento: una para el Muelle Alfonso XIII, otra para el Muelle Ciudad, y

dos para el Muelle Reina Sofía. Este muelle es el de mayor longitud, por ello se han previsto dos áreas de conexión que darán servicio a 2 cajas de conexión en Fase 1 y tres cajas de conexión en Fase 2. El servicio a cruceros está limitado a un solo crucero conectado por un transformador de aislamiento.

Las cajas de conexión se instalarán espaciadas a 100 metros de forma que usando un sistema de gestión de cables de 50 metros se cubra toda la longitud de los muelles.

En la actualidad la APBC ha redactado el proyecto de ejecución de la conexión de la instalación a la red general en la subestación eléctrica de Las Cortes. La instalación propiamente dicha será ejecutada por Endesa X que acometerá la primera fase para dar servicio de suministro eléctrico a cruceros en el Muelle Alfonso XIII con una potencia de 16 MVA. La previsión de entrada en servicio de la instalación es el verano de 2024. ■

Planta general de la instalación.

