



## ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	2
2. DESCRIPCIÓN DEL PUERTO BAHÍA DE CÁDIZ .....	3
2.1. TRÁFICO DE CONTENEDORES.....	6
2.1.1. MUELLE REINA SOFÍA.....	7
2.1.2. NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES.....	8
2.2. SERVICIOS PORTUARIOS.....	10
2.2.1. PRACTICAJE .....	10
2.2.2. REMOLQUE .....	10
2.2.3. AMARRE .....	10
2.2.4. RECOGIDA DE RESIDUOS MARPOL .....	10
3. METODOLOGÍA.....	11
3.1. CATEGORÍA DE EMISIONES DE GEI.....	13
3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO.....	13
4. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GEI.....	14
4.1. BASES DE PARTIDA .....	14
4.2. DEFINICIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN .....	19
4.3. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN EL MUELLE REINA SOFÍA .....	20
4.3.1. TRÁFICO DE MERCANCÍAS .....	20
4.3.2. SERVICIOS PORTUARIOS .....	22
4.3.3. OTRAS EMISIONES .....	23
4.3.4. EMISIONES TOTALES.....	23
4.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN LA NTC .....	24
4.4.1. TRÁFICO DE MERCANCÍAS .....	24
4.4.2. SERVICIOS PORTUARIOS .....	26
4.4.3. OTRAS EMISIONES .....	27
4.4.4. EMISIONES TOTALES.....	27
4.5. RESULTADOS .....	28
5. APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES HORIZONTE 2030 .....	32
6. NOTAS FINALES Y FIRMAS .....	32

## 1. INTRODUCCIÓN

La Autoridad Portuaria de la Bahía de Cádiz (en adelante APBC) se encuentra actualmente inmersa en un proceso de ampliación de las infraestructuras dedicadas al tráfico de contenedores en el Puerto de la Bahía de Cádiz. En el año 2010 fue aprobada la Declaración de Impacto Ambiental de la Nueva Terminal de Contenedores (NTC), que comprendía las obras de las Fases I y II. La Fase I se construyó entre los años 2011 y 2016, mientras que la Fase II será ejecutada próximamente. Con el objetivo de obtener financiación del Banco Europeo de Inversiones para la construcción de la fase II se solicita que el EIA se actualice, entre otros aspectos, con un estudio de la huella de carbono de la situación actual y futura de la NTC, tanto en fase construcción como de explotación. Con tal motivo, se desarrolla dicho estudio, teniendo en cuenta tanto los tráficos de contenedores en los pasados años como los previstos como consecuencia del desarrollo de la fase II, además de las emisiones asociadas a las obras de construcción de las infraestructuras necesarias.

La huella de carbono (en adelante HC) expresa la cantidad de gases de efecto invernadero en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente asociadas a la actividad del puerto. El análisis de la HC facilitará la evaluación de los impactos globales asociados a la actividad portuaria analizada, así como la identificación de aquellas etapas que se consideren problemáticas desde el punto de vista ambiental. Su estimación constituye, por tanto, un punto de partida esencial para que la APBC pueda identificar e impulsar estrategias y acciones encaminadas a reducir las emisiones y optimizar los consumos energéticos.

La evaluación del impacto producido por las emisiones se lleva a cabo mediante la realización previa de un inventario de Gases de Efecto Invernadero (GEI) emitidos a la atmósfera. Este inventario se basa en el procedimiento de cálculo GHG Protocol, cuyo objetivo es plantear de forma ordenada un inventario de focos de emisión a la atmósfera, de forma que se contabilicen los focos de emisión y las actividades susceptibles de generar emisiones. Se tomarán como base metodologías reconocidas y contrastadas por instituciones de prestigio en estimación del impacto del cambio climático y emisiones de GEI tales como: *World Resources Institute*, *World Business Council on Sustainable Development*, *World Ports Climate Initiative* a través de su grupo *Carbon Footprint Working Group*, las “Recomendaciones para la Estimación de las Emisiones de GEI en la Evaluación Ambiental de Planes y Proyectos de Transporte” y la “*Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos*”, de Puertos del Estado, elaborada en colaboración con el CEDEX (en adelante, *Guía PdE*).

Los gases de efecto invernadero que contribuyen al aumento del calentamiento global son, principalmente: el dióxido de carbono (responsable del 53% del nivel del calentamiento global), el metano, los compuestos halogenados como los CFCs, HCFCs, HFCc, PFCc, SF<sub>6</sub> o NF<sub>3</sub>, el ozono troposférico y el óxido nitroso. El indicador de emisiones de GEI mide las emisiones anuales de los gases de efecto invernadero ponderadas en función del potencial de calentamiento global de cada uno y se expresa en toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente emitidas al año. Es el indicador utilizado en el marco del Protocolo de Kioto y es uno de los indicadores principales de la Agencia

Europea del Medio Ambiente. Así, los gases de efecto invernadero son convertidos a su valor de dióxido de carbono equivalente (CO<sub>2</sub>eq.) multiplicando la masa del gas en cuestión por su potencial de calentamiento global (GWP), de forma que se normalizan las emisiones de los diferentes gases de efecto invernadero en unidades de CO<sub>2</sub>eq.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL PUERTO BAHÍA DE CÁDIZ

La Bahía de Cádiz, por su ubicación cercana al Estrecho de Gibraltar, es un punto de confluencia del tráfico marítimo intercontinental, conformando un enclave estratégico al concurrir en ella los trayectos de los dos grandes flujos de tráfico marítimo (Europa-África y América-Mediterráneo). Así, su posición geoestratégica lo convierte en la puerta sur de Europa, estando comunicado con tres continentes.



Imagen 1: Vista aérea del Puerto Bahía de Cádiz. Fuente: Google Earth

El Puerto Bahía de Cádiz está ubicado en la provincia de Cádiz, al Sur de la Península. Está formado por cuatro dársenas comerciales, situadas en los términos municipales de Cádiz, Puerto Real y El Puerto de Santa María: Cádiz, Zona Franca, La Cabezuela- Puerto Real y El Puerto de Santa María.

En cuanto a conexiones, Cádiz y su bahía están conectadas por tierra, mar y aire. El Puerto está directamente conectado a las autovías y autopistas del Sur de España, con acceso a la N-IV y a la autopista Cádiz-Sevilla, que conectan con toda la red viaria nacional. Asimismo, la autovía A-381 vertebrada la provincia en el eje Norte-Sur, enlazando con la autovía del Mediterráneo. Por vía aérea, el puerto se encuentra a 40 km del aeropuerto de Jerez de la Frontera, que cuenta con servicio de aduanas, lo que permite ampliar la zona de influencia del puerto. Por último, la conexión ferroviaria se realiza desde la terminal situada en la ciudad del transporte de Jerez, con acceso a menos de 600 m a la Autovía del sur (A-4). En este aspecto, cabe destacar que están previstos nuevos accesos ferroviarios a la NTC, lo que favorecerá la intermodalidad en el tráfico de contenedores, aspecto clave para el desarrollo y fomento del mismo.

El ámbito de los trabajos se encuentra en la dársena de Cádiz, concretamente en el muelle Reina Sofía, donde se ha operado el tráfico de contenedores en los últimos años, y en la NTC, donde se operarán los nuevos tráficos de contenedores del puerto. Las características principales actuales de estas infraestructuras son las siguientes:

Infraestructura	Longitud (m)	Calado (m)	Ancho (m) <sup>1</sup>	Empleo
Reina Sofía 1ª fase	400	10,50 (dragado a la cota -11)	30,0	Contenedores
Reina Sofía 2ª fase	200	11,50 (dragado a la cota -12)	30,0	Contenedores
NTC Fase I (muelle de La Galeona)	590	15,50 (dragado a la cota -16)	50,0	Contenedores

Tabla 1: Infraestructuras actuales dedicadas al tráfico de contenedores. Fuente: APBC



Imagen 2: Terminal de contenedores actual. Muelle Reina Sofía. Fuente: APBC

<sup>1</sup> Ancho de la zona de operaciones

La cercanía a la ciudad de la actual terminal de contenedores y las expectativas de crecimiento del tráfico de contenedores, fueron un aspecto clave para el desarrollo de la NTC. Actualmente se encuentra construida la primera fase, compuesta por un muelle con las características mencionadas, cerrado por el lado norte por un dique de escollera y bloques tipo S y por el lado sur con una mota de cierre y por el lado oeste con el dique de levante existente.



*Imagen 3: Primera fase de la NTC ya ejecutada. Fuente: APBC*

La segunda fase se ejecutará a continuación de la primera. Se trata de un muelle de longitud 510 m y calado de 15,50 m, como en el caso de la primera, sumando un total de línea de atraque de 1.100 m. En total se generará una superficie de alrededor de 38 ha para el tráfico de contenedores en el Puerto. Por el lado sur la ampliación se cerrará con el Muelle nº5 de Navantia y por el lado suroeste con los rellenos de la antigua desgasificadora. Este nuevo muelle proyectado estará formado por 13 cajones de hormigón armado, y será necesario realizar un dragado para la eliminación de fangos en la zona de cimentación hasta la cota -17,5 m. Asimismo, será necesario realizar un dragado general a la cota -16 m frente al muelle, cuyo material se aprovechará parcialmente para conformar la explanada de NTC.



Imagen 4: Planta de las fases I y II de la NTC. Fuente: APBC

## 2.1. TRÁFICO DE CONTENEDORES

En el año 2021 se registró un tráfico total de casi 5 millones de toneladas en la APBC, suponiendo un crecimiento con respecto al año anterior de un 10,8%. Dentro del tráfico total, el tráfico de contenedores representa un 35%, y en el último año ha experimentado un crecimiento muy representativo.



Imagen 5: Tráfico total APBC en el año 2021. Fuente: Memoria anual APBC 2021

Debido a que este estudio se divide en dos partes diferenciadas, se analizan los tráficos de contenedores de la misma forma. Por un lado, el tráfico en la terminal de contenedores en el

muelle Reina Sofía en los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021, y por el otro el tráfico previsto por el concesionario para la NTC. Los datos de partida empleados son los proporcionados por la APBC.

### 2.1.1. MUELLE REINA SOFÍA

Como se ha mencionado previamente, actualmente el tráfico de contenedores se encuentra ubicado en la terminal del muelle Reina Sofía.

Durante el año 2021, el tráfico de contenedores ha experimentado un crecimiento significativo, pasando de un tráfico de 74.387 TEU en el año 2020 a 179.175 TEU en el año 2021. Desde el año 2017, se produjo un descenso desde 54.580 TEU hasta 21.482 TEU en el año 2019, año en el que, de los estudiados, se registra el menor tráfico. Con respecto al año 2017, el crecimiento ha sido de un 228%.

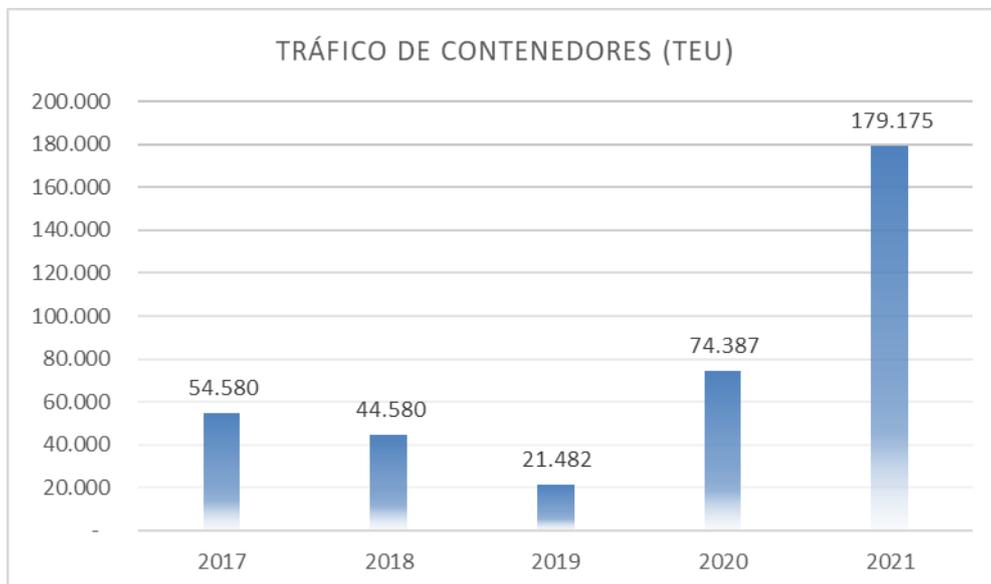


Imagen 6: Evolución del tráfico de contenedores en la terminal de Reina Sofía. Fuente: APBC, elaboración propia

En líneas generales, durante el periodo de estudio los contenedores embarcados han representado entre el 41% y el 52% del total. Por otro lado, en cuanto al tráfico import- export y de tránsito, durante los tres primeros años este último ha sido muy poco representativo, situándose de media en el 1,33%. Sin embargo, en los años 2020 y 2021 el tráfico de tránsito ha sido más representativo, suponiendo 73,3% en el año 2020 y un 34% en el año 2021.

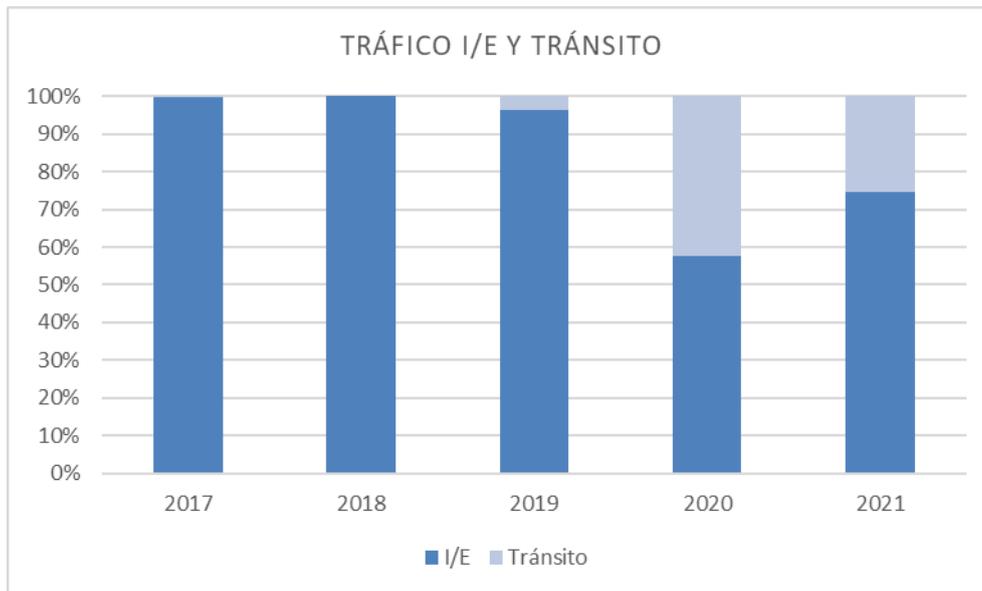


Imagen 7: Evolución del tráfico de contenedores I/E y tránsito. Fuente: APBC, elaboración propia

En cuanto al número de buques portacontenedores, se muestran en la siguiente tabla:

Año	Buques portacontenedores
2017	154
2018	123
2019	80
2020	320
2021	666

Tabla 2: Buques portacontenedores en la APBC en los años de análisis. Fuente: APBC

### 2.1.2. NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES

Debido a que la NTC todavía no ha entrado en servicio, los tráfcos tomados para el estudio de la huella de carbono son los previstos por el concesionario de la terminal. Así, se toman los datos de los tráfcos previstos por el terminalista, así como las hipótesis de intermodalidad que realiza.

Está previsto que la explotación de la terminal comience en julio del año 2026 y se extienda hasta el año 2074. Los tráfcos previstos se muestran a continuación:

2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
-	136.264	271.365	291.252	311.815	333.073	355.045	363.467	372.082	380.896
2035	2036	2037	2038	2039	2040	2041	2042	2043	2044
389.913	399.137	408.574	418.227	428.103	438.205	448.540	459.112	469.926	480.989
2045	2046	2047	2048	2049	2050	2051	2052	2053	2054
492.305	503.881	515.721	527.833	532.723	532.777	532.831	532.886	532.940	532.994
2055	2056	2057	2058	2059	2060	2061	2062	2063	2064
533.048	533.103	533.157	533.211	533.266	533.320	533.374	533.428	533.483	533.537
2065	2066	2067	2068	2069	2070	2071	2072	2073	2074
533.591	533.645	533.700	533.754	533.808	533.862	533.917	533.971	534.025	534.079

Tabla 3: Tráficos previstos (TEU) por el concesionario de la NTC. Fuente: APBC

En el siguiente gráfico se muestra la evolución de los mismos:

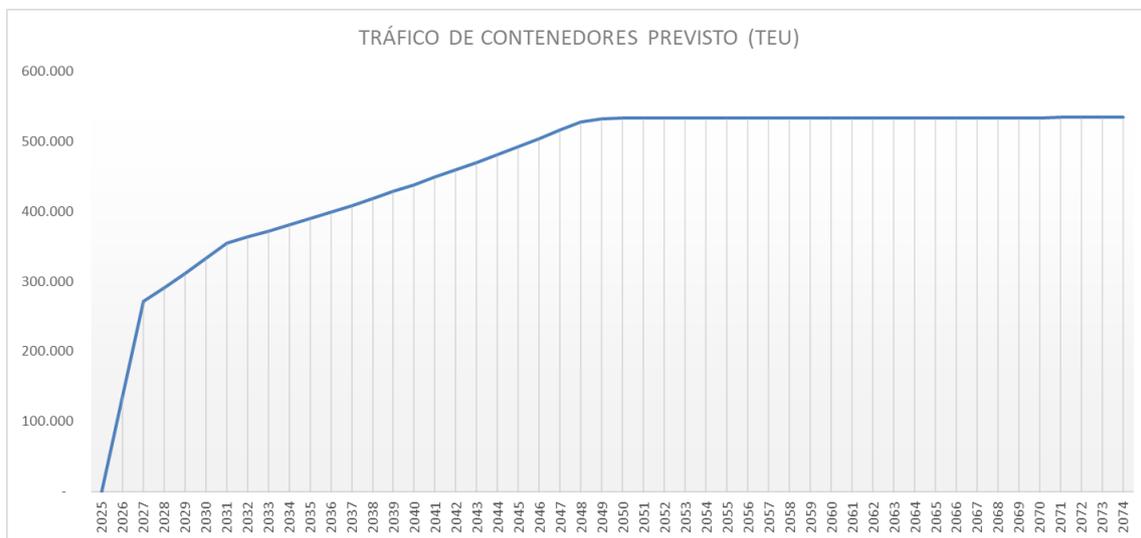


Imagen 8: Evolución del tráfico previsto en la NTC. Fuente: APBC, elaboración propia

Como se puede apreciar en la imagen anterior, se prevé un crecimiento rápido del tráfico en los primeros años, aumentando en un 99% entre los años 2026 y 2027. A continuación, la tendencia se suaviza entre los años 2028 y 2048, estando el crecimiento en torno al 7% en los primeros años y aproximadamente en el 2.4% en los siguientes. Por último, a partir del 2050 el tráfico previsto se estabiliza, manteniéndose con pequeñas variaciones hasta el año 2074.

En base a los tráfico comprometidos por el concesionario se extrae la conclusión de que el tráfico import/export representará una media de un 84,3% del total, frente a un 15,7% del tráfico en tránsito.

En cuanto a la intermodalidad del tráfico operado, hasta el año 2030 se estima que el tráfico en ferrocarril ascienda entre el 12% y el 16% del total, considerando que el resto de TEU se movilizan por carretera. A partir del año 2030 y hasta el final del periodo considerado, el porcentaje se estabiliza, considerando que el tráfico en ferrocarril será el 17% del total.

## **2.2. SERVICIOS PORTUARIOS**

El tráfico de buques en un puerto lleva asociada la prestación de una serie de servicios portuarios como son el practicaaje, el remolque, el amarre y la recogida de residuos MARPOL. En los siguientes apartados se describen las características principales de los servicios prestados en el puerto Bahía de Cádiz.

### **2.2.1. PRACTICAJE**

El practicaaje es un servicio universal, obligatorio para buques de más de 500 GT o de cualquier tamaño siempre y cuando transporten mercancías peligrosas. Está dirigido a garantizar la seguridad del puerto e instalaciones portuarias, del buque, del medioambiente y de la vida humana.

Actualmente el servicio de practicaaje en el puerto de la Bahía de Cádiz lo presta la Corporación de Prácticos de Cádiz, que cuentan con una embarcación para el servicio.

### **2.2.2. REMOLQUE**

El servicio de remolque portuario es aquel que se encarga de la operación náutica de ayuda a la maniobra de un buque, el remolcado, según las instrucciones de su capitán, mediante el auxilio de otros buques, los remolcadores, que proporcionan su fuerza motriz o, en su caso, el acompañamiento o su puesta a disposición dentro de los límites de las aguas incluidas en la zona de servicio del puerto. Durante el servicio, corresponde al capitán del buque remolcado el mando y la dirección de cualquier maniobra.

Actualmente en el puerto de la Bahía de Cádiz el servicio de remolque lo presta la empresa Servicios Auxiliares de puertos, S.A., que cuenta con un total de 5 remolcadores.

### **2.2.3. AMARRE**

El servicio de amarre es aquel cuyo objetivo es recoger las amarras, portarlas y fijarlas a los elementos dispuestos en los muelles o atraques para ese fin, según las instrucciones del capitán del buque, en el sector de amarre designado por la Autoridad Portuaria, y en el orden y con la disposición conveniente para facilitar las operaciones de atraque, desamarre y desatraque.

Actualmente el servicio de amarre en el puerto de la Bahía de Cádiz lo presta la empresa Amarradores del puerto de Cádiz, S.L.

Es necesario tener en cuenta que, a la hora de realizar el estudio de emisión de GEI, no se ha tenido en cuenta esta actividad, pues se considera que las emisiones de CO<sub>2</sub> son despreciables frente al resto de actividades.

### **2.2.4. RECOGIDA DE RESIDUOS MARPOL**

El servicio portuario de recepción de deshechos generados por buques consiste en la recogida de deshechos generados por buques y, en su caso, el almacenamiento, clasificación y tratamiento previo de los mismos en la zona de servicio del puerto, y su traslado a una instalación de tratamiento autorizada por la administración competente.

Los desechos generados por buques son todos aquellos desechos, incluyendo aguas residuales y los residuos distintos de la carga, producidos por el buque y que están regulados por los anexos I y IV (líquidos) y V (sólidos) del convenio internacional para prevenir la contaminación ocasionada por buques, de 1973, modificado por su protocolo de 1978, en su versión vigente (MARPOL 73/78). En el Puerto de Bahía de Cádiz se recogen los residuos de tipo I y V.

Las empresas prestadoras de este servicio en el puerto de Bahía de Cádiz son Construcciones Occidentales de Andalucía, S.A. y SERTEGO Servicios Medioambientales, SLU.

### **3. METODOLOGÍA**

Los trabajos a desarrollar se dividen en dos etapas claramente diferenciadas, acordes con la situación actual y futura del tráfico de contenedores en el Puerto de Bahía de Cádiz:

- **Etapas:** Etapa 1: Terminal de contenedores actual (muelle Reina Sofía)

En esta etapa se analiza la huella de carbono asociada al tráfico de contenedores en el muelle Reina Sofía, donde se sitúa la actual terminal de contenedores. La evaluación de la HC incluye todo lo relativo al tráfico de este tipo de mercancía: tráfico de marítimo, terrestre, maquinaria empleada y servicios portuarios asociados.

Se realiza este análisis para los años 2017, 2018, 2019, 2020 y 2021.

- **Etapas:** Etapa 2: Nueva Terminal de Contenedores

En esta fase se estima la huella de carbono esperada en el futuro, con la entrada en servicio de la NTC al completo. De la misma forma que en el caso anterior, se incluye todas las actividades asociadas al tráfico de contenedores en la nueva terminal. Este análisis permitirá a la APBC tener una visión del impacto esperado por el desarrollo de las nuevas infraestructuras.

En vista a la Imagen 8, se toman como años de análisis el 2031 y el 2048, por producirse puntos de inflexión en el tráfico de contenedores previsto.

A continuación, se expone de forma breve la metodología empleada para realizar el análisis del indicador huella de carbono. Los pasos descritos se llevarán a cabo para los años mencionados anteriormente.

#### **1) Bases de partida**

En primer lugar, se lleva a cabo un análisis de todo lo que implica el tráfico objeto del trabajo. Se recopila y analiza la información relativa a las escalas realizadas en los años correspondientes, el transporte terrestre que se moviliza con ellas, los servicios portuarios que se le prestan a los buques y los medios materiales existentes para llevar a cabo la operativa.

Por otro lado, se establecen las rutas tipo realizadas por los buques desde que entran en la zona portuaria hasta llegar al muelle, así como por los vehículos de transporte terrestre (vehículos pesados y/o ferrocarril).

## **2) Definición de los factores de emisión**

Los factores de emisión son parámetros que indican la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada unidad de consumo. Varía en función del tipo de actividad estudiada y según el elemento a analizar, dependiendo, entre otros aspectos, del tipo de combustible empleado.

En esta fase se definirán los factores a emplear en las siguientes fases de los trabajos. Se obtienen principalmente de la *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos. Puertos del Estado* y del *Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico*.

## **3) Cálculo de las emisiones de GEI y huella de carbono del tráfico de contenedores en el muelle Reina Sofía**

Una vez establecidas las bases anteriores para la realización del estudio, se calculan los consumos estimados de las diferentes fuentes de emisión, esto es: buques, vehículos terrestres y maquinaria. A continuación, se multiplican por los factores de emisión correspondientes, con lo que se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub>eq. producidas por el tráfico de contenedores.

Con ello, se calcula el indicador huella de carbono, relacionando el CO<sub>2</sub>eq. estimado con el volumen de mercancía operado.

## **4) Cálculo de emisiones de GEI y huella de carbono del tráfico de contenedores en la NTC**

Por último, se calcula el indicador huella de carbono en la NTC. Para ello, se llevan a cabo los mismos pasos descritos anteriormente, adaptando los datos a las nuevas rutas de cada medio de transporte hasta la nueva terminal y modificando los tráficos, tomando los previstos por la empresa concesionaria de la terminal.

### **Cálculo de las emisiones producidas en la fase de construcción de la NTC**

Por último, y de forma independiente a los puntos anteriores, se calcularán las emisiones asociadas a la ejecución de las obras de la nueva terminal, tanto de la fase I como de la fase II. Cabe destacar que estas emisiones son pasajeras, ya que una vez que se terminen las obras, éstas desaparecen.

Los cálculos correspondientes a las fases de construcción se incluyen en el Anexo 1 de este documento.

### **3.1. CATEGORÍA DE EMISIONES DE GEI**

El término *Alcance*, habitual en metodologías con reconocimiento internacional como el *GHG Protocol* o la norma ISO 14064, se emplea para caracterizar la huella de carbono y definir y clasificar las fuentes emisoras consideradas en el cálculo.

A continuación, se definen los 3 alcances existentes, empleados habitualmente en los análisis de HC:

- **ALCANCE 1: Emisiones directas.**

Son las emisiones directas liberadas en el lugar donde se produce la actividad portuaria y son producidas por fuentes que son propiedad de, o están controladas de forma directa por la Autoridad Portuaria. En este alcance se incluyen, por ejemplo, las emisiones procedentes de la combustión en edificios de la Autoridad Portuaria, o las derivadas del consumo de combustible del parque móvil o maquinaria de su propiedad.

- **ALCANCE 2: Emisiones indirectas.**

Son las emisiones asociadas a la generación de electricidad adquirida y consumida por la Autoridad Portuaria para el desarrollo de sus actividades.

- **ALCANCE 3: Otras emisiones indirectas.**

Son el resto de las emisiones, consecuencia de las actividades reguladas por la Autoridad Portuaria, pero que ocurren en fuentes que son propiedad o están controladas por otra organización. En este alcance se incluyen, por ejemplo, las emisiones asociadas a la actividad de las terminales de mercancías, teniendo en cuenta tanto los buques como la movilidad terrestre, y los servicios portuarios.

En el presente análisis se contabilizan, como se ha mencionado, las emisiones asociadas al tráfico de contenedores en el puerto de Bahía de Cádiz en los cinco pasados años, y en el futuro, con el desarrollo de la NTC. Debido a que el estudio pretende contabilizar las emisiones de la APBC, la mayoría de las emisiones pertenecen al alcance 3, ya que no se encuentra bajo el control de la Autoridad Portuaria. No obstante, las emisiones producidas por el consumo eléctrico de los viajes de acceso a las terminales, así como de las terminales, son propiedad de la APBC, por lo que pertenecerán al alcance 2. Las emisiones se estimarán en función de tráficos y características de las operaciones, y no de los consumos (que incorporarían fuentes de consumo ajenas a la actividad portuaria).

### **3.2. ÁMBITO DE ESTUDIO**

Previo a la realización del inventario de emisiones, debe delimitarse el espacio portuario a incluir en los estudios. Siguiendo la Guía PdE, en este estudio se calculan las emisiones producidas dentro de la zona de servicio del puerto de Bahía de Cádiz, tanto en el lado tierra como en el lado mar, vinculadas únicamente al tráfico de contenedores.

Principalmente se trata de operaciones vinculadas con la carga y descarga de mercancías, transporte de las mismas dentro de la zona de servicio, prestación de servicios portuarios... Así, se engloban todas las emisiones producidas dentro del recinto, destacando que en lo referente a medios de transporte (vehículos pesados, buques y ferrocarril) se incluyen únicamente los recorridos medios estimados en la zona de servicio del puerto (terrestre y marítima).



*Imagen 9: Terminal del muelle Reina Sofía (actual) y Nueva Terminal de Contenedores. Fuente: Elaboración propia*

#### **4. EVALUACIÓN DE EMISIONES DE GEI**

El calentamiento global y el cambio climático son dos aspectos fundamentales a tener en cuenta en la actualidad con el desarrollo de cualquier actividad. Es por ello que la evaluación de las emisiones de GEI producidas, consideradas por el IPCC como la causa principal del calentamiento del sistema climático y, en consecuencia, de la subida del nivel del mar y el cambio climático, es una manera de estudiar las fuentes de emisión que están provocando estos cambios, permitiendo adoptar medidas de mitigación.

##### **4.1. BASES DE PARTIDA**

Para realizar el cálculo de emisiones expuesto a continuación se han dividido las emisiones de GEI en dos subpartados: las que se producen en el lado tierra, por maquinaria de carga/descarga y vehículos de transporte, y las que se producen en el lado mar, por los buques portacontenedores.

Los tráficos considerados en los años objeto son los siguientes:

Año	TEU	Toneladas	I/E	Tránsito	Buques
2017	54.580	481.431	54.443	137	154
2018	44.580	333.895	44.574	6	123
2019	21.482	153.527	20.711	771	80
2020	74.387	732.433	42.924	31.463	320
2021	179.175	1.538.285	133.878	45.297	666
<b>Estimaciones a futuro</b>					
2031	355.045	2.974.492	296.051	58.994	1.231
2048	527.833	4.422.073	473.361	54.472	1.829

*Tabla 4: Tráficos considerados en el análisis. Fuente: APBC*

Según datos del terminalista, existen actualmente 124 huellas para contenedores refrigerados, cada una de la cuales tiene dos alturas. En cuanto al tráfico de este tipo, se tiene una ocupación media del 80%, dato que se empleará para todos los años. En cuanto a la NTC, están previstas 120 huellas con tres alturas. Se supone que se continúa con la ocupación del 80% durante los primeros años, pasando al 100% en el año 2048.

Como se ha mencionado, se consideran las emisiones producidas dentro de la zona portuaria. Por este motivo, las rutas tipo consideradas, tanto para buques como para transporte terrestre, se encuentran delimitadas por la zona de servicio del puerto.

En cuanto al lado mar, dentro de cada ruta se distinguen dos distancias: la correspondiente a la zona I de aguas, donde se considera que los buques están en zona de maniobra, y la de la zona II, donde los buques están en crucero. De la misma forma que en el caso de la zona terrestre, se toman las distancias únicamente dentro de la zona de servicio del puerto.

Considerando que el tiempo de estancia medio de un buque portacontenedores en el Puerto de Cádiz es de 16,3 h (según la *Guía PdE*), se calculan los tiempos de crucero, maniobra y atraque a tener en cuenta para el cálculo del consumo.



Imagen 10: Rutas consideradas en la zona II de aguas. Fuente: Elaboración propia

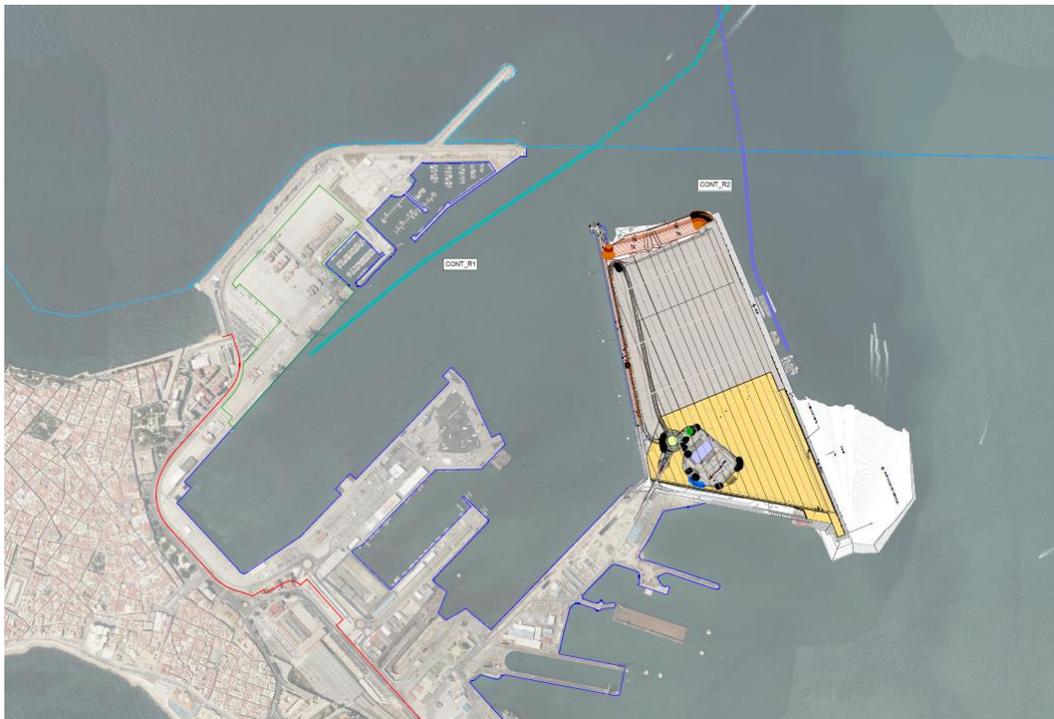


Imagen 11: Rutas consideradas en la zona I de aguas. Fuente: Elaboración propia

Ruta	Distancia zona I (km)	Distancia zona II (km)	Tiempo de cruce (h)	Tiempo de maniobra (h)	Tiempo de atraque (h)
Ruta Reina Sofía	2,2	31,4	1,2	0,4	14,7
Ruta NTC	1,4	28	1,1	0,3	14,9

Tabla 5: Rutas estimadas para los buques portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

En cuanto al transporte terrestre, se consideran tres rutas tipo, una hacia el muelle Reina Sofía para los años desde el 2017 hasta el 2021, y dos hasta la NTC para los años 2031 (primera fase en explotación) y 2048 (explotación de la NTC completa).

Según la operativa de carga de la terminal, los vehículos pesados llevan la mercancía hasta el acceso de la terminal, donde se recoge con *reach stackers* y se carga en las cabezas tractoras, que lo llevan a su lugar de almacenamiento, hasta el momento de cargarla al buque, donde la forma de traslado es la misma. Para la operativa de descarga se realiza a la inversa.

Para obtener el número de vehículos pesados de cada ruta se parte del número de TEU operadas en cada uno de los años y se emplea el ratio de 1,6 TEU/vehículo. Asimismo, para el cálculo del número de vehículos solo se tienen en cuenta las TEU import-export, ya que las de tránsito permanecen en la terminal. Debido a la operativa expresada anteriormente, se tendrán rutas diferentes para los vehículos pesados y para las cabezas tractoras. Las distancias consideradas son de ida y vuelta.

Ruta	Distancia vehículos pesados (km)	Distancia cabezas tractoras (km)	2017	2018	2019	2020	2021	2031	2048
<b>Muelle Reina Sofía</b>									
R1 (Acceso-Terminal RS)	3,2	1,3	34.027	27.859	12.945	26.828	83.674	-	-
<b>NTC- vehículos pesados</b>									
R2 (Acceso-NTC 2031)	3,8	1,6	-	-	-	-	-	153.577	-
R3 (Acceso-NTC 2048)	3,8	3,4	-	-	-	-	-	-	245.557

Tabla 6: Número de vehículos (vehículos pesados=cabezas tractoras) estimados por ruta. Fuente: Elaboración propia

En la Imagen 12 se muestran las rutas tipo tomadas para el transporte terrestre en las dos situaciones de análisis.

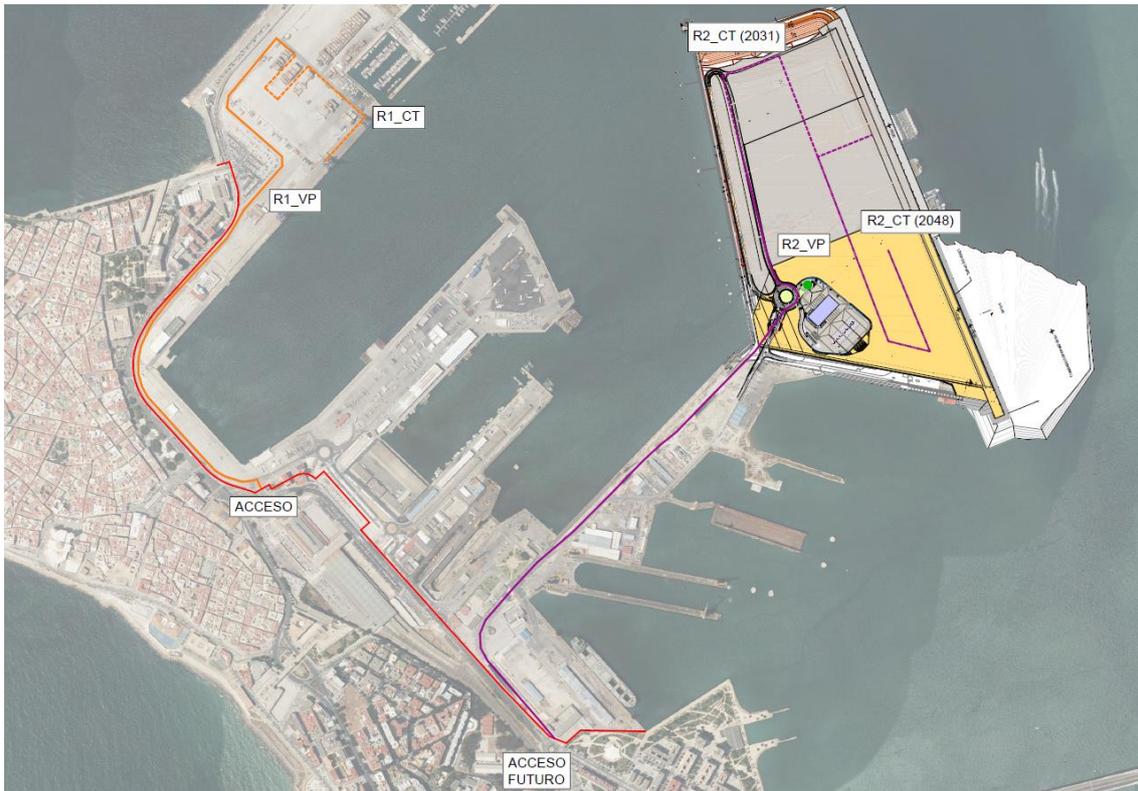


Imagen 12: Rutas tipo de los vehículos terrestres. Fuente: Elaboración propia



Imagen 13: Ruta tipo del ferrocarril. Fuente: Elaboración propia

En cuanto al tráfico ferroviario (Imagen 13), se extrae de las estimaciones realizadas por el concesionario de la NTC que en los años objetivo el reparto de mercancías entre carretera y ferrocarril será de 83% y 17% respectivamente, obteniéndose un tráfico de 153.577 toneladas en el año 2031 y 245.557 toneladas en el año 2048. La distancia considerada para la ruta tipo es de 3,6 km, ida y vuelta.

Para terminar con la zona terrestre, deben considerarse las emisiones producidas por el equipamiento de carga/descarga y de movimiento por las terminales. Según los datos extraídos de la memoria del puerto y de la información del concesionario, el equipamiento considerado es el siguiente:

Equipamiento	Reina Sofía	NTC (2031)	NTC (2048)
Grúas STS	4	4	6
Carretillas elevadoras	2	4	4
Portacontenedores 45 t	5	8	8
Grúa RTG	-	6	6

*Tabla 7: Equipamiento de carga/descarga y transporte. Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a los servicios portuarios, se toman los datos de los servicios prestados a los buques portacontenedores del Observatorio de Puertos del Estado, los cuales se muestran a continuación.

Año	Remolque (nº servicios)	Practicaje (nº servicios)	MARPOL (m³ de residuos)	
			I	V
2017	85	224	702	99
2018	60	568	303	45
2019	20	133	30	25
2020	156	606	799	229
2021	463	1.351	1.747	406
2031 (estimado)	438	2.533	3.342,8	717,0
2048 (estimado)	651	3.764	4.966,7	1.065,3

*Tabla 8: Datos servicios portuarios prestados a buques portacontenedores. Fuente: Observatorio de Puertos del Estado y elaboración propia*

La duración unitaria de los servicios de remolque y practicaje se considera de 1h y 1,34h respectivamente, datos extraídos de la Herramienta de servicios portuarios desarrollada por MCVALNERA para Puertos del Estado. Para la recogida de los residuos MARPOL, se considera un camión cisterna con capacidad de 40 m³ (MARPOL I) y un camión caja de capacidad 30 m³ (MARPOL V).

#### **4.2. DEFINICIÓN DE LOS FACTORES DE EMISIÓN**

Los factores de emisión son parámetros que indican la cantidad de gases de efecto invernadero emitidos por cada unidad de consumo. Varía en función del tipo de actividad estudiada y según el elemento a analizar, dependiendo, entre otros aspectos, del tipo de combustible empleado.

Los factores empleados en el presente análisis han sido obtenidos de la *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos. Puertos del Estado (Guía PdE)* y del *Registro de huella de carbono, compensación y proyectos de absorción de dióxido de carbono. Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (Registro HC)*.

#### **CO<sub>2</sub>**

0,673	kg CO <sub>2</sub> /kWh	<i>M. Ppal. Buques Portacontenedores. Fuente: Guía PdE</i>
0,705	kg CO <sub>2</sub> /kWh	<i>M. Auxiliar tráfico marino. Fuente: Guía PdE</i>
2,387	kg CO <sub>2</sub> /litro	<i>Vehículo pesado, maquinaria y otros equipos móviles terrestres combustible diésel. Guía PdE</i>
2,482	kg CO <sub>2</sub> /litro	<i>Camiones diésel. Fuente: Registro HC</i>
3,041	kg CO <sub>2</sub> /litro	<i>Fuelóleo marino. Fuente: Registro HC</i>
2,714	kg CO <sub>2</sub> /litro	<i>Gasóleo marino. Fuente: Registro HC</i>

#### **CO<sub>2</sub> equivalente**

1,01	kg CO <sub>2</sub> eq./kg CO <sub>2</sub>	<i>Tráfico marítimo. Fuente: Guía PdE</i>
1,011	kg CO <sub>2</sub> eq./kg CO <sub>2</sub>	<i>Vehículo pesado, maquinaria y otros equipos móviles terrestres combustible diésel. Guía PdE</i>
2,517	kg CO <sub>2</sub> eq./litro	<i>Camiones diésel. Fuente: Registro HC</i>
3,069	kg CO <sub>2</sub> eq./litro	<i>Fuelóleo marino. Fuente: Registro HC</i>
2,739	kg CO <sub>2</sub> eq./litro	<i>Gasóleo marino. Fuente: Registro HC</i>
0,232	kg CO <sub>2</sub> eq./kWh	<i>Factor mix de electricidad comercializadora (Iberdrola). Año 2021. Fuente: Registro HC</i>
0,0542	kg CO <sub>2</sub> eq./t-km	<i>Ferrocarril tracción diésel. Fuente: Guía PdE</i>

### **4.3. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN EL MUELLE REINA SOFÍA**

En los años comprendidos entre el 2017 y el 2021, ambos incluidos, el tráfico de contenedores está asociado a la terminal situada en el muelle Reina Sofía. A partir de los datos e hipótesis presentados en los apartados previos, se calculan los consumos estimados producidos en el lado tierra y en el lado mar. Una vez obtenidos, se multiplican por el factor de emisión correspondiente, llegando así a las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. asociadas a cada caso.

#### **4.3.1. TRÁFICO DE MERCANCÍAS**

El buque tipo considerado para el estudio es el indicado en la *Guía PdE* para el puerto de Cádiz, con una potencia del motor principal de 11.990 kW. Para el cálculo de la potencia del motor auxiliar se toma un coeficiente de 0,25 veces la potencia del motor principal, como se indica también en la Guía. Asimismo, se toman también de la misma fuente los factores de carga y el tiempo de uso de cada motor en cada fase.

kWh	Maniobra	Atraque	Crucero	Total unitario
M. Principal	949,53	1.759,25	11.811,33	<b>14.520,11</b>
M. Auxiliar	593,46	17.592,52	1.107,31	<b>19.293,29</b>
Total unitario	<b>1.542,99</b>	<b>19.351,77</b>	<b>12.918,64</b>	<b>33.813,40</b>

*Tabla 9: Consumo unitario de los buques portacontenedores hasta la terminal del muelle Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia*

Multiplicando por el número de buques y por los factores de emisión correspondientes, se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. asociadas al lado mar para cada año:

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	3.599.565,41	2.874.977,57	1.869.904,11	7.479.616,43	15.566.951,69
CO <sub>2</sub> eq.	3.635.561,06	2.903.727,34	1.888.603,15	7.554.412,59	15.722.621,21

*Tabla 10: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociadas a los buques portacontenedores en el muelle Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia*

Considerando las rutas tipo mencionadas previamente, y el número de vehículos pesados y cabezas tractoras estimados para cada año en función del ratio de 1,6 TEU/vehículos, se obtienen los consumos medios, a lo que se le suma el consumo de la espera al ralentí, estimado en 0,20 h.

Año	Consumo vehículos pesados (l)	Consumo cabezas tractoras (l)	Consumo total (l)
2017	58.935	34.044	92.979
2018	48.252	27.873	76.125
2019	22.421	12.951	35.372
2020	46.466	26.841	73.308
2021	144.923	83.716	228.639

*Tabla 11: Consumo de los vehículos asociados al tráfico de contenedores en el muelle Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia*

De la misma forma que en los buques, se multiplica el consumo por el factor de emisión correspondiente para obtener las emisiones de GEI asociadas.

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	230.773,33	188.941,55	87.793,83	181.949,24	567.482,51
CO <sub>2</sub> eq.	234.027,58	191.605,91	89.031,86	184.515,00	575.484,88

*Tabla 12: kg de CO<sub>2</sub> eq. producidas por los vehículos asociados al tráfico de contenedores en el muelle Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia*

En cuanto a la maquinaria, a través de la mercancía movida, el rendimiento de las máquinas, y las características tipo de cada una, se calculan las horas de trabajo y, con ello, el consumo. Una vez obtenido, se multiplica por el factor de emisión correspondiente para obtener la cantidad de GEI emitidos.

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	531.330,58	433.981,63	209.124,53	724.149,16	1.744.249,85
CO <sub>2</sub> eq.	534.779,46	436.798,61	210.481,97	728.849,64	1.755.571,82

*Tabla 13: kg de CO<sub>2</sub> eq. producidas por la maquinaria de manipulación de contenedores en el muelle Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia*

En lo referente a los contenedores refrigerados, en base a datos del terminalista, se estima una potencia de 6,5 kW/TEU. Suponiendo la ocupación del 80% mencionada, se obtienen unas emisiones de 2.628 t de CO<sub>2</sub> eq.

#### 4.3.2. SERVICIOS PORTUARIOS

Se estiman también las emisiones de GEI asociadas a los servicios portuarios prestados a los buques portacontenedores. Se consideran en este apartado los servicios de remolque, practicaje y recogida de residuos MARPOL.

##### Remolque

Se calcula el consumo unitario de un remolcador, teniendo en cuenta las fases del servicio de remolque, para después obtener el consumo por servicio, teniendo en cuenta que se emplean 2 remolcadores por servicio.

Fase	Ida y vuelta	Escolta	Atraque con empuje	Atraque a la espera
Consumo unitario (kWh)	926,73	1.544,55	154,46	463,37

Tabla 14: Consumo unitario en las fases del servicio de remolque. Fuente: Elaboración propia

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	113.237,76	79.744,90	26.581,63	207.336,74	615.364,80
CO <sub>2</sub> eq.	114.280,84	80.479,47	26.826,49	209.246,62	621.033,23

Tabla 15: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociados a la prestación del servicio de remolque a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

##### Practicaje

De la misma forma que en el servicio de remolque, teniendo en cuenta que el servicio cuenta con una lancha de 750 kW de potencia, se calcula el consumo unitario y se multiplica por el número de servicios por año.

Fase	Ida	Operación	Vuelta
Consumo unitario (kWh)	298,99	15,08	341,70

Tabla 16: Consumo unitario en las fases del servicio de practicaje. Fuente: Elaboración propia

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	128.978,76	327.053,29	76.581,14	348.933,62	777.903,16
CO <sub>2</sub> eq.	130.166,85	330.065,94	77.286,57	352.147,82	785.068,82

Tabla 17: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociados a la prestación del servicio de practicaje a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

##### Recogida de residuos MARPOL

En el caso de la recogida de residuos MARPOL, en función del volumen total de residuos líquidos y sólidos recogidos a buques portacontenedores, y las capacidades estimadas para los camiones de recogida, se calcula el número de vehículos necesario. Suponiendo que la distancia recorrida es de 2,6 km, se obtiene el consumo y con ello las emisiones.

Año	Nº Vehículos	Consumo total (l)
2017	27	40,5
2018	13	19,5

Año	Nº Vehículos	Consumo total (l)
2019	2	3,0
2020	33	49,5
2021	70	105,1

Tabla 18: Vehículos y consumos asociados a la recogida MARPOL a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	100,59	48,43	7,45	122,94	260,78
CO <sub>2</sub> eq.	102,01	49,11	7,56	124,67	264,46

Tabla 19: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociados a la prestación del servicio de recogida MARPOL a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.3. OTRAS EMISIONES

Por último, se contabilizan las emisiones de GEI resultantes del alumbrado del vial de acceso a la terminal, así como de la propia terminal. Estas emisiones serán de Alcance 2, ya que son propiedad de la APBC.

A través de la inspección visual, se contabiliza el número total de luminarias. Considerando que el funcionamiento es de 12 h al día, 7 días a la semana, se obtienen los siguientes consumos.

Zona	Consumo total (kWh)
Explanada	306.775
Vial	39.749

Tabla 20: Consumos asociados al alumbrado de la terminal de Reina Sofía y vial de acceso. Fuente: APBC

Multiplicando por el factor del mix eléctrico, se obtienen las emisiones vinculadas a estos aspectos.

Contaminante (kg)	2017	2018	2019	2020	2021
CO <sub>2</sub>	80.393,50	80.393,50	80.393,50	80.393,50	80.393,50
CO <sub>2</sub> eq.	80.393,50	80.393,50	80.393,50	80.393,50	80.393,50

Tabla 21: Otras emisiones. Fuente: Elaboración propia

#### 4.3.4. EMISIONES TOTALES

Con todo lo anterior, las emisiones totales de GEI producidas por la terminal de contenedores situada en el muelle Reina Sofía en cada año objeto del estudio son las que se muestran en la Tabla 22.

t CO <sub>2</sub> eq.	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Alcance 2</b>	80,39	80,39	80,39	80,39	80,39
<b>Alcance 3</b>	7.277,72	6.571,53	4.921,04	11.658,10	22.088,85

Tabla 22: Emisiones totales asociadas a la terminal de contenedores del muelle Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia

Las emisiones asociadas al transporte de mercancías (buques, transporte terrestre y maquinaria), suponen entre un 93% y un 96% del total, frente a las de los servicios portuarios (3,3- 6,3%) y otras emisiones.

t CO2 eq.	2017	2018	2019	2020	2021
<b>Mercancías</b>	7.033,17	6.160,94	4.816,92	11.096,58	20.682,48
	96%	93%	96%	95%	93%
<b>SSPP</b>	244,55	410,59	104,12	561,52	1.406,37
	3,3%	6,2%	2,1%	4,8%	6,3%
<b>Otros</b>	80,39	80,39	80,39	80,39	80,39
	1%	1%	2%	1%	0%
<b>Total</b>	7.358,12	6.651,93	5.001,44	11.738,50	22.169,24

Tabla 23: Emisiones totales asociadas al tráfico de contenedores divididas por categorías. Fuente: Elaboración propia

Para obtener el indicador huella de carbono en unidades kg de CO<sub>2</sub>eq./ TEU se emplean únicamente las emisiones de Alcance 3, por ser las puramente asociadas al tráfico de contenedores en el Puerto.

Kg de CO <sub>2</sub> eq./ TEU				
2017	2018	2019	2020	2021
133	147	229	157	123

Tabla 24: Huella de carbono asociados a la terminal de contenedores de Reina Sofía. Fuente: Elaboración propia

#### 4.4. ESTIMACIÓN DE LAS EMISIONES DE GEI EN LA NTC

Se prevé que a partir del año 2026 comience la explotación de parte de la NTC. Para los cálculos de las estimaciones de emisiones de GEI en la fase de explotación de la misma se toman dos años de referencia: el 2031, donde se encontrarán operativas las fases 1.1 y 1.2, y el 2048, donde se encontrará ya operativa la terminal completa.

Se emplea la misma metodología de cálculo que en el apartado anterior: A partir de los datos e hipótesis presentados en los apartados previos, se calculan los consumos estimados producidos en el lado tierra y en el lado mar. Una vez obtenidos, se multiplican por el factor de emisión correspondiente, llegando así a las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. asociadas a cada caso.

##### 4.4.1. TRÁFICO DE MERCANCÍAS

Considerando el mismo buque tipo que en el caso anterior, (potencia del motor principal de 11.990 kW y coeficiente de 0,25 para obtener la del motor auxiliar) y teniendo en cuenta la nueva ruta considerada hasta la NTC, se obtienen los nuevos consumos unitarios por fase:

kWh	Maniobra	Atraque	Crucero	Total unitario
M. Principal	604,25	1.792,50	10.532,39	<b>12.929,14</b>
M. Auxiliar	377,65	17.925,03	987,41	<b>19.290,09</b>
Total unitario	<b>981,90</b>	<b>19.717,53</b>	<b>11.519,80</b>	<b>32.219,24</b>

Tabla 25: Consumo unitario de los buques portacontenedores hasta la NTC. Fuente: Elaboración propia

Multiplicando por el número de buques estimado y por los factores de emisión correspondientes, se obtienen las emisiones de CO<sub>2</sub> eq. asociadas al lado mar para cada año:

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	27.452.320,48	40.788.216,21
CO <sub>2</sub> eq.	27.726.843,68	41.196.098,37

Tabla 26: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociadas a los buques portacontenedores en la NTC. Fuente: Elaboración propia

Considerando que la operativa será igual que en la terminal anterior, se estima el número de vehículos pesados y cabezas tractoras a través del ratio de 1,6 TEU/vehículos, obteniendo los consumos medios, a lo que se le suma el consumo de la espera al ralentí, estimado en 0,20 h.

Año	Consumo vehículos pesados (l)	Consumo cabezas tractoras (l)	Consumo total (l)
2031	301.472	171.392	472.864
2048	482.028	444.213	926.241

Tabla 27: Consumo de los vehículos asociados al tráfico de contenedores en la NTC. Fuente: Elaboración propia

De la misma forma que en los buques, se multiplica el consumo por el factor de emisión correspondiente para obtener las emisiones de GEI asociadas.

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	1.173.647,41	2.298.930,17
CO <sub>2</sub> eq.	1.190.197,64	2.331.348,61

Tabla 28: kg de CO<sub>2</sub> eq. producidas por los vehículos asociados al tráfico de contenedores en la NTC. Fuente: Elaboración propia

LA NTC contará con terminal ferroviaria, por lo que parte de las mercancías en contenedor se desplazarán por este medio. Según las estimaciones del concesionario, se cuenta con que un 17% de la mercancía llegue y/o salga de la terminal en ferrocarril. Esto es, 153.577 toneladas en el año 2031 y 245.557 toneladas en el año 2048.

Las emisiones producidas por el transporte ferroviario se muestran a continuación:

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	98.665,08	146.681,93
CO <sub>2</sub> eq.	98.665,08	146.681,93

Tabla 29: kg de CO<sub>2</sub> eq. producidas por el ferrocarril en la NTC. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a la maquinaria, a través de la mercancía movida, el rendimiento de las máquinas, y las características tipo de cada una, se calculan las horas de trabajo y, con ello, el consumo. Una vez obtenido, se multiplica por el factor de emisión correspondiente para obtener la cantidad de GEI emitidos.

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	4.213.667,34	7.251.623,68
CO <sub>2</sub> eq.	4.244.866,10	7.298.005,78

Tabla 30: kg de CO<sub>2</sub> eq. producidas por la maquinaria de manipulación de contenedores en la NTC. Fuente: Elaboración propia

En cuanto a los contenedores refrigerados, se contará con una capacidad de 360 contenedores. Como se ha mencionado, en el año 2031 se continúa con la tendencia de ocupación del 80%,

para luego aumentar hasta el 100% en el año 2048. Las emisiones obtenidas para los dos años son las siguientes:

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	3.804.503,04	4.755.628,80
CO <sub>2</sub> eq.	3.804.503,04	4.755.628,80

Tabla 31: kg de CO<sub>2</sub> eq. producidas por los contenedores refrigerados en la NTC. Fuente: Elaboración propia

#### **4.4.2. SERVICIOS PORTUARIOS**

De igual forma que en el caso anterior, se estiman también las emisiones de GEI asociadas a los servicios portuarios que se estima se prestarán a los buques portacontenedores. Se consideran en este apartado los servicios de remolque, practicaje y recogida de residuos MARPOL.

##### **Remolque**

Considerando el mismo consumo unitario que en el caso anterior, así como el empleo de dos remolcadores por servicio, se obtienen las siguientes emisiones:

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	582.137,76	865.232,15
CO <sub>2</sub> eq.	587.500,12	873.202,23

Tabla 32: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociados a la prestación del servicio de remolque a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

##### **Practicaje**

De la misma forma que en el servicio de remolque, teniendo en cuenta que el servicio cuenta con una lancha, se calcula el consumo unitario y se multiplica por el número de servicios por año.

Considerando el mismo consumo unitario por servicio que en el caso de los años anteriores, se obtienen las emisiones previstas para el servicio de practicaje.

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	1.458.496,46	2.167.303,86
CO <sub>2</sub> eq.	1.471.931,39	2.187.267,97

Tabla 33: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociados a la prestación del servicio de practicaje a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

##### **Recogida de residuos MARPOL**

De la misma forma que en los casos anteriores, se estima el volumen de residuos que producirá el tráfico de contenedores en función del número de buques estimado y se calculan las emisiones asociadas a su recogida, suponiendo que la distancia recorrida por los vehículos de recogida es de 3,4 km.

Año	Nº Vehículos	Consumo total (l)
2031	130	235,2
2048	193	349,1

Tabla 34: Vehículos y consumos asociados a la recogida MARPOL a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	583,69	866,56
CO <sub>2</sub> eq.	591,92	878,78

Tabla 35: Tabla 31: kg de CO<sub>2</sub> eq. asociados a la prestación del servicio de recogida MARPOL a portacontenedores. Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.3. OTRAS EMISIONES

Por último, se consideran las emisiones asociadas al alumbrado de los viales de acceso a la terminal (incluido el túnel y la ventilación del mismo), así como de la propia terminal y del puesto de control. Se considera que la iluminación del túnel y su ventilación funcionan 24h al día todos los días, mientras que el resto de los elementos funcionan durante 12h al día. A través de los datos proporcionados por la APBC, se obtienen los siguientes consumos.

Zona	Consumo total (kWh)
Vial	8.156
Glorieta	22.557
Control de entrada	1.612
Fase 1.1	270.684
Fases 1.2 y 2	1.192.020
Túnel	403.862
Ventilación túnel	3.468.960

Tabla 36: Consumos asociados a la iluminación de viales de acceso a la NTC y ventilación del túnel. Fuente: APBC

Asimismo, se considera también el consumo producido por el edificio del PCF, que tiene una superficie de 3.000 m<sup>2</sup> y una altura. Se calcula el consumo a través del ratio de kWh/m<sup>2</sup> en un edificio de oficinas, obtenido de estimaciones en función de datos de la IDAE y otra información sectorial (121,5 kWh/m<sup>2</sup>). Según lo anterior, el consumo anual del edificio es de 364.500 kWh.

Multiplicando por el factor del mix eléctrico, se obtienen las emisiones vinculadas a estos aspectos.

Contaminante (kg)	2031	2048
CO <sub>2</sub>	1.053.356,72	1.329.905,39
CO <sub>2</sub> eq.	1.053.356,72	1.329.905,39

Tabla 37: Otras emisiones. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que estas emisiones son propiedad de la APBC, por lo que pertenecen al Alcance 2, definido en apartados anteriores.

#### 4.4.4. EMISIONES TOTALES

Con todo lo anterior, las emisiones totales de GEI producidas por la NTC en los años tomados para el estudio del estudio son las que se muestran en la Tabla 22.

t CO2 eq.	2031	2048
<b>Alcance 2</b>	1.053,36	1.329,91
<b>Alcance 3</b>	39.125,10	58.789,11

Tabla 38: Emisiones totales asociadas a la NTC. Fuente: Elaboración propia

En cuanto al desglose de las emisiones en actividades, el transporte de mercancías (buques, transporte terrestre y maquinaria), representa alrededor de un 92% del total, mientras que los servicios portuarios suponen alrededor de un 5% y las asociadas al alumbrado un 2-3%.

t CO2 eq.	2031	2048
<b>Mercancías</b>	37.065,08	55.727,76
	92%	93%
<b>SSPP</b>	2.060,02	3.061,35
	5,1%	5,1%
<b>Otros</b>	1.053,36	1.329,91
	3%	2%
<b>Total</b>	40.178,46	60.119,02

Tabla 39: Emisiones totales asociadas al tráfico de contenedores divididas por categorías. Fuente: Elaboración propia

Igual que en el caso del muelle Reina Sofía, para obtener el indicador huella de carbono en unidades kg de CO<sub>2</sub>eq./ TEU se emplean únicamente las emisiones de Alcance 3, por ser las puramente asociadas al tráfico de contenedores.

Kg de CO <sub>2</sub> eq./ TEU	
2031	2048
110	111

Tabla 40: Huella de carbono asociada a la NTC. Fuente: Elaboración propia

#### 4.5. RESULTADOS

En líneas generales, el aumento del tráfico de mercancías implica un aumento de las emisiones de GEI a la atmósfera. Como se puede ver en las dos imágenes siguientes, la representación de la evolución del tráfico de contenedores y de las emisiones calculadas para los años de estudio sigue la misma tendencia.

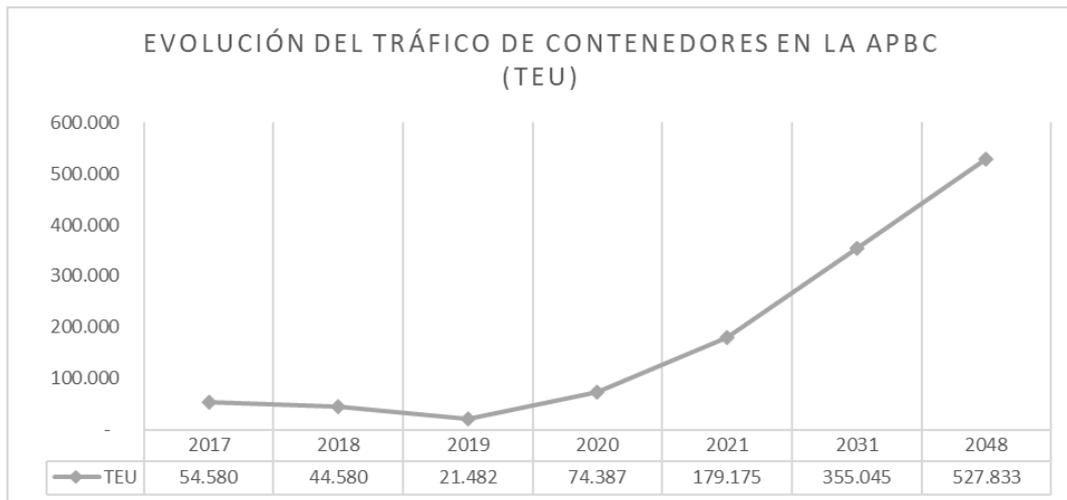


Imagen 14: Evolución del tráfico de contenedores en la APBC. Fuente: Elaboración propia

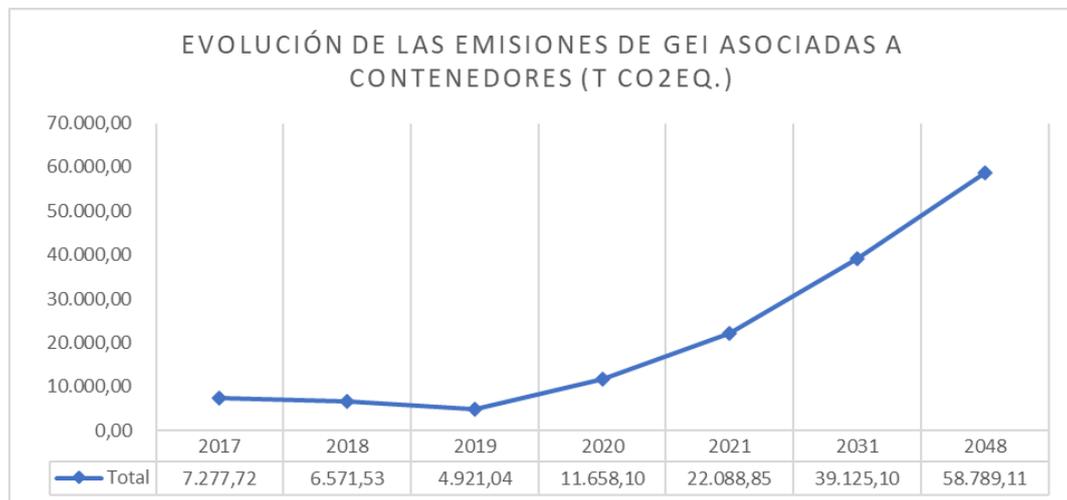


Imagen 15: Evolución de las emisiones de GEI asociadas a contenedores. Fuente: Elaboración propia

En general, en la mayor parte de los años estudiados, el lado mar representa más de un 50% del total de las emisiones, con la excepción del año 2019, en el que el tráfico descendió con respecto a los anteriores. Por otro lado, la mayor parte de las emisiones del lado tierra están representadas por el consumo de los contenedores refrigerados. Sin embargo, en el año 2021 el lado mar representó más porcentaje (77,5%), manteniéndose esta tendencia en las estimaciones para los años 2031 y 2048.

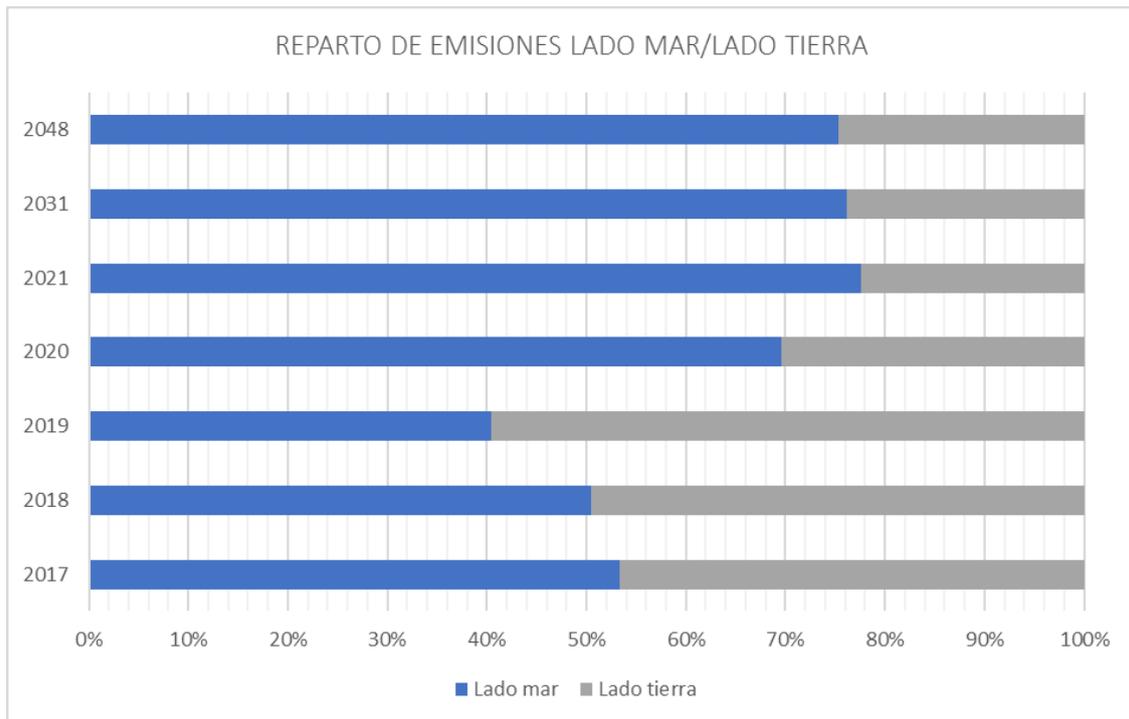


Imagen 16: Reparto de emisiones entre el lado mar y el lado tierra. Fuente: Elaboración propia

Analizando el gráfico de kg de CO<sub>2</sub> eq./TEU, se puede observar que el ratio ha ido en aumento hasta el año 2019, donde se alcanzaron los 229 kg de CO<sub>2</sub> eq./TEU, descendiendo después hasta los 157 kg/TEU en el año 2021.

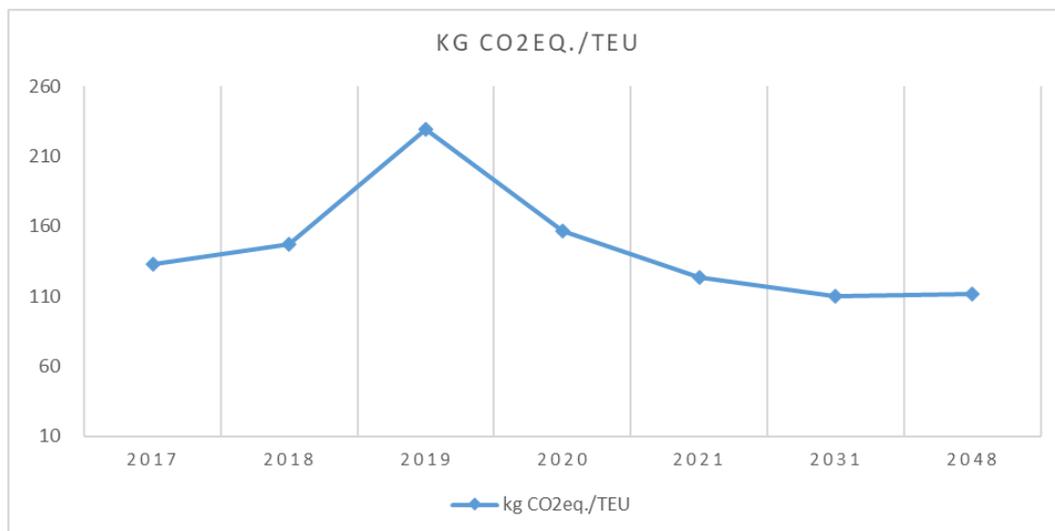


Imagen 17: kg de CO<sub>2</sub> eq./TEU en los años de estudio. Fuente: Elaboración propia

Este ratio está relacionado con la cantidad de TEU que transporta un buque. Se puede observar que, en los años 2019 y 2020 las TEU transportadas por buque fueron inferiores que en los años anteriores. Esto se transforma en una menor eficiencia en el transporte, ya que los buques no

transportan toda la mercancía que podrían, siendo necesario un mayor número de ellos para transportar el mismo número de TEU.

Indicador	2017	2018	2019	2020	2021	2031	2048
<b>kg de CO2 eq./TEU</b>	133	147	229	157	123	110	111
<b>TEU/buque</b>	354	362	269	232	269	288	289
<b>TEU</b>	54.580	44.580	21.482	74.387	179.175	355.045	527.833

*Tabla 41: Indicadores de las emisiones de GEI. Fuente: Elaboración propia*

## 5. APLICACIÓN DE POLÍTICAS DE REDUCCIÓN DE EMISIONES HORIZONTE 2030

España ha adquirido el compromiso de limitar o de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el ámbito de la Convención Marco de Naciones sobre Cambio Climático, su Protocolo de Kioto y el Acuerdo de París.

Los objetivos de reducción de emisiones a 2030 fueron recogidos en un primer momento en las Conclusiones del Consejo Europeo de octubre de 2014. En éstas se aprobó el Marco de Políticas de Energía y Cambio Climático 2021-2030 (Marco 2030), cuyos objetivos iniciales se incrementaron en diciembre de 2020. Los principales objetivos del Marco 2030 son:

- Reducción de al menos un 55% de las emisiones de GEI en comparación con 1990.
- 32% de energías renovables en el consumo de energía.
- 32,5% de mejora de la eficiencia energética.
- Interconexiones de electricidad del 15% en 2030.

Como se ha visto, en el análisis realizado, el transporte marítimo representa un 80% del total, siendo la fuente de emisiones más representativa en el estudio. Para alinearse con los objetivos para 2030 del Acuerdo de París, el tráfico marítimo debe reducir sus emisiones aproximadamente en una tasa de un 7% anual. La reducción de emisiones en el transporte marítimo se puede lograr a través del cambio progresivo de las flotas de buques o a través de los cambios en las rutas de tráfico, entre otros. Una de las medidas más inmediatas previstas para el transporte marítimo es el cambio de los combustibles empleados, sustituyéndolos por biofuel, GNL, GNC, empleo de propulsión eléctrica, etc. Por otro lado, la optimización de las rutas empleadas, así como de la velocidad de circulación en función de la carga transportada pueden ser otras opciones para aproximarse al cumplimiento de los compromisos adquiridos.

## 6. NOTAS FINALES Y FIRMAS

El presente estudio de la huella de carbono asociado al tráfico de contenedores en la APBC, ha sido elaborado por la empresa MC Valnera. El equipo participante en la redacción de la documentación ha sido el siguiente:

Nombre	Titulación	DNI
<b>Sara Calvo Fernández</b>	Ingeniera de caminos, canales y puertos	79327740-G
<b>Victoria Ferreiroa Ruibal</b>	Ingeniera de caminos, canales y puertos	77461043-X
<b>Cristina Gómez Ferreiro</b>	Ingeniera de caminos, canales y puertos	79329621-E
<b>Ángel Mateos Alonso</b>	Ingeniero de caminos, canales y puertos	44494165-K