



ANEXO 24: ESTUDIO HUELLA DE CARBONO

ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL

Interconexión eléctrica España-Francia por el
Golfo de Bizkaia

Abril 2021

ANEXO 24: HUELLA DE CARBONO

1. CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO	2
2. METODOLOGÍA DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES GEI.....	6
3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO	9
4. DATOS POR ETAPAS.....	10
4.1 Etapa 1. Suministro	10
4.2 Etapa 2 Construcción.....	12
4.3 Etapa 3 Explotación	13
4.4 Etapa 4: Desmantelamiento	13
5. CONCLUSIONES	14

1. CONTRIBUCIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO

Se llama cambio climático a la variación global del clima de la Tierra, debida tanto a causas naturales como a la acción humana. El hombre puede haber influido de forma directa sobre el cambio climático, principalmente desde el inicio de la era industrial, con la emisión masiva de los denominados gases de efecto invernadero (GEI).

El cambio climático es considerado actualmente desde instancias internacionales como uno de los mayores problemas de alcance global, tanto por sus causas como por sus efectos, cuya amenaza ha de ser combatida con carácter urgente desde las políticas públicas y el sector privado y requiere de una respuesta multilateral basada en la colaboración de todos los países.

En España el sector energético es responsable de la mayor parte de las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero (77%) según los datos correspondientes a 2015 y 76,1 % del total de las emisiones brutas nacionales, según los datos del Ministerio para la Transición Ecológica en 2017 (Informe de Inventario Nacional Gases de Efecto Invernadero. Edición 2019 (Serie 1990-2017)). Dentro de este sector, la generación de electricidad aporta algo menos del 30% de las emisiones, lo que constituye un 20% de las emisiones de gases de efecto invernadero totales en el año 2017 (el sector que contabilizó más emisiones fue el transporte (26%).

Contribución de distintos sectores a las emisiones de gases de efecto invernadero

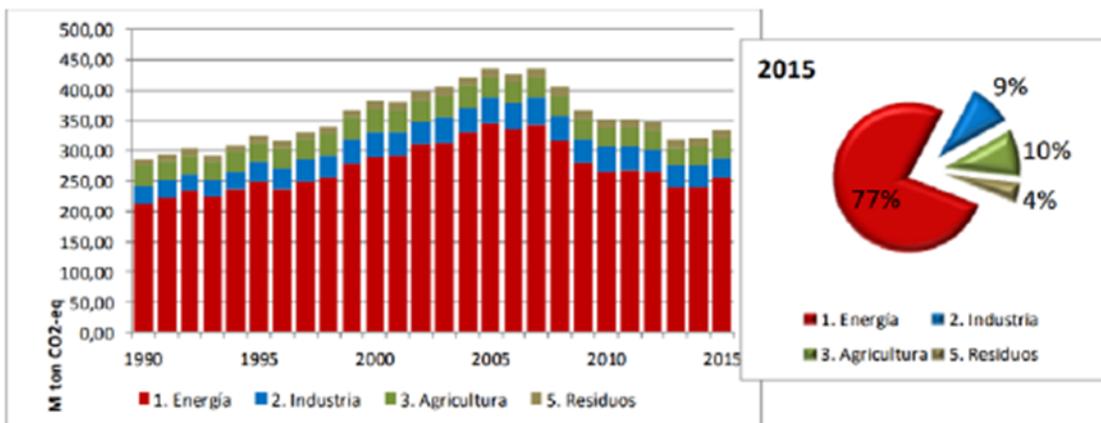


Figura 1. - Contribución de distintos sectores a las emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: Inventario de Emisiones de Gases de Efecto Invernadero de España. Años 1990-2015 (MAGRAMA, 2017)

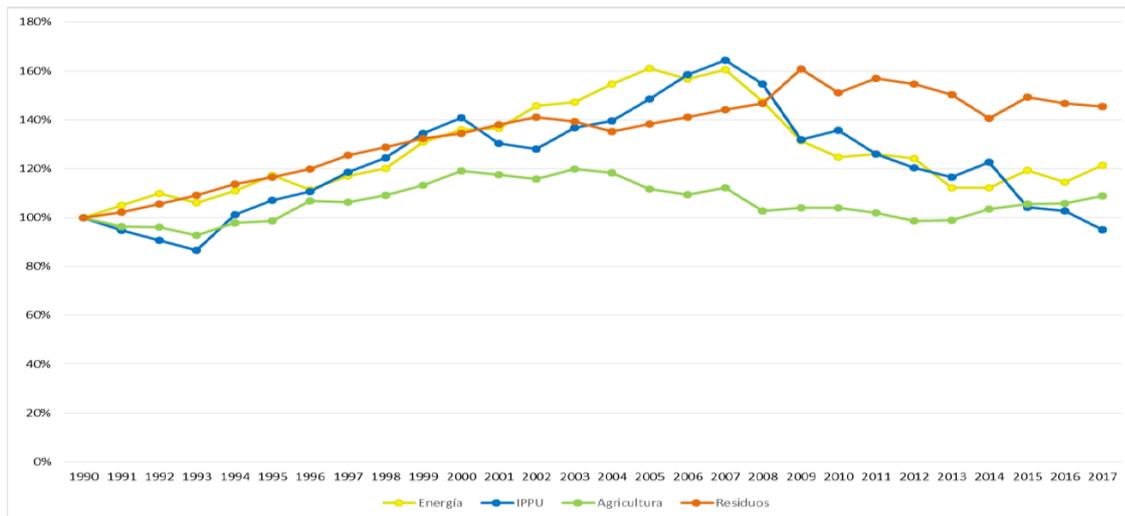


Figura 2. - Contribución de distintos sectores a las emisiones de gases de efecto invernadero. Fuente: Informe de inventario nacional Gases de efecto invernadero. Edición 2019 (Serie 1990-2017) (Comunicación al Secretariado de la convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático).

Las emisiones de gases de efecto invernadero del sector eléctrico se deben, fundamentalmente, a la quema de combustibles fósiles en las centrales térmicas para la generación de energía (planificación indicativa). Las centrales nucleares y aquellas que utilizan fuentes de energía renovables no emiten gases de efecto invernadero durante su funcionamiento, y aunque generan emisiones durante las operaciones de construcción, mantenimiento, desmantelamiento y gestión de residuos, tienen efectos muy reducidos sobre el cambio climático global.

Del cuadro siguiente se concluye que el desarrollo de la red de transporte de electricidad (o planificación vinculante en el contexto de la planificación del sector eléctrico, en cuyo marco se desarrolla la construcción del proyecto objeto del presente estudio de impacto ambiental) no presenta una incidencia significativa sobre las emisiones GEI, a excepción de la debida a las subestaciones eléctricas por fugas de SF6, si bien esta es de baja entidad. En sentido contrario, se “destacan sus efectos ambientales positivos respecto a la situación actual, que se centran principalmente en la reducción de emisiones GEI y GAEPO debido a la mayor posibilidad de integración de energía procedente de fuentes renovables, así como a la disminución de las pérdidas en transporte por la mejora de la eficiencia de la red que introduce en el sistema el desarrollo de la planificación”¹.

¹ Fuente: Informe de sostenibilidad ambiental de la Planificación del sector eléctrico 2015-2020 (MINETUR, 2015).

Esquema simplificado de la comparativa de efectos ambientales potenciales de las distintas acciones asociadas a la planificación eléctrica

PRINCIPALES EFECTOS POTENCIALES DIRECTOS		PLANIFICACIÓN INDICATIVA			PLANIFICACIÓN VINCULANTE		
		Uso de combustibles fósiles	Uso de energía nuclear	Uso de fuentes de energía renovables	Nuevas subestaciones	Nuevas líneas/cables	Cables submarinos
GLOBALES / REGIONALES	Emissiones de GEI*	■ ■ ■ ■	■	■	■	■	■
	Emissiones de GAEPQ**	■ ■ ■ ■	■	■	■	■	■
	Agotamiento de recursos no renovables	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■	■	■	■
	Producción de residuos nucleares y radioactivos	■	■ ■ ■ ■	■	■	■	■
LOCALES	Afección a ENP	■	■	■	■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
	Afección a Red Natura 2000 y hábitats	■	■	■	■	■ ■ ■ ■	■
	Alteración de la estructura vegetal	■	■	■	■	■ ■ ■ ■	■
	Pérdida biodiversidad	■	■	■ ■ ■ ■	■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■
	Alteraciones paisajísticas	■	■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■
	Afecciones territoriales	■	■	■	■ ■ ■ ■	■ ■ ■ ■	■
	Efectos sobre la población	■	■	■	■	■ ■ ■ ■	■

* GEI: Gases de efecto invernadero

** GAEPQ: Gases acidificantes, eutrofizantes y precursores de ozono troposférico

Figura 3. - Esquema simplificado de la comparativa de los efectos ambientales potenciales de las distintas acciones asociadas a la planificación eléctrica. Fuente: Informe de sostenibilidad ambiental de la planificación del sector eléctrico 2015-2020. MINETUR, 2015

Los gases que contribuyen al cambio climático son aquellos gases constituyentes de la atmósfera, tanto de origen natural como antropogénico, que tienden a retener parte de la energía en forma de calor que irradia la superficie de la Tierra. Esto provoca el calentamiento de la parte baja de la atmósfera, generando el denominado "efecto invernadero". El vapor de agua (H₂O), dióxido de carbono (CO₂), óxido nitroso (NO₂), metano (CH₄) y ozono (O₃) son los principales GEI presentes en la atmósfera, a los que se suman otros de origen humano, tales como los hidrofluorocarburos (HFC), perfluorocarbonos (PFC) y hexafluoruro de azufre (SF₆).

La Convención Marco de Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1992) describe el cambio climático como un "cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que altera la composición de la atmósfera mundial y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante períodos de tiempo comparables". Esta variabilidad en el clima puede desembocar en importantes impactos sobre el medio físico y natural, siendo los más notables el aumento de las temperaturas y la subida del nivel del mar. Según el informe "Evaluación Preliminar de los Impactos en España por Efecto del Cambio Climático"², los principales efectos ambientales del cambio climático son:

- Alteración de la estructura y funcionamiento de los ecosistemas terrestres

²http://www.magrama.gob.es/es/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/evaluacion-preliminar-impactos-completo_2_tcm7-12439.pdf. Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla La Mancha, 2005

- Alteración y/o desaparición de ecosistemas acuáticos continentales
- Afección sobre ecosistemas marinos y el sector pesquero
- Pérdida de biodiversidad florística y faunística
- Merma de recursos hídricos
- Afección sobre recursos edáficos (erosión, desertificación, pérdida fertilidad)
- Pérdidas en los sectores forestal y agrario (plagas y enfermedades)
- Subida del nivel del mar
- Riesgos naturales de origen climático (crecidas fluviales, inestabilidad de laderas, incendios forestales)

Como se ha citado, las emisiones de GEI procedentes del sector eléctrico se atribuyen fundamentalmente a la generación de energía a partir de combustibles fósiles, por lo que su estimación (que se encuentra fuera del alcance de este análisis) depende directamente de la proporción en que participan las distintas tecnologías en la generación eléctrica nacional.

Por lo que respecta a las instalaciones de transporte de electricidad, las emisiones correspondientes a sus fases de construcción y funcionamiento son comparativamente muy inferiores. Así, las emisiones en fase de construcción se deben a la fabricación y transporte de los materiales necesarios, mientras que en fase de funcionamiento de las instalaciones las únicas significativas son las derivadas del uso de gas SF₆ (hexafluoruro de azufre) en las subestaciones. Dicho gas tiene unas excelentes propiedades para su uso en la extinción del arco eléctrico y como material aislante. Está presente principalmente en los interruptores y en las subestaciones blindadas o GIS (subestaciones aisladas en SF₆).

La correcta valoración del efecto de contribución al cambio climático por el proyecto que nos ocupa ha de tener un enfoque necesariamente global que considere las distintas fases de su ciclo de vida (calculando las emisiones en cada fase).

2. METODOLOGÍA DE LA ESTIMACIÓN DE EMISIONES GEI

En este sentido, RED ELÉCTRICA ha avanzado en la definición de instrumentos para la lucha contra el cambio climático en distintos ámbitos de su actividad y con distintos alcances.

- “Adoptar un claro compromiso en la lucha contra el cambio climático, apostando por la eficiencia energética y la movilidad sostenible como pilares fundamentales.
- “Contribuir a un modelo energético sostenible, con mayor presencia de energías generadas por tecnologías limpias y eficiencia en el consumo eléctrico”

Así, RED ELÉCTRICA se ha dotado de herramientas de cálculo propias que permiten calcular la huella de carbono de sus actuaciones, que se centran en la estimación de las emisiones de GEI de las líneas eléctricas de transporte a lo largo de su ciclo de vida.

El cálculo de la “huella de carbono” es una herramienta de la que disponen las organizaciones para poder valorar el impacto total que su actividad tiene sobre el clima, en referencia a las emisiones de GEI. Se incluyen en su cálculo la cantidad total de estas emisiones causadas de manera directa o indirecta por:

- Un producto/servicio a lo largo del ciclo de vida del mismo (apoyado en la metodología de análisis del ciclo de vida), como es el caso que nos ocupa.
- Una organización durante un periodo de tiempo dado (generalmente un año).
- Un evento o un individuo.

El análisis de ciclo de vida (ACV) de un producto considera todas las etapas de la vida del mismo, desde la extracción y adquisición de la materia prima hasta su disposición final, pasando por la generación de energía, producción de materiales, transporte, fabricación, utilización y tratamiento al final de su vida útil.

En el caso de una línea eléctrica, las etapas y actividades consideradas en el cálculo de la huella de carbono durante su ciclo de vida de una línea eléctrica aérea se esquematizan en la figura siguiente.

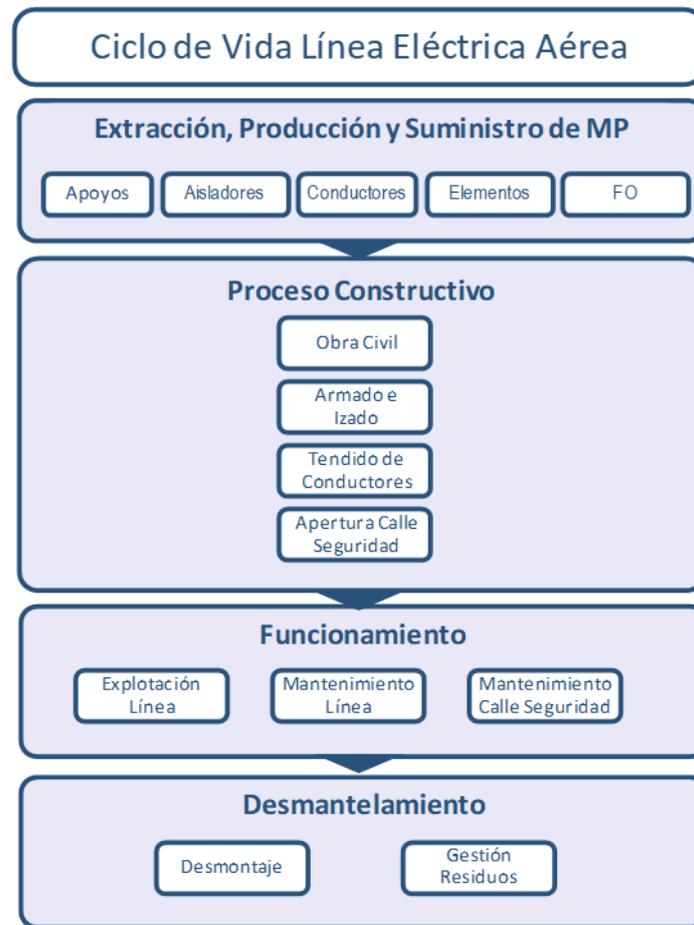


Figura 4. - Ciclo de Vida línea eléctrica

La metodología adoptada por RED ELÉCTRICA para el análisis de ciclo de vida de una línea eléctrica aérea está basada en los criterios establecidos en la norma ISO 14044 (Gestión Ambiental. Análisis de Ciclo de Vida. Requisitos y directrices. Diciembre 2006), considerando las siguientes etapas, procesos y actividades unitarios:

- **Suministro de elementos y materiales:** esta etapa contempla los procesos de fabricación y suministro de los apoyos, conductores, anclajes y otros elementos de la línea como los herrajes (cadenas, grapas, aisladores...), o la fibra óptica y los dispositivos salvapájaros.
- **Construcción de la línea aérea:** incluye el transporte de los materiales y elementos a obra, los movimientos de maquinaria para la apertura de accesos y obra civil, el armado e izado, así como el tendido y apertura de calles de seguridad. En esta etapa también se contemplan los desplazamientos de personal para la dirección y control de los distintos aspectos de la obra, así como la gestión de los residuos generados.
- **Explotación:** en esta etapa se incluyen los procesos y actividades relativos a la inspección y mantenimiento de la línea, así como el mantenimiento de las calles de seguridad. Los aspectos relativos al transporte de electricidad (balance eléctrico) no se han considerado en esta fase del proyecto.

Desmantelamiento: en esta etapa las actividades se corresponden con las de un proceso constructivo inverso, utilizándose el mismo tipo de maquinaria, y considerando la gestión de los residuos generados en el desmantelamiento.

La metodología se fundamenta en la descomposición de cada etapa del ciclo de vida en procesos y actividades individuales. Para cada actividad se calculan las emisiones asociadas a cada *input* a partir de los datos de actividad y los factores de emisión (FE):

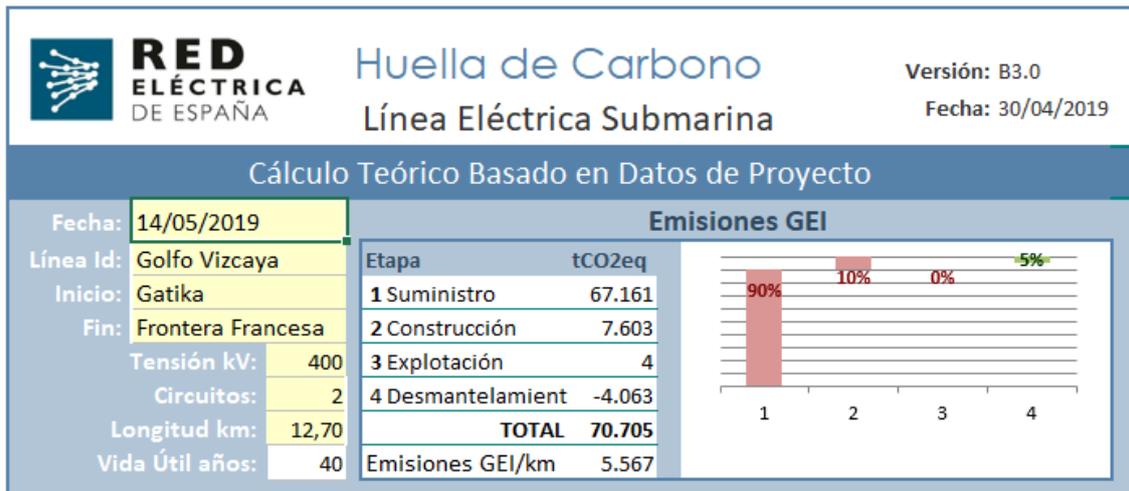
$$GEI_{\text{actividad}} = \sum \text{Datos Actividad}_{\text{input}} \times FE_{\text{input}}$$

El modelo de cálculo teórico de la huella de carbono desarrollado por RED ELÉCTRICA aplica esta metodología para la estimación de la huella de carbono teórica de una línea eléctrica aérea, utilizando los datos del proyecto. Esta huella se calcula por tanto por agregación de las emisiones GEI de todas las actividades. En relación con este cálculo hay que tener en cuenta lo siguiente:

- En cada actividad individual se consideran todos los *inputs* relevantes en la generación directa o indirecta de emisiones GEI, tales como el consumo de combustibles, electricidad, calor, la incorporación de materiales y productos, el transporte, los desplazamientos de personal, o la creación o remoción de sumideros GEI. Los datos de actividad para cada *input* del modelo se obtienen del proyecto de ejecución de la línea y aplicando estándares típicos de rendimiento basados en valores históricos de proyectos anteriores de RED ELÉCTRICA.
- Los factores de emisión del modelo teórico para cada *input* se obtienen a partir de fuentes de referencia, como las base de datos Ecoinvent, y organismos de referencia como IPCC y GHG Protocol, identificando en cada caso la trazabilidad a la fuente.
- Para evitar una complejidad excesiva del modelo de cálculo, se establece un valor de corte para considerar únicamente los *inputs* que en cada actividad contribuyen de forma relevante a las emisiones GEI, hasta alcanzar el 98% de las mismas.
- En fase de construcción de las instalaciones, el principal residuo generados por el proyecto será la biomasa vegetal producida en los desbroces de vegetación necesarios, a la que se asocia un balance neto positivo de emisiones de GEI. Otros residuos generados en esta fase pueden ser reciclados (chatarra y restos de cables eléctricos) o su tratamiento (depósito en vertedero) prácticamente sólo genera emisiones durante su transporte.
- En fase de desmantelamiento, el acero y aluminio procedente del desmontaje se recicla, por lo que se considera que su contribución neta al balance de emisiones de GEI es negativa (se evitan las emisiones asociadas a la producción de sus materias primas).

3. RESULTADOS DEL CÁLCULO DE LA HUELLA DE CARBONO

En la tabla siguiente se recoge un desglose de la estimación de emisiones por tipo de procesos y fases del proyecto para la construcción, funcionamiento y desmantelamiento del Proyecto de Interconexión eléctrica España-Francia por el Golfo de Bizkaia.



Desglose de Emisiones GEI	
Cálculo Teórico	
	tCO ₂ eq
0 Ciclo de Vida	70.705
1 Etapa: Suministro de Materiales y Elementos tCO₂eq	67.161
1.1 Proceso: Producción de cables	63.921
1.2 Proceso: Producción de empalmes	28
1.3 Proceso: Producción de terminales y elementos soporte	11
1.4 Proceso: Producción de canalizaciones y separadores	571
1.5 Proceso: Producción de cámaras y arquetas	144
1.6 Proceso: Producción de señalizaciones.	1
1.7 Proceso: Producción de materiales de relleno y terminación	2.485
2 Etapa: Construcción tCO₂eq	7.603
2.1 Proceso: Transporte materiales y elementos a obra	2.536
2.2 Proceso: Obra Civil	468
2.4 Proceso: Tendido	4.838
2.5 Proceso: Servicios	21
2.6 Proceso: Gestión de residuos	-259
3 Etapa: Explotación de la línea tCO₂eq	4
3.1 Proceso: Mantenimiento correctivo	4
4 Etapa: Desmantelamiento tCO₂eq	-4.063
4.1 Proceso: Desmontaje	4.838
4.2 Proceso: Gestión de residuos	-8.901

4. DATOS POR ETAPAS

4.1 Etapa 1. Suministro

 Huella de Carbono												
Línea Submarina				Teórico		tCO ₂ eq		Real		tCO ₂ eq		
1	Etapa: Producción y Suministro de Materiales y Elementos					67.161				67.161		
	Elementos	Categorías	Tensio	Unidad	Valor	kgCO ₂ e	Unida	Valor	kgCO ₂ e			
1.1.1	Cables Conductores	1000 Al + H135	66	m		0	m		0		0	
		1000 Al + H135 (AS)	66	m		0	m		0		0	
		1200Al + H135	132	m		0	m		0		0	
		1200Al + H135 (AS)	132	m		0	m		0		0	
		2000 Cu + T375	220	m		0	m		0		0	
		2000 Cu + T375 (AS)	220	m		0	m		0		0	
		2500 Cu + T375	220	m		0	m		0		0	
		2500 Cu + T375	220	m		0	m		0		0	
		1x Cu 1800 mm ² XLPE CC Land	400	m		60.361	4.448.003	m		4.448.003		
1.1.2	Cables de Tierra	Cable single point 150	Todas	m		0	m		0		0	
		Cable single point 150 (AS)	Todas	m		0	m		0		0	
		Cable single point 240	Todas	m		0	m		0		0	
		Cable single point 240 (AS)	Todas	m		0	m		0		0	
1.1.3	Cables de Fibra Optica	Dieléctrico Multitubo 12FO		m		0	m		0		0	
		Dieléctrico Multitubo 24FO		m		0	m		0		0	
		Dieléctrico Multitubo 48FO		m	30.181	7.123	m		7.123		7.123	
		Dieléctrico Multitubo 96FO		m		0	m		0		0	
1.1.4	Cables Submarinos	36/66 kV 3x1x500 mm ² + FO	66	m		0	m		0		0	
		36/66 kV 3x1x240 mm ² + FO	66	m		0	m		0		0	
		76/132 kV 3x1x300 mm ² + FO	132	m		0	m		0		0	
		76/132 kV 3x1x630 mm ² + FO	132	m		0	m		0		0	
		76/132 kV 3x1x300 mm ² + FO	132	m		0	m		0		0	
		76/132 kV 3x1x800 mm ² + FO	133	m		0	m		0		0	
		400 kV 1x Cu 1800 mm ² XLPE S ₄	400	m		2.436	342.756	m		342.756		342.756
		400 kV 1x Cu 1000 mm ² XLPE S ₄	400	m		196.929	23.571.442	m		23.571.442		23.571.442
		400 kV 1x Cu 1400 mm ² MI Sea	400	m		2.436	329.501	m		329.501		329.501
400 kV 1x Cu 2500 mm ² MI Sea	400	m		196.929	35.222.103	m		35.222.103		35.222.103		
1.2.1	Empalmes	1200 Al + pantalla hilos 200	66	Ud		0	Ud		0		0	
		1600 Al + pantalla hilos 200	132	Ud		0	Ud		0		0	
		2000 + pantalla tubo 375	220	Ud		0	Ud		0		0	
		2500 + pantalla tubo 375	220	Ud		0	Ud		0		0	
		Empalmes LSM	400	Ud		52	28.418	Ud		28.418		28.418
		1.3.1	Terminales Exteriores	1000Al+ H135 PV	66	Ud		0	Ud		0	
1200Al + H135 Grado PV	132	Ud			0	Ud		0		0		
2000 + T375 Grado PIII	220	Ud			0	Ud		0		0		
2500 + T375 Grado PIII	220	Ud			0	Ud		0		0		
2000 + T375 Grado PIV	220	Ud			0	Ud		0		0		
2500 + T375 Grado PIV	220	Ud			0	Ud		0		0		
2000 + T375 Grado PV	220	Ud			0	Ud		0		0		
2500 + T375 Grado PV	220	Ud			0	Ud		0		0		
Terminales LSM	400	Ud			4	11.411	Ud		11.411		11.411	
1.3.2	Terminales GIS	1200 Al + H200	66	Ud		0	Ud		0		0	
		1600 Al + H200	132	Ud		0	Ud		0		0	
		2000 + T375	220	Ud		0	Ud		0		0	
		2500 + T375	220	Ud		0	Ud		0		0	
1.3.3	Soportes GIS	LSS007		Ud		0	Ud		0		0	
		LSS008		Ud		0	Ud		0		0	
		LSS010		Ud		0	Ud		0		0	
		LSS013		Ud		0	Ud		0		0	
		LSS014		Ud		0	Ud		0		0	

 Huella de Carbono										
Línea Submarina				Teórico		tCO2eq	Real		tCO2eq	
1 Etapa: Producción y Suministro de Materiales y Elementos						67.161			67.161	
Elementos		Categorías		Tensión	Unidad	Valor	kgCO2e	Unidad	Valor	kgCO2eq
1.3.4	Bridas	Tripolares	66	Ud			0	Ud		0
		Unipolares	132	Ud			0	Ud		0
		Tripolares	132	Ud			0	Ud		0
		Unipolares	220	Ud			0	Ud		0
		Tripolares	220	Ud			0	Ud		0
1.4.1	Canalizaciones	110 mm x3	Todas	m			0	m		0
		160 mm x3		m			0	m		0
		200 mm x3		m			0	m		0
		250 mm x3		m			0	m		0
		315 mm x3		m			0	m		0
		250 mm x1		m	20.780		372.159	m		372.159
1.4.2	Tubos Perforaciones	SDR 11 40 x3		m			0	m		0
		SDR 11 110 x3		m			0	m		0
		SDR 11 125 x3		m			0	m		0
		SDR 11 160 x3		m			0	m		0
		SDR 11 200 x3		m			0	m		0
		SDR 11 250 x3		m			0	m		0
		SDR 11 315 x3		m			0	m		0
		SDR 11 500 x3		m			0	m		0
		SDR 11 560 x3		m			0	m		0
		SDR 11 630 x3		m			0	m		0
		SDR 17 40 x3		m			0	m		0
		SDR 17 110 x3		m			0	m		0
		SDR 17 125 x3		m			0	m		0
		SDR 17 160 x3		m			0	m		0
		SDR 17 200 x3		m			0	m		0
		SDR 17 250 x3		m			0	m		0
SDR 17 315 x3		m			0	m		0		
SDR 17 500 x3		m			0	m		0		
SDR 17 250 x1		m	3.270		174.372	m		174.372		
1.4.3	Tubos Telecomunicaciones	Monotubo 1x40x3		m			0	m		0
		Monotubo 1x40x1		m	30.181	24.145	m		24.145	
		Cuatritubo 4x40x3		m			0	m		0
1.4.4	Separadores	Separador 3T160+2T110	66	m			0	Ud		0
		Separador 3T160/200/250	132	m			0	Ud		0
		Separador 3T200+2T110	220	m			0	Ud		0
		Separador 3T250+2T110	220	m			0	Ud		0
		Separador 4T200	220	m			0	Ud		0
		Separador 6T200	220	m			0	Ud		0
1.5.1	Cámaras de Empalme	Modular SC 132	132	Ud			0	Ud		0
		Modular DC 132	132	Ud			0	Ud		0
		Modular SC 220	220	Ud			0	Ud		0
		Modular DC 220	220	Ud			0	Ud		0
		Monobloque 1L 66	66	Ud			0	Ud		0
		Monobloque 2L 66	66	Ud			0	Ud		0
		Monobloque 1L 132	132	Ud			0	Ud		0
		Monobloque 2L 132	132	Ud			0	Ud		0
		Monobloque SC 132	132	Ud			0	Ud		0
		Monobloque DC 132	132	Ud			0	Ud		0
		Monobloque 1L 220	220	Ud			0	Ud		0
		Monobloque 2L 220	220	Ud			0	Ud		0
		Monobloque SC 220	220	Ud			0	Ud		0
		Monobloque DC 220	220	Ud			0	Ud		0
Cámara CC 400	400	Ud	26		141.117	Ud		141.117		
1.5.2	Arquetas de Telecomunicacione	Arqueta Sencilla PP-Acero		Ud			0	Ud		0
		Arqueta Doble PP-Acero		Ud	13	2.750	Ud		2.750	
		Arqueta Sencilla PRFV		Ud			0	Ud		0
		Arqueta Doble PRFV		Ud			0	Ud		0
1.6.1	Cinta	Cinta PEBD	Todas	m	20.780	761	mCinta		761	
1.7.1	Hormigón	Hormigón baja resistencia en masa		m3	8.312	1.014.064	m3		1.014.064	
1.7.2	Baldosas de cemento	Baldosas de cemento		m2	41.560	1.471.224	m2		1.471.224	
1.7.3	Asfalto	Asfalto		m2			0	m2	0	
1.8.1	Zanja	Doble Tresbolillo LSZ016	66	m						
		Simple Tresbolillo LSZ017	66	m						
		Doble Tresbolillo LSZ006	132	m						
		Simple Tresbolillo LSZ007	132	m						
		Doble Tresbolillo LSZ001	220	m						
		Simple Tresbolillo LSZ002	220	m						
		Doble CC	400	m	20.780					

4.2 Etapa 2 Construcción

 Huella de Carbono Línea Eléctrica Submarina		Teórico			Real				
		km	kg	kgCO ₂ eq	km	nº viajes	kgCO ₂ eq		
2	Etapa: Construcción				7.603				
2.1	Transporte materiales a obra	Categorías							
2.1.1	Transporte de conductores	Distancia a suministrador	2.300	9.204.099	1.969.815		1.969.815		
2.1.2	Transporte de cable de tierra	Distancia a suministrador	1.750	0	0		0		
2.1.3	Transporte FO	Pamplona (INCASA-CABELTE)	165	2.998	46	165	46		
		Oporto (Solicabel)	730	2.998	204	730	204		
		Ugarte, Navarra (Trefinasa)	25	2.998	7	25	7		
2.1.4	Transporte empalmes	Distancia a suministrador	2.700	8.206	2.062		2.062		
2.1.5	Transporte terminales exteriores	Distancia a suministrador	2.700	5.188	1.303		1.303		
2.1.6	Transporte terminales GIS	Distancia a suministrador	2.700	0	0		0		
2.1.7	Transporte canalizaciones y Elementos	Distancia a suministrador	1.500	939.905	131.187		131.187		
2.1.8	Transporte cámaras de empalme	Distancia a suministrador	1.500	1.166.256	162.780		162.780		
2.1.9	Transporte arquetas telecomunicacion	Distancia a suministrador	1.500	975	136		136		
2.1.10	Transporte marítimo de materiales	Hasta puerto destino		11.333.622	0	11.333.622	0		
2.1.11	Transporte del hormigón (m3)	Planta hormigón	75	8.312	202.293		202.293		
2.1.12	Transporte baldosas cemento	Distancia a suministrador	100	7.065.200	65.742		65.742		
2.1.13	Transporte asfalto	Distancia a suministrador	100	0	0		0		
2.2	Obra civil	Categorías		Unidad	Valor	kgCO₂eq	Unidad	Valor	kgCO₂eq
2.2.1	Excavadora para apertura de zanjas	Apertura de zanjas	m	20.780	22.492		h		31.511
2.2.2	Camión pluma instalación tubos	Instalación tubos	m	20.780	8.435		h		8.435
2.2.3	Máquina perforaciones dirigidas	Perforaciones dirigidas	Perf	14	31.823		h		31.823
2.2.4	Excavadora perforaciones dirigidas	Perforaciones dirigidas	Perf	14	7.274				
2.2.5	Grúa perforaciones dirigidas	Perforaciones dirigidas	Perf	14	31.823				31.823
2.2.6	Excavadora cámaras empalme	Cámaras de empalme	m3	806	1.745				
2.2.7	Grúa instalación cámaras de empalme	Cámaras de empalme	Ud	26	19.700				19.700
2.2.8	Apisonadora terminación	Terminación	m	20.780	98.404		h		98.404
2.2.9	Extendidora asfalto en terminación	Terminación	m	20.780	246.009		h		246.009
2.3	Tendido	Categorías		Unidad	Valor	kgCO₂eq	Unidad	Valor	kgCO₂eq
2.3.1	Camión pluma movimiento materiales	Tendido subterráneo	km	60	490		h		490
2.3.2	Uso de cabestrante/ tiro-freno	Tendido subterráneo	km	60	1.633		h		1.633
2.3.3	Trabajo de buque cablero	Tendido submarino	km	394	4.835.798		h		4.835.798
2.4	Servicios	Categorías		Unidad	Valor	kgCO₂eq	Unidad	Valor	kgCO₂eq
2.4.1	Uso TT movimiento personal en obra	Semanas obra	Semanas	88					
		Director facultativo			1.135			1.135	
		Supervisor de obra			5.676			5.676	
		Técnico de SyS			454			454	
		Técnico medio ambiente			7.946			7.946	
		Técnico medio ambiente			5.676			5.676	
		Semanas Arqueólogo	Semanas		0			0	
2.5	Gestión de Residuos	Categorías		Unidad	Valor	kgCO₂eq	Unidad	Valor	kgCO₂eq
2.5.1	Gestión de Residuos	Gestión residuos plásticos (inc tpte)	kg	18.547	1.573		kg		1.573
		Gestión residuos urbanos (inc tpte)	kg	17.100	7.781		kg		7.781
		Gestión escombros (inc tpte)	m3	132	2.772		m3		2.772
		Gestión tierras excedentes (inc tpte)	m3	210.713	235.577		m3		235.577
		Reciclado acero (inc tpte)	kg	300.000	-507.000				-507.000
		Reciclado aluminio (inc tpte)	kg		0				0
		Reciclado papel (inc tpte)	kg	15	-1				-1
		Residuos peligrosos	kg	17	3				3
		Tierras contaminadas	m3	618	22		kg		22
		Maderas y resid veg	kg	950	56		kg		56

4.3 Etapa 3 Explotación

		Huella de Carbono			
Línea Eléctrica Submarina		Teórico		tCO ₂ eq	
3	Etapa: Explotación			4	
3.1	Mantenimiento Correctivo	Categorías	Correctivo	Valor Base	kgCO ₂ eq
3.1.1	Suministro de materiales y elementos		0,005%	67.161.349	3.358
3.1.2	Transporte de materiales		0,005%	2.469.834	123
3.1.3	Obra civil		0,005%	467.703	23
3.1.4	Tendido		0,005%	4.837.922	242
3.1.5	Servicios		0,005%	20.888	1
3.1.6	Gestión de residuos		0,005%	-259.218	-13

4.4 Etapa 4: Desmantelamiento

		Huella de Carbono			
Línea Eléctrica Submarina		Teórico		tCO ₂ eq	
4	Etapa: Desmantelamiento			-4.063	
4.1	Desmontaje	Categorías	Unidad	Valor	kgCO ₂ eq
4.1.1	Uso de camión pluma				490
4.1.2	Uso de cabrestante				1.633
4.1.3	Trabajo de buque cableero				4.835.798
4.2	Residuos	Categorías	Unidad	Valor	kgCO ₂ eq
4.2.1	Reciclado de cobre		kg	6.357.335	-8.900.269
4.2.2	Reciclado de acero		kg	299	-505
4.2.3	Reciclado de aluminio		kg	0	0

5. CONCLUSIONES

A partir de los resultados de este cálculo podemos concluir que una aproximación al **balance de emisiones de gases GEI asociadas al Ciclo de Vida del Proyecto ofrece el dato de 70.705 tCO₂eq** lo que supone una ratio de **165,44 tCO₂eq/km de línea construida** (considerando los 4 cables del tramo soterrado y los 4 cables del tramo submarino en la parte española).

De este balance global, **el volumen de emisiones de gases GEI atribuible a la fase de construcción (incluyendo el suministro de materiales) asciende a 74.764 tCO₂eq.**

Como puede observarse, la fracción mayoritaria de las emisiones de gases GEI se concentra en la fase de suministro de materiales y trabajos de construcción de la línea (90% y 10% respectivamente sobre el total), principalmente vinculada a la producción de conductores y materiales de relleno y terminación, que conjuntamente representan el 88,9% de las emisiones debidas a la provisión de materiales.

Durante las labores de construcción, la actuación que más contribuye a las emisiones GEI es el trabajo del buque cablero para el tendido del cable submarino, seguido del transporte de conductores, que representan el 89,5% del total de las emisiones asociadas a esta fase.

El volumen de emisiones de gases GEI debidas a la fase de funcionamiento del proyecto asciende a 4 tCO₂eq, lo que representa una aportación minoritaria (<1% sobre el total), y está vinculada básicamente a la reposición periódica de elementos por el mantenimiento preventivo (85,3% de las emisiones atribuibles a esta fase).

Finalmente, **el volumen de emisiones de gases GEI debidas a la fase de desmantelamiento se asocia un balance negativo de emisiones que asciende a -4.063 tCO₂eq** (un 5% del total de gases GEI liberados) debido al reciclado de aluminio y acero.

El efecto residual del proyecto sobre el cambio climático se ha analizado considerando su ciclo de vida, ya que permite obtener una imagen más ajustada y completa de su contribución a este problema global, como se está abordando desde distintos instrumentos reconocidos internacionalmente, como la estimación de la huella de carbono. En el caso que nos ocupa es especialmente conveniente, ya que permite entender que, si bien la construcción y funcionamiento de cualquier instalación o infraestructura conlleva la emisión de un determinado volumen de GEI, en este caso un volumen de emisiones de GEI con un balance global estimado de 70.705 tCO₂eq a lo largo del periodo de 40 años de vida útil, lo que realmente tiene interés en la valoración del proyecto es el balance global de emisiones en un contexto de funcionamiento más amplio, el del sistema eléctrico del que la línea formará parte y que, como se ha citado previamente, genera un efecto positivo sobre el cambio climático, ya que permite la mejora de la eficiencia del sistema de transporte de energía.

Es destacable el que sea posible aplicar un conjunto de medidas para minimizar el volumen de emisiones, principalmente de manera previa a su construcción (fase de diseño) o medidas corporativas que contribuyen a reducir la huella de carbono del proyecto, si bien también se incluyen algunas a aplicar durante la fase de construcción. Éstas se basan fundamentalmente en la minimización de los desplazamientos del buque cablero y embarcaciones auxiliares, de vehículos pesados y personal, en la aplicación de mecanismos de seguimiento y vigilancia ambiental

(cumplimiento de mantenimientos, las ITV, temporadas y zonas con riesgo alto de incendios, etc...) o métodos predictivos con tecnología LIDAR que permite estimar con gran precisión la exigencia de calidad en los trabajos de vigilancia ambiental y la supervisión de talas o podas.

Como se ha citado anteriormente, el efecto del proyecto sobre el cambio climático se ha analizado considerando su ciclo de vida completo, siendo en el caso que nos ocupa especialmente conveniente, ya que permite entender que, si bien la construcción de cualquier instalación o infraestructura conlleva la emisión de un determinado volumen de GEI lo que realmente tiene interés en la valoración del proyecto es el balance global de emisiones en un contexto de funcionamiento más amplio, el del sistema eléctrico del que la línea formará parte y que, como se ha citado previamente, genera un efecto positivo sobre el cambio climático, ya que permite la mejora de la eficiencia del sistema de transporte de energía.

En cuanto a otras emisiones de GEI indirectas no contempladas por la metodología de cálculo de la huella de carbono, es destacable que el proyecto no va a generar cambios en los usos del suelo que supongan la liberación del CO₂ fijado en los horizontes orgánicos, ni cambios en las condiciones físicas del suelo, como pueda ser su régimen de humedad, que puedan inducir la mineralización de los horizontes húmicos.

Por otro lado, los escenarios futuros de cambio climático apuntan como algunas de las principales tendencias regionales un aumento de las temperaturas y una disminución de las precipitaciones. La valoración de estos efectos a una escala de detalle como la de este proyecto es muy compleja, pero sí puede concluirse que su ejecución no disminuirá la disponibilidad hídrica en la zona afectada, tanto en la cuantía de los recursos superficiales o subterráneos como en su calidad, por lo que no aumenta la vulnerabilidad del territorio a estos efectos.

Por todo lo anterior, se considera que el impacto residual del proyecto debido a su contribución al cambio climático se valora como COMPATIBLE.