

ASISTENCIA TÉCNICA PARA LA REDACCIÓN DE ESTUDIOS AMBIENTALES ADICIONALES PARA LA NUEVA TERMINAL DE CONTENEDORES

ESTUDIO DE LA HUELLA DE CARBONO EN LA SITUACIÓN ACTUAL Y FUTURA DE LA TERMINAL DE CONTENEDORES DE CÁDIZ

ANEXO 1: FASES DE CONSTRUCCIÓN



OCTUBRE 2022

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	2
1.1. ANTECEDENTES	2
2. NTC FASE I.....	3
2.1. SOLUCIÓN ADOPTADA	3
2.2. UNIDADES DE OBRA A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO.....	4
3. NTC FASE II.....	5
3.1. SOLUCIÓN ADOPTADA	6
3.2. UNIDADES DE OBRA A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO.....	6
4. HUELLA DE CARBONO.....	7
4.1. FACTORES DE EMISIÓN	8
4.2. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LA FASE I DE LA NTC.....	9
4.3. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LA FASE II DE LA NTC.....	9
4.4. RESUMEN DE EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE LA NTC.....	11
5. NOTAS FINALES Y FIRMAS	11

1. INTRODUCCIÓN

En el marco del cálculo de la huella de carbono asociada al tráfico de contenedores en el Puerto de Cádiz, se redacta el presente anexo donde se recogen las emisiones relacionadas con la construcción de las infraestructuras proyectadas. Se redacta este documento como un anexo al principal debido a que las emisiones aquí calculadas son de carácter transitorio, y no están relacionadas directamente con el tráfico de contenedores.

1.1. ANTECEDENTES

Debido a las expectativas de incremento de tráfico de contenedores previstas para el Puerto de la Bahía de Cádiz, la APBC ha comenzado con la construcción de las nuevas infraestructuras que conformarán la Nueva Terminal de Contenedores (NTC).

La primera fase la nueva terminal ya se encuentra construida desde el año 2016 y la segunda se ejecutará próximamente. La NTC está adosada al dique de Levante y al Muelle Nº5, de forma que se pueda liberar el terreno que ocupa actualmente la terminal en el muelle Reina Sofía, mucho más cercano a la ciudad y adecuado para el uso del tráfico de cruceros.



Imagen 1: Imagen aérea de la situación actual de la zona de actuación. En rojo la zona de la NTC y en naranja la actual terminal de contenedores Fuente: Google Earth

LA NTC contará con una longitud total de línea de atraque de 1.000 m, dividida en dos fases de ejecución, que se cierra por el lado norte con un dique en talud en “S” para minimizar la agitación en la bocana del puerto, y por el lado sur con el muelle N°5 de Navantia. La futura explanada contará con 38 ha para la operativa de contenedores en el puerto.

Con motivo de los requerimientos realizados por la APBC, en el presente documento se calcula la huella de carbono producida durante la fase de construcción de la NTC, tanto en la primera fase (ya ejecutada), como en la segunda.

2. NTC FASE I

La primera fase de la nueva terminal está conformada por 589,50 m de línea de atraque, generándose una superficie de explanada cercana a las 22 ha, con un calado del muelle de 16 m. Por el lado sur se cierra con una mota de carácter provisional hasta ejecutar la segunda fase. Además, se completan las obras con la realización de un dragado general en la zona de reviro de los grandes buques portacontenedores frente a la nueva terminal en el canal de acceso, variando las cotas de dragado entre la -13, -14,50 y -16 metros, dependiendo de la zona.

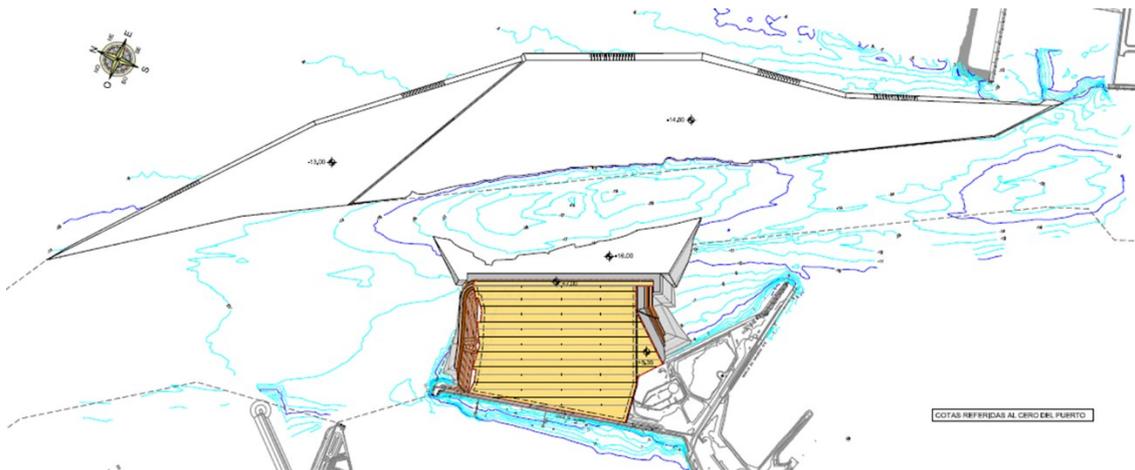


Imagen 2: Planta general de la primera fase de la NTC, perteneciente al proyecto constructivo. Fuente: APBC

El proyecto constructivo de la fase I data del año 2010, y en él se evaluaron diferentes alternativas sobre la tipología de muelle a ejecutar que se describen a continuación.

2.1. SOLUCIÓN ADOPTADA

Se evaluaron en el proyecto tres posibles tipologías de muelles, generando así tres alternativas para el desarrollo de la solución, teniendo todas ellas en común la necesidad de retirar la capa de fangos superficial existente en la zona de actuación, por motivos de estabilidad y deformabilidad:

- Alternativa de Cajones
- Alternativa de Tablestacas
- Alternativa de Pilotes

Los criterios empleados para evaluar las alternativas y dar con la solución fueron: respuesta estructural, dificultad constructiva, recuperabilidad, plazo de ejecución, aspectos medioambientales, vida útil, necesidades de mantenimiento y aspectos económicos.

Finalmente, se concluye que la solución óptima es la primera, la Alternativa de Cajones. Esta alternativa propone realizar un muelle de gravedad constituido por cajones de hormigón armado. Al tratarse de una estructura de gravedad se requieren determinadas condiciones de cimentaciones lo que hace necesario realizar un dragado para eliminar la capa de fangos existente. Las cotas alcanzadas serán la -19 y la -17,50 m, según la zona. La cota de cimentación de los cajones será la -16 en todo el muelle. En parte de la sección se realizan cimentaciones mediante columnas de grava para evitar la aparición de inestabilidades del muelle.

El muelle se trasdosa con todo uno y se completa el perfil con relleno general hasta la cota +5,30. En la zona superior se añade un relleno seleccionado y compactado de 1 m de espesor, con el fin de situar sobre él una zahorra artificial y el pavimento portuario. La superestructura corona la cota +7,0 y consiste en una viga cantil de 5,75 m de anchura y 2,50 m de canto, situada sobre los cajones.

2.2. UNIDADES DE OBRA A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO

A continuación, se presentan las unidades de obra principales, que son las que conformarán el análisis de la huella de carbono producida durante la fase de construcción de la primera fase de la NTC.

Nombre	Unidad	Medición
CAP. 01: DRAGADOS EN CIMENTACIÓN DE MUELLE Y DIQUES		
Dragado	m ³	891.799,10
CAP. 02: DRAGADO GENERAL		
Dragado	m ³	3.467.345,28
CAP. 03: ESTRUCTURA DE ATRAQUE		
Relleno de celdas de cajones	m ³	190.011,02
Hormigón en cajones	m ³	54.206,26
Acero para armar	kg	3.986.806,53
Botadura, transporte y fondeo de cajones	ud	16,00
Enrase de grava	m ²	14.281,65
Pedraplén o todo uno	m ³	183.936,81
Escollera en cimentación de cajones	m ³	82.669,00
Escollera 1500 kg	m ³	943,80
CAP. 04: SUPERESTRUCTURA		
Hormigón para armar en superestructura	m ³	16.199,62
Acero para armar	kg	714.402,49
Pavimento de hormigón	m ²	2.660,85
Explanada granular	m ³	10.643,39
CAP. 05: RELLENOS Y PRECARGA		

Nombre	Unidad	Medición
Formación de precarga	m ³	1.645.000,00
Relleno de material seleccionado	m ³	212.000,00
Retirada de escollera de diques	m ³	13.069,85
Escollera en cimentación de cajones	m ³	10.000,00
Enrase de grava	m ²	10.000,00
CAP. 06: DIQUE DE ABRIGO		
Todo uno de cantera medios marítimos	m ³	251.320,97
Todo uno de cantera medios terrestres	m ³	56.688,43
Escollera 1500 kg	m ³	30.649,46
Escollera 6000 kg a pie de berma	m ³	7.060,15
Hormigón para armar en superestructura	m ³	8.234,07
Acero para armar	kg	284.908,03
Fabricación bloques de hormigón 12 tn	m ³	41.417,83
Colocación bloques de hormigón	ud	7.938,00
CAP. 07: MOTA SUR		
Todo uno de cantera medios marítimos	m ³	185.127,54
Todo uno de cantera medios terrestres	m ³	39.688,01
Retirada de escollera	m ³	12.930,15
Hormigón para armar en superestructura	m ³	80,00
Acero para armar	kg	2.886,40

Tabla 1: Unidades de obra principales de la Fase I de la NTC. Fuente: Elaboración propia a partir del proyecto de construcción de la Nueva Terminal de Contenedores de Cádiz. Fase I

Las emisiones de CO₂ asociadas a la fase de construcción se calcularán a partir de los valores expuestos en la *Guía metodológica para el cálculo de la huella de carbono en puertos*, de Puertos del Estado (en adelante *Guía PdE*) para las principales unidades de obra que conforman las obras marítimas. En el caso de que alguna unidad no estuviera presente, se calcularan las emisiones a partir de la descomposición de la unidad correspondiente.

3. NTC FASE II

La segunda de la NTC tendrá una longitud de atraque de 510,45 m, conformando así, junto con la primera fase, una línea de atraque de 1.100 m. La superficie generada con la segunda fase es de aproximadamente 16 ha, construyéndose así una explanada total, entre las dos fases, de 38 ha para el almacenamiento de contenedores.

Con el fin de darle continuidad a la primera fase, el calado del muelle será de 16 m, para lo cual será necesario realizar un dragado general a la cota -16 en la zona contigua al muelle. Por el lado sur, la nueva ampliación se cerrará con el Muelle nº5 de Navantia. Debido a que dicho muelle cuenta con un calado inferior al requerido, será necesario reflotar tres cajones y sustituirlos por escollera. Por el suroeste, la NTC se cerrará con rellenos reaprovechados y por el norte con la mota sur de la primera fase.



Imagen 3: Planta general de la NTC completa, perteneciente al proyecto constructivo de la Fase II. Fuente: APBC

El proyecto constructivo de la fase II data del año 2020, y en él se evaluaron diferentes alternativas sobre la tipología de muelle a ejecutar que se describen a continuación.

3.1. SOLUCIÓN ADOPTADA

Se evaluaron en el proyecto tres posibles tipologías de muelles, generando así tres alternativas para el desarrollo de la solución, teniendo todas ellas en común la necesidad de retirar la capa de fangos superficial existente en la zona de actuación, por motivos de estabilidad y deformabilidad:

- Alternativa de Cajones
- Alternativa de Tablestacas
- Alternativa de Pilotes

Los criterios empleados para evaluar las alternativas y dar con la solución fueron: respuesta estructural, dificultad constructiva, recuperabilidad, plazo de ejecución, aspectos medioambientales, vida útil, necesidades de mantenimiento y aspectos económicos.

Debido a que la segunda fase es una continuación de la primera, el estudio de alternativas realizado es común para ambos proyectos, por ello, se concluye que la solución óptima es la primera, la Alternativa de Cajones. Las características descritas son las que se incluyen en el apartado correspondiente a la primera fase, por tratarse de una prolongación.

3.2. UNIDADES DE OBRA A CONSIDERAR EN EL ESTUDIO

A continuación, se presentan las unidades de obra principales, que son las que conformarán el análisis de la huella de carbono producida durante la fase de construcción de la primera fase de la NTC.

Nombre	Unidad	Medición
CAP. 01: DRAGADOS EN CIMENTACIÓN DE MUELLE Y DIQUES		
Dragado	m ³	400.605,53
Excavación y carga de productos (m ³)	m ³	25.470,30
CAP. 02: DRAGADO GENERAL		

Nombre	Unidad	Medición
Dragado	m ³	1.147.038,73
CAP. 03: ESTRUCTURA DE ATRAQUE		
Relleno de celdas de cajones	m ³	196.043,12
Hormigón en cajones	m ³	52.484,66
Acero para armar	kg	3.905.646,29
Botadura, transporte y fondeo de cajones	ud	13,00
Enrase de grava	m ²	14.292,60
Pedraplén o todo uno	m ³	201.541,18
Escollera en cimentación de cajones	m ³	29.949,95
CAP. 04: SUPERESTRUCTURA		
Hormigón para armar en superestructura	m ³	16.273,15
Acero para armar	kg	636.255,68
Pavimento de hormigón	m ²	3.540,48
Explanada granular	m ³	14.161,93
CAP. 05: RELLENOS Y PRECARGA		
Formación de precarga	m ³	655.000,00
Relleno de material seleccionado	m ³	216.530,00
CAP. 06: CONEXIÓN CON NAVANTIA		
Demolición superestructura cajones	m ³	2.505,66
Reflote y colocación de cajón	ud	3,00

Tabla 2: Unidades de obra principales de la Fase II de la NTC. Fuente: Elaboración propia a partir del proyecto de construcción de la Nueva Terminal de Contenedores de Cádiz. Fase II

Las emisiones de CO₂ asociadas a la fase de construcción se calcularán a partir de los valores expuestos en la Guía de PdE para las principales unidades de obra que conforman las obras marítimas. En el caso de que alguna unidad no estuviera presente, se calcularan las emisiones a partir de la descomposición de la unidad correspondiente.

4. HUELLA DE CARBONO

Para calcular las emisiones en las fases de construcción de las obras se recurre a la *Guía de PdE*. En esta guía se evalúa la huella de carbono atribuible a la construcción de varios tipos de obras marítimas, tomando como referencia las tipologías incluidas en el *Observatorio de obras portuarias* de Puertos del Estado.

Se calculan tres tipos de emisiones asociadas a la construcción de las obras: las procedentes de la producción de los materiales, las del transporte de los mismos hasta el lugar de las obras y las de puesta en obra de los mismos (maquinaria en obra). Las hipótesis tomadas para realizar dichas estimaciones se pueden consultar en la propia *Guía*.

Como se ha mencionado, se trata de emisiones transitorias, que una vez que finalizan las obras desaparecen. Por lo tanto, debido a que la Fase I de las infraestructuras ya se encuentra ejecutada, los gases GEI asociados a la misma ya han desaparecido.

4.1. FACTORES DE EMISIÓN

Los factores de emisión empleados para los cálculos han sido obtenidos de la *Guía de PdE*, donde se listan las unidades de obra principales para cada tipo de sección, así como los materiales principales empleados. A continuación, se muestran los mismos:

Nombre	Unidad	FE (kg CO ₂ eq./ud)
Maquinaria (unidades de obra)		
Dragado	m ³	2,40
Relleno de celdas de cajones	m ³	0,60
Hormigón en cajones	m ³	32,40
Acero para armar	kg	0,0023
Botadura, transporte y fondeo de cajones	ud	22.448,98
Enrase de grava	m ²	0,07
Pedraplén o todo uno	m ³	0,30
Escollera en cimentación de cajones	m ³	2,90
Escollera 1500 kg	m ³	6,10
Hormigón para armar en superestructura	m ³	13,30
Pavimento de hormigón	m ³	3,20
Explanada granular	m ³	4,50
Formación de precarga	m ³	0,85
Relleno de material seleccionado	m ³	0,20
Retirada de escollera de diques	m ³	14,48
Escollera en cimentación de cajones	m ³	2,90
Todo uno de cantera medios marítimos	m ³	1,90
Todo uno de cantera medios terrestres	m ³	1,61
Escollera 6000 kg a pie de berma	m ³	30,91
Fabricación bloques de hormigón 12 tn	m ³	16,00
Colocación bloques de hormigón	ud	9,00
Retirada de escollera	m ³	14,48
Excavación y carga de productos (m3)	m ³	3,83
Pedraplén o todo uno	m ³	0,30
Demolición superestructura cajones	m ³	9,67
Materiales		
Todo-uno de cantera	m ³	2,94
Escollera clasificada	m ³	2,91
Relleno en celdas de cajones procedente de cantera	m ³	2,88
Relleno general de explanada procedente de préstamo terrestre	m ³	2,92
Grava en banqueta de cimentación de cajones	m ³	5,21
Hormigón en masa, incluido el hormigón en bloques	m ³	8,00
Hormigón para armar	m ³	7,68
Hormigón en pavimento	m ³	3,33

Tabla 3: Factores de emisión empleados en los cálculos. Fuente: Guía PdE

4.2. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LA FASE I DE LA NTC

Según lo expuesto anteriormente, se llevan a cabo los cálculos de las emisiones de GEI asociadas a la construcción de la primera fase de la NTC. Como se ha mencionado previamente, las emisiones a continuación mostradas ya fueron producidas en su momento y con el fin de las obras, han desaparecido.

Emisiones (t CO ₂ eq.)	FASE I
Producción de materiales	54.030,22
Transporte de materiales	5.073,77
Maquinaria en obra (puesta en obra)	17.356,02
Total	76.460,01

Tabla 4: Emisiones de GEI asociadas a la construcción de la Fase I de la NTC. Fuente: Elaboración propia

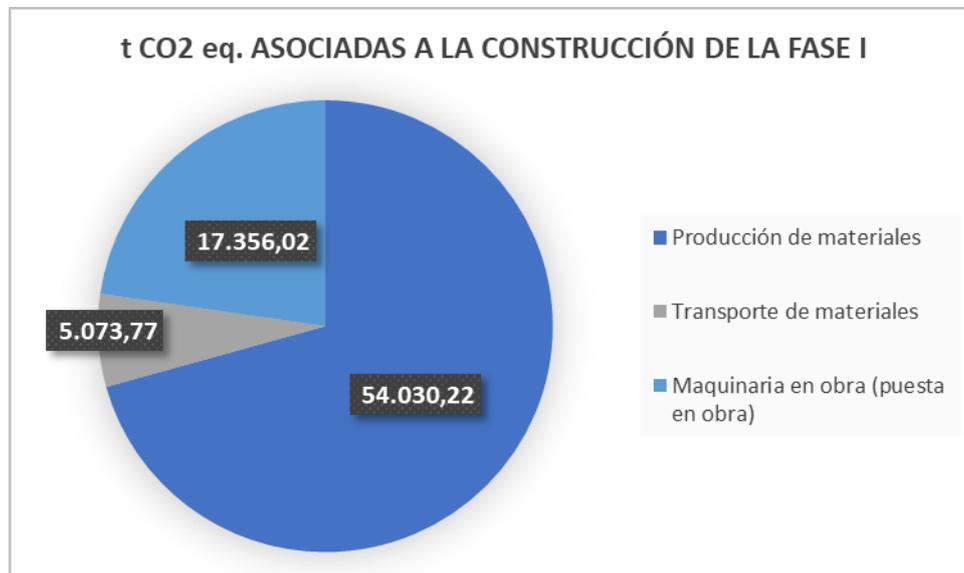


Imagen 4: Emisiones de GEI asociadas a la construcción de la Fase I de la NTC. Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el gráfico anterior, el mayor número de emisiones están asociadas a la producción de los materiales, representando un 71% del total. Le siguen las emisiones de la puesta en obra de los materiales con un 23% y, por el último, el transporte de los mismos, con un 6%.

Como el plazo de las obras, según el proyecto, es de 46 meses, se obtiene que la emisión de GEI ha sido de 1.662 t CO₂ eq./mes y de 19.946 t CO₂ eq./año.

4.3. EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LA FASE II DE LA NTC

De igual forma que en el caso anterior, se calculan las emisiones de gases que se producirán durante la construcción de las infraestructuras de la segunda fase de la NTC, con lo que se concluirán las obras de ampliación, dando lugar al nuevo espacio para la explotación del tráfico de contenedores en el Puerto de la Bahía de Cádiz.

Emisiones (t CO ₂ eq.)	FASE II
Producción de materiales	34.112,91
Transporte de materiales	2.838,14
Maquinaria en obra (puesta en obra)	7.063,11
Total	44.014,16

Tabla 5: Emisiones de GEI asociadas a la construcción de la Fase II de la NTC. Fuente: Elaboración propia

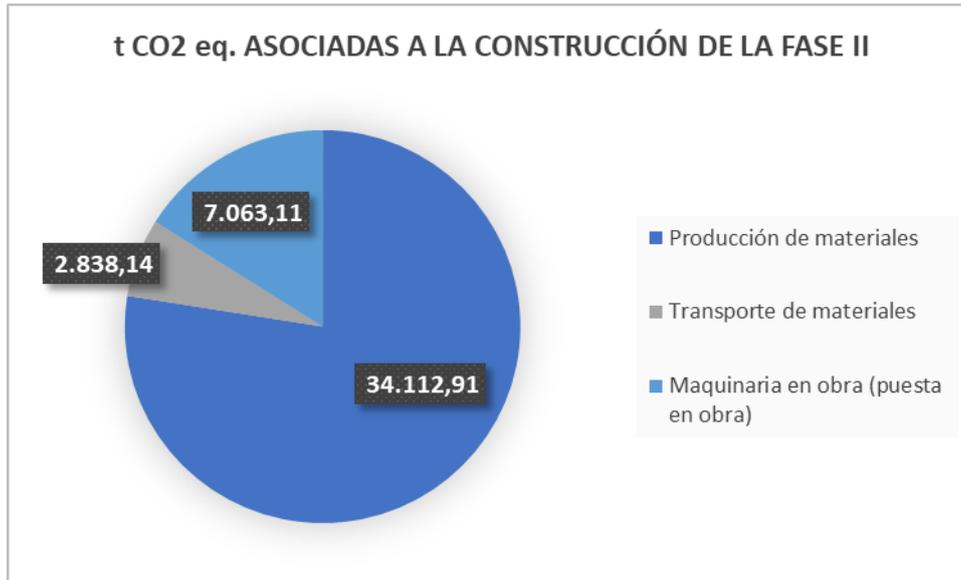


Imagen 5: Emisiones de GEI asociadas a la construcción de la Fase II de la NTC. Fuente: Elaboración propia

De la misma forma que en la Fase I, el mayor porcentaje de emisiones es el producido por la producción de los materiales (78%), seguido de las emitidas por su puesta en obra (16%) y por el transporte de los mismo (6%).

El plazo estimado de los trabajos es de 28 meses, por lo que se producirán unas emisiones estimadas de 1.571,93 t CO₂ eq./mes y de 18.863,21 t CO₂ eq./año.

4.4. RESUMEN DE EMISIONES DE GEI ASOCIADAS A LA CONSTRUCCIÓN DE LA NTC

Las emisiones totales asociadas a la construcción de la NTC son el resultado de sumar las emisiones de cada fase de construcción.

Emisiones (t CO ₂ eq.)	FASE I	FASE II	TOTAL NTC
Producción de materiales	54.030,22	34.112,91	88.143,13
Transporte de materiales	5.073,77	2.838,14	7.911,91
Maquinaria en obra (puesta en obra)	17.356,02	7.063,11	24.419,13
Total	76.460,01	44.014,16	120.474,17

Tabla 6: Emisiones de GEI asociadas a la construcción de la NTC. Fuente: Elaboración propia

Cabe destacar que, del total de las emisiones asociadas a la construcción de la terminal, un 63,5% se corresponden con la primera fase y, por lo tanto, ya se han producido durante el plazo de ejecución de las obras. Por lo tanto, quedarían por emitirse a la atmósfera un 36,5% de las emisiones estimadas, que serían las correspondientes a la Fase II.

5. 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
Sara Calvo Fernández	Ingeniera de caminos, canales y puertos	79327740-G
Victoria Ferreiroa Ruibal	Ingeniera de caminos, canales y puertos	77461043-X
Cristina Gómez Ferreiro	Ingeniera de caminos, canales y puertos	79329621-E
Ángel Mateos Alonso	Ingeniero de caminos, canales y puertos	44494165-K