



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: CASO DE ESTUDIO DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL) Y PERSPECTIVAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Autor: María Luisa Díaz García

Director: Javier Vaca Cabrero

Madrid

Julio 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título

**ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA
PORTUARIO ESPAÑOL: CASO DE ESTUDIO DEL ENFOQUE EN EL
GAS NATURAL LICUADO (GNL) Y PERSPECTIVAS HACIA LA
SOSTENIBILIDAD Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA**

en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el curso académico 2023 - 2024 es de mi autoría, original e inédito y no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: María Luisa Díaz García

Fecha: 25/06/2024

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Javier Vaca Cabrero

Fecha: 25/ 06/ 2024

**VACA
CABRERO
JAVIER -**

06017050C

Firmado
digitalmente por
VACA CABRERO
JAVIER - 06017050C
Fecha: 2024.06.25
11:17:52 +02'00'

A mi familia, agradeciéndoles su apoyo y cariño durante todos estos años.

Todo esfuerzo tiene su recompensa.

Mi motivación siempre ha sido haceros sentir orgullosos.

Y gracias también por enseñarme el valor del trabajo, compromiso y la perseverancia.

Por cada palabra de aliento en los momentos difíciles.

Recordaré siempre vuestro sacrificio y ayuda.

Mi éxito es también de todos vosotros.

Mi agradecimiento también a mi tutor y amigo Javier,

por confiar en mí y prestarme su ayuda durante el desarrollo de este trabajo.



MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: CASO DE ESTUDIO DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL) Y PERSPECTIVAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Autor: María Luisa Díaz García

Director: Javier Vaca Cabrero

Madrid

Julio 2024

ANÁLISIS DE LA GESTIÓN ENERGÉTICA DEL SISTEMA PORTUARIO ESPAÑOL: CASO DE ESTUDIO DEL GAS NATURAL LICUADO (GNL) Y PERSPECTIVAS HACIA LA SOSTENIBILIDAD Y LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Autor: María Luisa Díaz García

Director: Javier Vaca Cabrero

RESUMEN DEL PROYECTO

España, al igual que el resto de países de la Unión Europea, se encuentra inmersa en un proceso crucial de transición energética para hacer frente al cambio climático. Es por ello, que se enfrenta el desafío de alinear sus prácticas con los objetivos de sostenibilidad fijados por la Unión Europea. Este proyecto de TFM se centra en la gestión portuaria de materiales energéticos, particularmente en el Gas Natural Licuado (GNL), evaluando su rol en el cumplimiento de dichos objetivos.

Mediante un análisis detallado de datos sobre la importación y exportación de gas natural licuado por vía marítima, este estudio pretende proporcionar una visión integral de la viabilidad de las estrategias actuales implantadas en el sector energético español.

Para el análisis se llevará a cabo la creación de una base de datos y se utilizarán distintas herramientas para evaluar las tendencias de las emisiones de GEI en el ámbito de las importaciones marítimas de GNL con el fin de comprobar si se cumplen los objetivos de las políticas medioambientales establecidas por los órganos gubernamentales.

Dentro de dichas regulaciones medioambientales, el análisis se focalizará en el paquete de medidas *Fit for 55* (1), fijado por la Unión Europea en julio de 2021 cuyo objetivo es lograr la disminución de las emisiones netas de los gases de efecto invernadero un 55% en 2030 respecto a las emisiones de 1990.

Como resultados del proyecto se obtendrán distintos escenarios regidos por diferentes tasas anuales de reducción de emisiones, siendo los más estrictos y los menos alcanzables aquellos que cumplen la fecha límite del *Fit for 55* y otros más asequibles pero con tasas más laxas que alargan la fecha de cumplimiento del objetivo.

Palabras clave: Sostenibilidad, gas natural, GNL, gestión portuaria, transición energética, importación, exportación, cambio climático, políticas de sostenibilidad.

1.- INTRODUCCIÓN

El sector energético es clave para hacer frente a la crisis climática y reducir las emisiones de gases contaminantes a la atmósfera. En la actualidad España aborda una situación crucial hacia la transición energética.

Este trabajo se basa en el análisis de datos de la gestión portuaria de materiales energéticos en el país, enfocándose particularmente en el Gas Natural Licuado (GNL) con el fin de

estudiar y predecir el cumplimiento de los objetivos fijados por la Unión Europea hacia la sostenibilidad.

La evaluación detallada de las estrategias y objetivos propuestos unidos al estudio de los datos de importación de materiales energéticos en el sector portuario, proporcionará una visión de la viabilidad de la consecución de dichos objetivos así como la delimitación del camino a seguir para alcanzar un futuro energético sostenible y responsable con el medio ambiente.

2.- ESTADO DE LA CUESTIÓN

La utilización de gas natural en España ha ido tomando relevancia en los últimos años ya que, entre los combustibles fósiles como el carbón o el petróleo, es aquel que se considera una fuente de energía más limpia. Aunque las energías renovables están cobrando fuerza, es pronto para depender tan solo de ellas por lo que el gas natural es una buena alternativa como respaldo de las fuentes renovables como la energía solar o eólica para la generación de electricidad.

Según datos de 2021 (2), España importa la totalidad del gas natural que se utiliza en el país, siendo el 45,5% producto de la importación por gasoducto y el 54,5% restante en forma de Gas Natural Licuado (GNL).

España posee una amplia red de generación y transporte de gas por lo que cuenta con una gran distribución de gasoductos por su geografía, plantas de regasificación de gran importancia y puntos de conexión internacional para la recepción de gas de otros países como el situado en Almería que importa el gas desde Argelia, principal país proveedor de gas natural vía gasoducto hasta España.



Figura 1. Infraestructura de Red de Gas en España. Fuente: EpData

Este trabajo se centra en la importación de gas natural en forma de GNL. Los buques con el GNL denominados metaneros llegan a las costas españolas y lo descargan en estado líquido en las plantas regasificadoras que lo devuelvan a su estado original.



Figura 2. Buque metanero. Fuente: Newtral

El gas natural es el segundo recurso energético más consumido como fuente de energía primaria en España. Estudios del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) indican el consumo de energía primaria en España donde el gas natural representa un 25% del total, sólo detrás de los productos petrolíferos con el 42,8% (3).

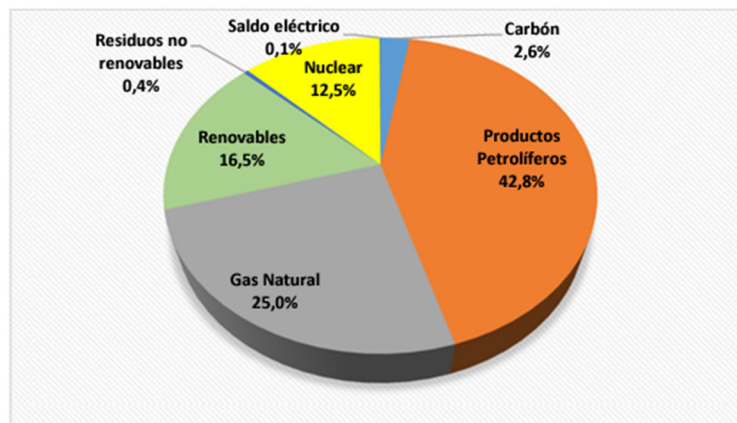


Figura 3. Consumo de recursos energéticos en España. Fuente: MITERD

3.- MOTIVACIÓN

El presente estudio surge ante la imperativa necesidad de abordar los retos energéticos contemporáneos, evaluando la eficacia y suficiencia de las medidas establecidas por las autoridades gubernamentales para alcanzar los objetivos predefinidos en el plazo establecido.

La importación de materiales energéticos en el contexto español será examinada desde una perspectiva centrada en la gestión portuaria de estos combustibles fósiles, con especial atención al Gas Natural Licuado (GNL). Este enfoque permitirá recopilar datos pertinentes sobre la evolución del consumo de recursos energéticos en el país, evaluando si las cantidades importadas están alineadas con las políticas de sostenibilidad energética.

Dada la creciente relevancia del gas natural en el panorama energético, resulta esencial analizar su utilización como recurso, considerando su potencial como alternativa principal para reducir la dependencia de combustibles más contaminantes, como el carbón o el petróleo. En el caso específico de España, el GNL desempeña un papel destacado, respaldado por una extensa infraestructura de gas y numerosas instalaciones regasificadoras, en comparación con otros países europeos.

Para alcanzar las metas ambiciosas establecidas por la legislación europea, es crucial adoptar un enfoque proactivo y estratégico, comprendiendo los desafíos inherentes y ajustando las estrategias en consecuencia. Este enfoque permitirá una evaluación realista de la situación actual y proporcionará la base necesaria para modificar y orientar las acciones hacia resultados más cercanos a los objetivos establecidos.

El propósito fundamental de este estudio es proporcionar información valiosa a través de análisis rigurosos, con el fin de orientar la toma de decisiones y la implementación de programas específicos que impulsen la transición hacia un futuro energético más sostenible y responsable.

4.- OBJETIVOS DEL PROYECTO

El principal objetivo del presente TFM es analizar la importación de materiales energéticos en España, centrándose en la gestión portuaria de combustibles fósiles, especialmente el Gas Natural Licuado (GNL), para determinar si las cantidades importadas están alineadas con las políticas de sostenibilidad energética.

Del objetivo principal emanan objetivos secundarios como evaluar la efectividad de las medidas establecidas por los organismos gubernamentales para alcanzar los objetivos de sostenibilidad energética en el horizonte de tiempo establecido y comprender los desafíos y oportunidades asociados con la implementación de medidas para alcanzar las metas establecidas por la legislación europea en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

5.- ALINEACIÓN CON LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE

Los objetivos del desarrollo sostenible (ODS) fueron diseñados en 2015 por la Asamblea General de Naciones Unidas y abogan por la prosperidad económica global, el fin de la pobreza y el compromiso con el medioambiente (4).

Este proyecto incluye algunos de estos objetivos:

- **Objetivo 7: Energía asequible y no contaminante:** este proyecto contribuye a este objetivo al evaluar la gestión portuaria de materiales energéticos, como el Gas Natural Licuado (GNL), para garantizar un acceso asequible a fuentes de energía limpias y sostenibles. Además, al analizar la eficacia de las medidas gubernamentales para cumplir con los objetivos de sostenibilidad energética, se busca promover el uso de energías renovables y la eficiencia energética, lo que se alinea con el objetivo de proporcionar energía asequible y no contaminante para la sociedad.
- **Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura:** en el proyecto se examina la importación de combustibles fósiles a través de la gestión portuaria. Al analizar la infraestructura y las prácticas de importación de materiales energéticos, se busca identificar áreas de mejora en la infraestructura energética y promover la innovación en el sector.

- **Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles:** este trabajo contribuye a crear ciudades y comunidades sostenibles. Al evaluar el impacto de la importación de GNL en el país, incluyendo aspectos como la eficiencia energética, se trata de promover la planificación y gestión eficientes de los recursos energéticos a nivel local y regional.
- **Objetivo 13: Acción por el clima:** la relación de este proyecto con la acción por el clima es claramente visible al examinar la importación de materiales energéticos y su impacto en las emisiones de gases de efecto invernadero. También se evalúa la eficacia de las medidas gubernamentales para reducir las emisiones y promover la sostenibilidad energética.

6.- METODOLOGÍA DE TRABAJO

En primer lugar, se requerirá el establecimiento de una base de datos que sirva como fundamento para el desarrollo de este proyecto. Dicha base de datos estará compuesta por datos estadísticos relacionados con la importación de materiales energéticos a través de los puertos de España.

Estos datos serán sometidos a un proceso de tratamiento y análisis exhaustivo, considerando diversas variables que serán incorporadas en la base de datos. El propósito de este análisis será identificar correlaciones y tendencias en las fluctuaciones observadas en los últimos años.

A partir de las conclusiones obtenidas a través de este análisis, se procederá a realizar una proyección del comportamiento de los datos en los años venideros, hasta los plazos establecidos por la Unión Europea para la consecución de los objetivos previamente definidos.

Por otro lado, se llevará a cabo un estudio detallado de las principales propuestas y políticas establecidas por los organismos gubernamentales pertinentes. A través de este análisis, y considerando las proyecciones de importación de materiales energéticos en España para los años futuros, se evaluará la viabilidad de alcanzar dichos objetivos dentro del plazo establecido. En caso de que sea necesario, se determinará el año en el cual se espera alcanzar dichos objetivos, considerando la implementación de las medidas establecidas en el contexto actual.

7.- RECURSOS A EMPLEAR

Para establecer la base de datos que servirá como fundamento para los análisis del proyecto, se emplearán programas especializados en la gestión y procesamiento de datos a gran escala, tales como Microsoft SQL o Python.

Los análisis y tendencias se sustentarán en la base de datos previamente preparada, y se presentarán utilizando la herramienta PowerBI.

ANALYSIS OF THE ENERGY MANAGEMENT OF THE SPANISH PORT SYSTEM: CASE STUDY OF LIQUEFIED NATURAL GAS (LNG) AND PROSPECTS FOR SUSTAINABILITY AND ENERGY TRANSITION

Author: María Luisa Díaz García

Supervisor: Javier Vaca Cabrero

ABSTRACT OF THE PROJECT

Spain, like other countries, is immersed in a crucial process of energy transition to tackle climate change. It is therefore facing the challenge of aligning its practices with the sustainability objectives set by the European Union. This TFM project focuses on port management of energy materials, particularly Liquefied Natural Gas (LNG), assessing its role in meeting these objectives.

Through a detailed analysis of data on the import and export of liquefied natural gas by sea, this study aims to provide a comprehensive view of the viability of the current strategies implemented in the Spanish energy sector.

The analysis will involve the creation of a database and the use of different tools to assess trends in GHG emissions in the field of maritime LNG imports in order to check whether the environmental policy objectives set by governmental bodies are being met.

Within these environmental regulations, the analysis will focus on the Fit for 55 package of measures, set by the European Union in July 2021, which aims to achieve a 55% reduction in net greenhouse gas emissions by 2030 compared to 1990 emissions.

The project will result in different scenarios governed by different annual emission reduction rates, the strictest and least achievable being those that meet the Fit for 55 deadline and others that are more affordable but with more lax rates that extend the target date.

Key words: Sustainability, natural gas, LNG, port management, energy transition, import, export, climate change, sustainability policies.

1.- INTRODUCTION

The energy sector is key to tackling the climate crisis and reducing emissions of polluting gases into the atmosphere. Spain is currently facing a crucial situation towards energy transition.

This work is based on the analysis of data on the port management of energy materials in the country, focusing particularly on Liquefied Natural Gas (LNG) in order to study and predict the fulfilment of the objectives set by the European Union towards sustainability.

The detailed evaluation of the proposed strategies and objectives together with the study of the import data of energy materials in the port sector will provide an insight into the feasibility of achieving these objectives as well as outlining the way forward to achieve a sustainable and environmentally responsible energy future.

2.- STATE OF PLAY

The use of natural gas in Spain has been gaining importance in recent years because, among fossil fuels such as coal or oil, it is considered to be the cleanest source of energy. Although renewable energies are gaining momentum, it is too early to rely on them alone, so natural gas is a good alternative as a backup to renewable sources such as solar or wind energy for electricity generation.

According to data from 2021, Spain imports all the natural gas used in the country, with 45.5% being imported by pipeline and the remaining 54.5% in the form of Liquefied Natural Gas (LNG).

Spain has an extensive gas generation and transport network and therefore has a wide distribution of gas pipelines throughout the country, important regasification plants and international connection points for receiving gas from other countries, such as the one located in Almeria, which imports gas from Algeria, the main supplier of natural gas via pipeline to Spain.



Figura 4. Gas Network Infrastructure in Spain. Source: EpData

This paper focuses on the import of natural gas in the form of LNG. LNG carriers called methane tankers arrive at the Spanish coast and unload it in liquid form at regasification plants that return it to its original state.



Figura 5. Methane tanker. Source: Newtral

Natural gas is the second most consumed energy resource as a primary energy source in Spain. Studies by the Ministry for Ecological Transition and the Demographic Challenge (MITECO) indicate the consumption of primary energy in Spain where natural gas represents 25% of the total, only behind petroleum products with 42.8%.

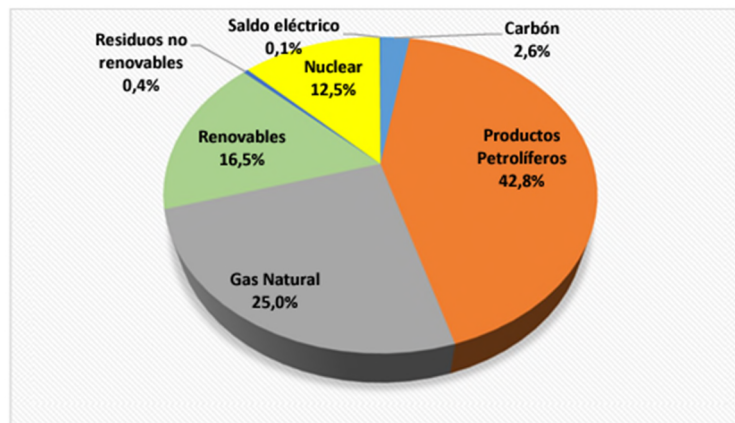


Figura 6. Consumption of energy resources in Spain. Source: MITERD

3.- MOTIVATION

This study arises from the imperative need to address contemporary energy challenges, assessing the effectiveness and sufficiency of the measures established by government authorities to achieve the predefined objectives within the established timeframe.

The import of energy materials in the Spanish context will be examined from a perspective centered on the port management of these fossil fuels, with a special focus on Liquefied Natural Gas (LNG). This approach will allow the collection of relevant data on the evolution of the consumption of energy resources in the country, assessing whether the quantities imported are in line with energy sustainability policies.

Given the growing relevance of natural gas in the energy landscape, it is essential to analyze its use as a resource, considering its potential as a main alternative to reduce dependence on more polluting fuels, such as coal or oil. In the specific case of Spain, LNG plays a prominent role, supported by an extensive gas infrastructure and numerous regasification facilities, compared to other European countries.

To achieve the ambitious targets set by European legislation, it is crucial to adopt a proactive and strategic approach, understanding the inherent challenges and adjusting strategies accordingly. This approach will allow for a realistic assessment of the current

situation and provide the necessary basis for modifying and orienting actions towards results closer to the set targets.

The fundamental purpose of this study is to provide valuable information through rigorous analysis in order to guide decision-making and the implementation of specific programs that will drive the transition to a more sustainable and responsible energy future.

4.- OBJECTIVES OF THE PROJECT

The main objective of this TFM is to analyse the import of energy materials in Spain, focusing on the port management of fossil fuels, especially Liquefied Natural Gas (LNG), to determine whether the quantities imported are aligned with energy sustainability policies.

Secondary objectives emanate from the main objective, such as assessing the effectiveness of the measures established by governmental bodies to achieve energy sustainability objectives in the established time horizon and understanding the challenges and opportunities associated with the implementation of measures to achieve the targets set by European legislation on energy efficiency and greenhouse gas emissions reduction.

5.- ALIGNMENT WITH THE SDG

The Sustainable Development Goals (SDGs) were designed in 2015 by the United Nations General Assembly and call for global economic prosperity, an end to poverty and a commitment to the environment.

This project includes some of these goals:

- **Objective 7:** Affordable and clean energy: this project contributes to this goal by assessing the port management of energy materials, such as Liquefied Natural Gas (LNG), to ensure affordable access to clean and sustainable energy sources. In addition, by analysing the effectiveness of government measures to meet energy sustainability goals, it seeks to promote the use of renewable energy and energy efficiency, which aligns with the objective of providing affordable and clean energy for society.
- **Objective 9:** Industry, innovation and infrastructure: the project examines the import of fossil fuels through port management. By analysing the infrastructure and practices of importing energy materials, it seeks to identify areas for improvement in energy infrastructure and to promote innovation in the sector.
- **Objective 11:** Sustainable cities and communities: This work contributes to creating sustainable cities and communities. By assessing the impact of LNG imports in the country, including aspects such as energy efficiency, it aims to promote efficient planning and management of energy resources at the local and regional level.

- **Objective 13:** Climate action: The relationship of this project to climate action is clearly visible by examining the import of energy materials and their impact on greenhouse gas emissions. The effectiveness of government measures to reduce emissions and promote energy sustainability is also assessed.

6.- WORK METHODOLOGY

Firstly, it will be necessary to establish a database to serve as a basis for the development of this project. This database will be made up of statistical data related to the import of energy materials through Spanish ports.

These data will be subjected to an exhaustive treatment and analysis process, considering various variables that will be incorporated into the database. The purpose of this analysis will be to identify correlations and trends in the fluctuations observed in recent years.

Based on the conclusions obtained through this analysis, a projection will be made of the behaviour of the data in the coming years, up to the deadlines established by the European Union for the achievement of the previously defined objectives.

On the other hand, a detailed study of the main proposals and policies established by the relevant governmental bodies will be carried out. Through this analysis, and considering the projections for the import of energy materials in Spain for future years, the feasibility of achieving these objectives within the established timeframe will be assessed. If necessary, the year in which these targets are expected to be reached will be determined, considering the implementation of the measures established in the current context.

7.- RESOURCES TO BE DEPLOYED

To establish the database that will serve as the basis for the analyses of the project, specialised programmes for large-scale data management and processing, such as Microsoft SQL or Python, will be used.

Analyses and trends will be supported by the previously prepared database and presented using the PowerBI tool.

ÍNDICE DEL PROYECTO

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	22
2.- ESTADO DEL ARTE.....	23
2.1.- ESTADO DEL ARTE DE PUERTOS DEL ESTADO	23
2.1.5.- GOBERNANZA PORTUARIA ESPAÑOLA.....	27
2.2.- ESTADO DEL ARTE DEL GAS NATURAL	33
3.- METODOLOGÍA	42
3.1.- FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	42
3.2.- FASE 2: OBTENCIÓN DE LOS DATOS	42
3.3.- FASE 3: CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS	43
3.4.- FASE 4: OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	43
3.4.- FASE 5: CONCLUSIONES	43
4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS	44
4.1.- ANÁLISIS DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE GNL EN ESPAÑA	44
4.2.- ANÁLISIS ECONÓMICO.....	61
4.3.- EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA EUROPEA SOBRE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA	64
5.- CONCLUSIONES	76
6.- BIBLIOGRAFÍA.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Infraestructura de Red de Gas en España. Fuente: EpData.....	7
Figura 2. Buque metanero. Fuente: Newtral.....	8
Figura 3. Consumo de recursos energéticos en España. Fuente: MITERD	8
Figura 4. Gas Network Infrastructure in Spain. Source: EpData	12
Figura 5. Methane tanker. Source: Newtral.....	13
Figura 6. Consumption of energy resources in Spain. Source: MITERD	13
Figura 7. Condiciones PIGE. Fuente: Elaboración propia	28
Figura 8. Distribución geográfica de PDE y AA.PP. Fuente: Puertos del Estado	30
Figura 9. Organigrama de la Autoridad Portuaria de Almería. Fuente: A.P. Almería	31
Figura 10. Plantas regasificadoras de España. Fuente: Elaboración propia	35
Figura 11. Plantas regasificadoras de Barcelona y El Musel. Fuente: TAFYR.....	36
Figura 12. Emisiones de 2022 por sectores y por gas. Fuente: MITECO	37
Figura 13. Estructura de generación de energía eléctrica. Fuente: REE	37
Figura 14. Áreas clave en las que se centra el EGD. Fuente: Elaboración propia	40
Figura 15. Esquema de la metodología a seguir. Fuente: Elaboración propia.....	42
Figura 16. Evolución del volumen de gas natural exportado por España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	45
Figura 17. Evolución del volumen de gas natural importado por España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	46
Figura 18. Evolución de la importación de gas natural a partir de la Guerra de Ucrania. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	47
Figura 19. Total de toneladas suministradas desde 2010 a 2022 por los principales países proveedores para España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	48
Figura 20. Toneladas importadas por España de sus 10 principales países suministradores de gas natural. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE...	49
Figura 21. Comparación de las importaciones en 2018 y 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	49
Figura 22. Principales 10 países suministradores de GNL a España en 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	50
Figura 23. Evolución de las importaciones de los 10 principales suministradores a España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	51
Figura 24. Principales 10 países a los que exporta España GNL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	52
Figura 25. Principales 10 países a los que España exporta GNL en 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	52
Figura 26. Distribución de las fachadas. Fuente: Elaboración propia	53
Figura 27. Importaciones de GNL por fachadas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	54
Figura 28. Principales AA.PP. importadoras de GNL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	55
Figura 29. Porcentaje de importaciones por A.P. dentro de cada fachada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	56
Figura 30. Evolución importaciones por fachadas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	56

Figura 31. Evolución importaciones de la fachada Mediterránea. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	57
Figura 32. Evolución importaciones de la fachada Cantábrico-Atlántica. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	57
Figura 33. Evolución importaciones de la fachada de Andalucía Oeste. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	58
Figura 34. Distribución importaciones GNL 2010-2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	59
Figura 35. Distribución importaciones GNL 2019-2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	59
Figura 36. Exportaciones de GNL por fachada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	60
Figura 37. Principales AA.PP. exportadoras de GNL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	60
Figura 38. Comparación import vs export por AA.PP. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	61
Figura 39. Evolución de las importaciones de GNL en función de la variación de las variables económicas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	63
Figura 40. Desglose de GEI emitidos a la atmósfera. Fuente: Eurostat	65
Figura 41. Evolución de emisiones de GEI en la Unión Europea en millones de toneladas de CO2. Fuente: Eurostat	65
Figura 42. Objetivo de reducción de emisiones según Fit for 55 Unión Europea. Fuente: Elaboración propia.....	66
Figura 43. Evolución emisiones de CO2 equivalentes a importaciones de GNL y objetivo 2030 Unión Europea. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	68
Figura 44. Situación 2010 y 2022 comparado con el objetivo de 2030 Unión Europea. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	69
Figura 45. Evolución de emisiones de GEI en España en kt de CO2. Fuente: UNFCCC	70
Figura 46. Objetivo de reducción de emisiones según Fit for 55 España. Fuente: Elaboración propia.....	71
Figura 47. Evolución emisiones de CO2 equivalentes a importaciones de GNL y objetivo 2030 España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	72
Figura 48. Situación 2020 y 2022 comparado con el objetivo de 2030 España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	73
Figura 49. Evolución de los distintos escenarios desde 2022 a 2030. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	74
Figura 50. Evolución de los escenarios hasta alcanzar el objetivo de emisiones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE	75

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Principales funciones de los puertos. Fuente: Elaboración propia	24
Tabla 2. Puertos de Interés General del Estado y Autoridades Portuarias. Fuente: Elaboración propia.....	30
Tabla 3. Descargas por orígenes y plantas de regasificación. Fuente: Enagás	36
Tabla 4. Volumen de gas natural importado y exportado por España en los últimos años. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE.....	44
Tabla 5. Clasificación de los puertos presentes en el proyecto. Fuente: Elaboración propia	54
Tabla 6. Objetivo de emisiones CO2 Unión Europea en 2030 según Fit for 55. Fuente: Elaboración propia.....	68
Tabla 7. Objetivo de emisiones CO2 España en 2030 según Fit for 55. Fuente: Elaboración propia.....	71

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Reducción del 55% en emisiones Unión Europea desde 1990 a 2030	66
Ecuación 2. Emisiones de CO ₂ por termia de gas natural	67
Ecuación 3. Metros cúbicos de gas natural por termia.....	67
Ecuación 4. Emisiones de CO ₂ por metro cúbico de gas natural.....	67
Ecuación 5. Emisiones de CO ₂ por tonelada de gas natural	67
Ecuación 6. Fórmula de valor presente de una disminución compuesta	73
Ecuación 7. Obtención de la tasa de disminución	74

1.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Fue en 2019 cuando se inyectó por primera vez gas renovable en la red de distribución de gas de España (5) y aunque aún representa una porción muy baja del total, siguiendo la Estrategia de Descarbonización a Largo Plazo (EDLP) para 2050 de la Comisión Europea, se establece el objetivo que, para ese año, la red de gas esté funcionando en su totalidad con gas renovable.

Esta transición energética es uno de los principales desafíos a los que se enfrentan la mayoría de países, en el caso de España, es la Unión Europea el organismo internacional que establece el plan a seguir que dé solución a este problema.

Con el fin de establecer una estrategia que culmine en el uso de las energías renovables para hacer frente tanto a las limitaciones de los combustibles fósiles como a su alta contaminación, se fijan objetivos a cumplir en los próximos años que reflejen si se aprecia un avance hacia una energía limpia y sostenible (6).

En el presente trabajo, se va a analizar las tendencias y datos de la gestión portuaria de materiales energéticos en España focalizándose en el GNL por lo que se analizarán las previsiones de cara al cumplimiento de los objetivos fijados por los organismos de la Unión Europea para la consecución de la transición energética.

Cabe destacar que los datos de las importaciones y exportaciones que se analizan en este Proyecto sólo tienen en cuenta la vía marítima, dejando a un lado el porcentaje de gas natural que España importa o exporta al resto de países mediante los gaseoductos.

En primer lugar, se analizarán los datos de las importaciones y exportaciones para conocer en profundidad cual ha sido la evolución de los volúmenes de GNL por vía marítima que llegan o salen desde los puertos del país, pudiendo estudiar el impacto que diferentes circunstancias acontecidas en este periodo de tiempo como la pandemia del COVID-19 o la Guerra de Ucrania hayan podido tener sobre ellos.

España es un país importador ya que no posee recursos naturales propios de GNL y necesita ese suministro de países con capacidad para abastecer a otros como es el caso de Nigeria o de Estados Unidos.

Pese a que el peso de importaciones es considerablemente mayor, España reexporta parte del GNL que recibe, y gracias a su gran capacidad regasificadora y su localización geográfica estratégica puede ser uno de los principales países exportadores de Europa.

También se analizan los principales países exportadores e importadores y cómo su influencia ha ido variando a lo largo de los años, como el caso de Estados Unidos que debido a la implementación de nuevas técnicas de extracción alcanza el puesto de primer país importador para España en 2019.

La división de los distintos puertos de España se encuentran organizados por fachadas, lo que también resulta interesante para evaluar la cantidad de GNL importado o exportado por las distintas zonas geográficas del país según el origen o destino de dicho recurso energético.

Además del análisis de volúmenes de importaciones y exportaciones de GNL por vía marítima, se presenta un estudio económico con el fin de examinar las variaciones en

dichas importaciones o exportaciones frente a cambios en variables económicas a lo largo de ese periodo de tiempo como puede ser el PIB o el ICP.

Por último, en el contexto de la transición energética, es necesario analizar la efectividad de la aplicación de las normativas fijadas por los organismos gubernamentales, tanto de carácter europeo como nacional, los cuales han sido listados y explicados al inicio del trabajo.

La normativa frente a la que se realizarán las previsiones es el del paquete *Fit for 55* (7), un conjunto de propuestas legislativas de la Comisión Europea presentadas en julio de 2021 para la consecución de disminuir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 55% para el año 2030.

Esta reducción de emisiones se extrapolará al ámbito de interés del presente proyecto, el GNL, calculando el impacto de emisiones que tienen las importaciones de este recurso energético y evaluando cuáles han sido las reducciones logradas en el marco de tiempo de estudio, de esta forma, será posible delinear una trayectoria a seguir durante los próximos años para lograr alcanzar el objetivo previamente explicado.

Actualmente los datos no resultan muy alentadores ya que, tomando como ejemplo España, desde 2021 a 2022 hubo una subida del 3,1% en la emisión de estos gases y de 2022 a 2023 sí que se consiguió una reducción, pero esta fue de tan solo el 5,3% (8).

Con el fin de cumplir los objetivos, o por lo menos acercarse a ellos en un plazo de 7 años (2023 – 2030), es indispensable intensificar los esfuerzos hacia la inversión en tecnología y desarrollo y la adopción de políticas y propuestas como las del paquete *Fit for 55*.

Por lo tanto, el principal objetivo del presente TFM es analizar la importación de materiales energéticos en España, centrándose en la gestión portuaria de combustibles fósiles, especialmente el Gas Natural Licuado (GNL), para determinar si las cantidades importadas están alineadas con las políticas de sostenibilidad energética.

Los objetivos secundarios que derivan del objetivo principal tratan de evaluar la efectividad de las medidas establecidas por los organismos gubernamentales para alcanzar los objetivos de sostenibilidad energética en el horizonte de tiempo establecido y comprender los desafíos y oportunidades asociados con la implementación de medidas para alcanzar las metas establecidas por la legislación europea en materia de eficiencia energética y reducción de emisiones de gases de efecto invernadero.

2.- ESTADO DEL ARTE

2.1.- ESTADO DEL ARTE DE PUERTOS DEL ESTADO

Para iniciar el análisis en el contexto del sector portuario, es esencial establecer una base conceptual. Se comienza definiendo el término "puerto" y su posterior clasificación, lo cual sienta las bases para comprender su funcionamiento y estructura. A continuación, se explorará en detalle el rol de la Autoridad Portuaria, delineando sus atribuciones y composición organizativa. Finalmente, se desarrollará el concepto de Comunidad

Portuaria, destacando los actores principales que intervienen en las operaciones portuarias y su relación con entidades públicas y privadas.

2.1.1.- DEFINICIÓN Y FUNCIONES DE UN PUERTO

La RAE ofrece la siguiente definición de puerto: *Lugar en la costa o en las orillas de un río que, por sus características, naturales o artificiales, sirve para que las embarcaciones realicen operaciones de carga y descarga, embarque y desembarco, etc.*(9).

Según la Ley de Puertos del Estado y de la Marina Mercante *se denomina puerto marítimo al conjunto de espacios terrestres, aguas marítimas e instalaciones que, situado en la ribera de la mar o de las rías, reúna condiciones físicas, naturales o artificiales y de organización que permitan la realización de operaciones de tráfico portuario.* (10).

Un puerto ejerce una variedad de funciones entre las que destacan:

Tabla 1. Principales funciones de los puertos. Fuente: Elaboración propia

PRINCIPALES FUNCIONES DE LOS PUERTOS	
1	Tránsito de personas, mercancías e información
2	Realización de operaciones y servicios
3	Condiciones de seguridad y abrigo
4	Infraestructuras, instalaciones y servicios

- **Tránsito de personas, mercancías e información:** el intercambio de bienes, personas y datos entre regiones y países es uno de los papeles fundamentales de los puertos. Esto engloba la eficiente gestión de terminales de pasajeros, muelles destinados a carga y descarga y sistemas tecnológicos para monitorizar las operaciones portuarias.
- **Realización de operaciones y servicios:** en los puertos se llevan a cabo actividades de carga, descarga, distribución y almacenamiento de mercancías. Por otro lado, los puertos ofrecen otros servicios de apoyo como aprovisionamiento, mantenimiento y reparaciones de naves, controles aduaneros e inspecciones de calidad.
- **Condiciones de seguridad y abrigo:** tanto las embarcaciones que operan en el puerto como las mercancías distribuidas deben contar con unas condiciones de seguridad en dicho lugar. Por ello, la infraestructura portuaria debe prevenir riesgos derivados de condiciones meteorológicas mediante la construcción de

estructuras de abrigo como diques y rompeolas. También son de importancia las medidas de seguridad portuaria con el objetivo de cuidar y asegurar la mercancía y salvaguardar tanto la vida humana como el medioambiente marino.

- **Infraestructuras, instalaciones y servicios:** un puerto debe funcionar eficientemente y para ello debe equiparse con infraestructuras y equipos especializados como muelles adaptados para distintas embarcaciones, sistemas de amarre y fondeo, grúas, almacenes y sistemas de transporte interno. También hay ciertos servicios que un puerto debe proporcionar como suministro energético, gestión de residuos o la seguridad portuaria comentada previamente.

2.1.2.- TIPOS DE PUERTOS

2.1.2.1.- CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ACTIVIDAD

Los puertos se clasifican en puertos comerciales o en puertos no comerciales según las actividades que desempeñan:

- **Puertos comerciales:** las actividades que se desarrollan en dicho puerto son comerciales como operaciones de carga, descarga, estiba, desestiba, transbordo y almacenamiento de mercancías.
- **Puertos no comerciales:** puertos pesqueros para la descarga de pesca desde los buques utilizados para su captura, puertos destinados a proporcionar abrigo y puertos destinados principalmente a las embarcaciones de recreo.

2.1.2.2.- CLASIFICACIÓN SEGÚN SU TITULARIDAD

Basándose en quién es responsable de la gestión y administración de las instalaciones portuarias, así como de las actividades que en ellas se desarrollan se distingue entre puertos públicos y privados:

- **Puertos públicos:** son dependientes de una administración. Es gestionado por el propio titular del puerto o habitualmente desde un organismo, público o privado que suele denominarse Autoridad Portuaria.
- **Puertos privados:** organización privada administra, gestiona y controla el espacio portuario.

2.1.3.- IMPORTANCIA ECONÓMICA Y SOCIAL

Los puertos siempre han tenido y siguen teniendo actualmente una gran relevancia en el desarrollo económico y social.

Los puertos son los principales centros logísticos para facilitar el intercambio entre distintas regiones y países, lo que implica un desarrollo tanto del comercio nacional como internacional impulsando la economía, por ello, son **motores de la economía**.

Otra importante función es la mejora de la **conectividad y accesibilidad** tanto en la red de transporte, conectando por ejemplo vías marítimas con vías ferroviarias, como en el transporte de personas lo que afecta favorablemente a sectores como el **turismo y la hostelería**.

Respecto al **Comercio Internacional**, los puertos son fundamentales ya que más del 80% del comercio mundial es a través del transporte marítimo (11). La importación y exportación de productos, bienes y materias primas de los países se produce a través de la cadena de suministro global donde los puertos desempeñan un papel fundamental.

2.1.4.- EVOLUCIÓN HISTÓRICA DE LOS PUERTOS

Las evidencias arqueológicas sugieren que las civilizaciones antiguas ya utilizaban instalaciones portuarias para el comercio marítimo y otras actividades relacionadas con el mar. Su evolución ha sido fundamental para el desarrollo del comercio, la navegación y las sociedades en general. Este apartado se centrará en los últimos pasos de desarrollo, desde antes de los años 60 hasta la actualidad.

2.1.4.1.- PUERTOS DE PRIMERA A CUARTA GENERACIÓN

Atendiendo a los estudios e informes de la *United Nations Conference on Trade and Development* (UNCTAD) (12), los puertos también pueden clasificarse según los cambios que han sufrido históricamente desde su construcción dependiendo de la generación hasta la que hayan evolucionado (13):

- **Puertos de primera generación:** se refiere a puertos establecidos durante los primeros periodos de desarrollo marítimo e industrial, previo a los años 60. Los puertos actuaban como un punto de conexión entre mar y ubicaciones estratégicas cerca de centros urbanos. Las funciones portuarias estaban asociadas al transporte realizando la transferencia entre tierra y mar de la mercancía.
Se caracterizan por su básica y reducida infraestructura con muelles simples y sistemas de carga y descarga rudimentario. La construcción de estos puertos supuso un crecimiento y expansión de las áreas cercanas convirtiéndolas en centros de alta actividad económica y social.
- **Puertos de segunda generación:** surgieron en los años 60 como una modernización y ampliación de los de primera generación, aumentando su capacidad permitiendo un mayor tráfico marítimo y mayores volúmenes de mercancías. Surge el concepto de conglomerado portuario-industrial, con una clara función asociada a la logística, a la generación de valor añadido con la gestión de stocks y personalización. Se implementaron los primeros avances tecnológicos con muelles con equipamientos automatizados de carga y descarga

lo que agilizaba las operaciones portuarias aumentando la eficiencia y reduciendo los tiempos de espera de los buques.

- **Puertos de tercera generación:** desarrollados en los años 80 y se caracterizan por una mayor información y sostenibilidad. Surgen plataformas logísticas para el comercio y las tecnologías de la información y comunicación. Se implementaron tecnologías digitales para conseguir una mayor eficiencia, seguridad y personalización de los servicios hacia los usuarios.
Se produce un desarrollismo de la multimodalidad, desarrollando una mayor interconectividad, diseñándolos para conseguir una mejor integración entre las redes de transporte marítimas y terrestres optimizando la cadena de suministro. En estos puertos ya se percibe un compromiso con prácticas más sostenibles como la gestión eficiente de recursos naturales o la protección del medioambiente marino.
- **Puertos de cuarta generación:** también conocidos como puertos 4.0 surgen a finales de los años 90 son la última evolución en la gestión portuaria. Los puertos 4.0 poseen una completa digitalización utilizando tecnologías como Big Data y análisis y tratamiento avanzado de datos. La automatización está muy extendida con el uso de maquinaria robótica para la manipulación de mercancías, transporte interno y seguridad portuaria. Se busca la interconexión con otras infraestructuras logísticas como ferrocarriles, carreteras o almacenes es total, favoreciendo una buena coordinación de toda la cadena logística. Todo esto sumado a la capacidad de gestión en tiempo real gracias a la digitalización de la cadena de transporte, se traduce en el desarrollo de la sincromodalidad. Los puertos 4.0 están comprometidos con las prácticas sostenibles incluyendo reducción de emisiones o gestión de residuos mediante la implementación de tecnologías verdes y procesos ecológicos y sostenibles.

2.1.5.- GOBERNANZA PORTUARIA ESPAÑOLA

En España el modelo más extendido en la gestión portuaria es el *Landlord* (14) por el que la titularidad del terreno y la infraestructura básica del puerto como los diques de abrigo o dragados corresponde al Estado, concretamente a las Autoridades Portuarias.

A través de un contrato de concesión demanial o de una autorización, se crea un vínculo con empresas privadas cediendo competencias como el control y gestión de infraestructura complementaria (instalaciones del puerto), superestructuras como los sistemas de carga y descarga y servicios portuarios.

En octubre de 2022 se publicó en el BOE el nuevo marco estratégico de los puertos de interés general del Estado (15). El desarrollo de este proyecto hasta su aprobación ha tenido una duración de cuatro años y tiene como finalidad la evolución y progreso del modelo portuario actual y el desarrollo estratégico de los 46 PIGE.

Este documento fija su horizonte en 2030 y actúa como una guía de planificación de puertos que sirva de referencia para planes estratégicos, gestiones técnicas, económicas o financieras del sistema portuario estatal.

2.1.5.1.- PUERTOS DE INTERÉS GENERAL DEL ESTADO

Los Puertos de Interés General del Estado (IGE) son aquellos que están bajo la titularidad y competencia del Estado español debido a su importancia estratégica y su relevancia para el comercio nacional e internacional.

Puertos del Estado (PdE) es la entidad formada por 28 Autoridades Portuarias que controlan los 46 Puertos de Interés General, cuyas competencias se presentan más adelante (16).

2.1.5.1.1.- FUNCIONES Y CARACTERÍSTICAS

Los puertos de interés general del Estado son aquellos puertos marítimos considerados estratégicos para el país y que están sujetos a la gestión de las Autoridades Portuarias.

Son puertos de Interés General del Estado aquellos que cumplen una o más de las siguientes condiciones:

CONDICIONES QUE CUMPLEN LOS PUERTOS DE INTERÉS GENERAL DEL ESTADO



Figura 7. Condiciones PIGE. Fuente: Elaboración propia

Las competencias de **Puertos del Estado**, bajo la supervisión del Ministerio de Transportes, abarcan un conjunto de responsabilidades clave en la gestión y coordinación del sistema portuario español. Estas competencias se extienden desde la implementación de la política portuaria gubernamental hasta la promoción del desarrollo tecnológico y la

seguridad marítima. A continuación, se detallan las principales competencias de Puertos del Estado en relación con la planificación, coordinación y supervisión de las actividades portuarias en España.

- 1.- Implementar la política portuaria gubernamental llevando a cabo las directrices establecidas por el gobierno en relación con el desarrollo y la gestión de los puertos, asegurando su alineación con los objetivos nacionales en materia económica y logística.
- 2.- Coordinar y supervisar la eficacia del sistema portuario estatal garantizando que todos los puertos bajo su jurisdicción funcionen de manera eficiente y cumplan con los estándares de calidad y seguridad establecidos.
- 3.- Sincronizar con otros órganos estatales que regulan actividades en los puertos y en el transporte.
- 4.- Promover la formación y la investigación en temas portuarios y afines implica incentivar la capacitación y el desarrollo de conocimientos en el ámbito portuario.
- 5.- Planificar, coordinar y controlar el sistema de señalización marítima español garantizando la seguridad de la navegación en las aguas españolas.
- 6.- Fomentar el desarrollo tecnológico en estas áreas impulsando la adopción de nuevas tecnologías y prácticas innovadoras.

2.1.5.1.2.- LOCALIZACIÓN EN ESPAÑA

Estos puertos son controlados y coordinados por Puertos del Estado (PdE), un Organismo Público dependiente del Ministerio de Transportes, Movilidad y Agenda Urbana (MITMA).

Los Organismos Públicos a cargo de los puertos IGE son las Autoridades Portuarias (AA.PP.), las cuales establecen sobre ellos un régimen de autonomía de gestión y de libre y leal competencia.

En España existen 46 Puertos de Interés General del Estado controlados por 28 Autoridades Portuarias.

Tabla 2. Puertos de Interés General del Estado y Autoridades Portuarias. Fuente: Elaboración propia

PUERTO	AA.PP.	REGIÓN
Bahía de Algeciras	Bahía de Algeciras	ANDALUCÍA
Tarifa		
Bahía de Cádiz	Bahía de Cádiz	
Almería		
Carboneras	Almería	
Sevilla	Sevilla	
Huelva	Huelva	
Motril	Motril	
Málaga	Málaga	
Ceuta	Ceuta	CEUTA
Valencia	Valencia	COMUNIDAD VALENCIANA
Sagunto		
Gandía		
Alicante	Alicante	
Castellón	Castellón	ISLAS BALEARES
Palma	Balears	
Alcudia		
Mahón		
Ibiza		
Savina		
Melilla	Melilla	MELILLA
Barcelona	Barcelona	CATALUÑA
Tarragona	Tarragona	
Bilbao	Bilbao	PAÍS VASCO
Pasajes	Pasajes	
Cartagena	Cartagena	REGIÓN DE MURCIA
Gijón-Musel	Gijón	ASTURIAS
Avilés	Avilés	
Santander	Santander	CANTABRIA
Arrecife	Las Palmas	ISLAS CANARIAS
Las Palmas		
Puerto del Rosario		
La Hondura		
Santa Cruz de Tenerife	Santa Cruz de Tenerife	
Los Cristianos		
San Sebastián de la Gomera		
Santa Cruz de la Palma		
La Estaca		
Ferrol	Ferrol-San Ciprián	GALICIA
San Ciprián		
La Coruña	La Coruña	
Vilagarcía de Arosa	Vilagarcía de Arosa	
Marín	Marín y Ría de Pontevedra	
Pontevedra		
Vigo		

A continuación, se muestran dos mapas para ilustrar la distribución geográfica tanto de los PDE como de las AA.PP.



Figura 8. Distribución geográfica de PDE y AA.PP. Fuente: Puertos del Estado

2.1.5.2.- AUTORIDADES PORTUARIAS

Según el sistema *Landlord* descrito previamente, las Autoridades Portuarias en España desempeñan el papel de regulador debido a que controla el espacio y las infraestructuras básicas del puerto, pero delega en empresas privadas las labores de gestión.

Las AA.PP. son las encargadas de autorizar y llevar a cabo un control de las operaciones relacionadas con los servicios del puerto y con el tráfico marítimo.

2.1.5.2.1.- ORGANIZACIÓN Y ESTRUCTURA

El esquema que sigue una A.P. está encabezado por el Consejo de Administración que es su órgano principal de gobierno (17). Lo componen miembros del Gobierno Central así como del gobierno de la Comunidad Autónoma. También suele incluir representantes de municipios cercanos a los puertos y algunos representantes de organizaciones empresariales privadas relevantes en el ámbito portuario.

El Presidente, elegido por el Consejo de Administración, es el encargado de la Dirección General y controla la Autoridad Portuaria ejecutando las decisiones tomadas por el Consejo y regulando y monitorizando las actividades tanto operativas como administrativas.

El esqueleto de la Autoridad Portuaria está compuesto por las distintas áreas y departamentos enfocados a diferentes aspectos de la gestión portuaria como la explotación y desarrollo, la planificación, el medio ambiente, las finanzas y la asesoría jurídica y estos departamentos se ramifican a su vez en divisiones con funciones aún más específicas.

Como ejemplo se incluye el organigrama de la Autoridad Portuaria de Almería:

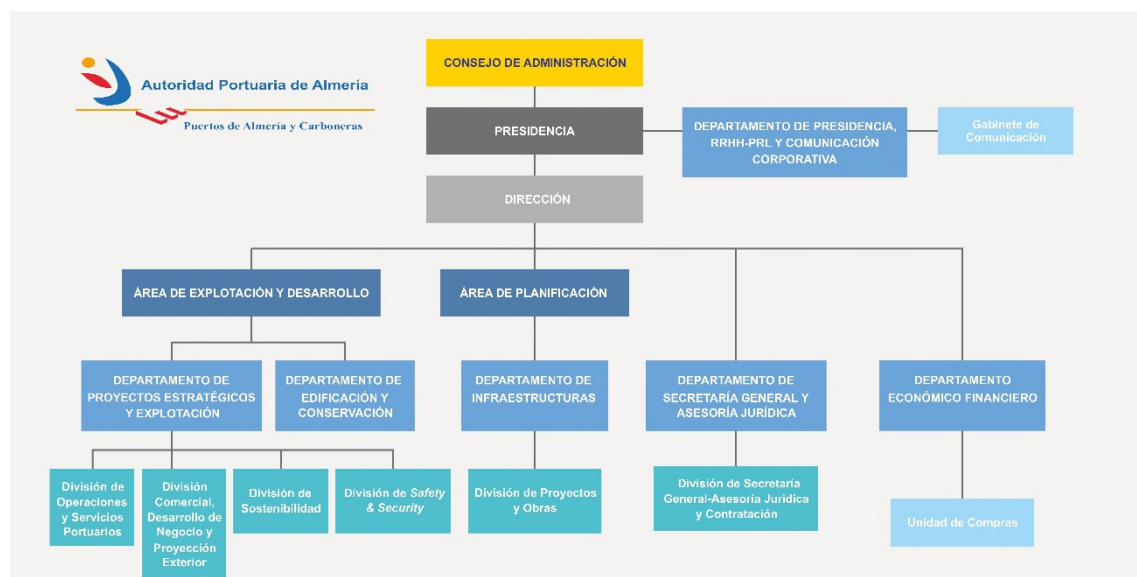


Figura 9. Organigrama de la Autoridad Portuaria de Almería. Fuente: A.P. Almería

2.1.5.2.2.- PRINCIPALES COMPETENCIAS DE LAS AA.PP.

A través de una serie de competencias específicas, estas entidades tienen la responsabilidad de asegurar la eficiencia, seguridad y sostenibilidad económica de las operaciones portuarias:

- 1.- Las AA.PP. son responsables de garantizar que los servicios portuarios se desarrollen de manera eficiente, económica y segura, supervisando su gestión y control.
- 2.- En coordinación con las autoridades de ordenación territorial y urbanismo, las Autoridades Portuarias se encargan de planificar y regular los usos de la zona portuaria para asegurar su adecuado desarrollo y funcionamiento.
- 3.- Desde la planificación hasta la explotación, tienen la responsabilidad de gestionar todas las obras e infraestructuras portuarias asegurando su mantenimiento y óptimo rendimiento.
- 4.- La gestión del dominio público portuario y las señales marítimas asignadas es una de sus funciones esenciales administrando estos recursos en beneficio del conjunto del puerto y sus usuarios.
- 5.- Optimizar la gestión de los recursos asignados, buscando su rentabilización y eficiencia en todas las actividades portuarias.
- 6.- Fomentar las actividades industriales y comerciales relacionadas con el tráfico marítimo, contribuyendo al desarrollo económico de la región.
- 7.- Coordinar operaciones entre diferentes modos de transporte en el puerto para garantizar la fluidez y eficiencia de las operaciones logísticas.
- 8.- Por último, las Autoridades Portuarias tienen la responsabilidad de ordenar y coordinar el tráfico portuario, tanto marítimo como terrestre, para garantizar la seguridad y eficiencia de las operaciones en el puerto y su entorno.

2.1.5.3.- CONCESIONES DEMANIALES

Los permisos otorgados por el Estado a entidades privadas para la explotación de bienes de dominio público se denominan concesiones demaniales (18). Entre estos bienes se encuentran carreteras, terrenos públicos o áreas portuarias.

Respecto a este último sector, las Autoridades Portuarias son las encargadas de realizar dichas concesiones, que en el momento de ser adjudicadas, están limitadas por unas condiciones establecidas y cuentan con un periodo de duración.

En relación a este TFM, es de importancia señalar las concesiones demaniales debido a que es el régimen bajo el que operan las centrales de regasificación en el país al ser una operación que se desarrolla en las inmediaciones o terrenos portuarios los cuales son de dominio público.

Las empresas que operan las plantas de regasificación poseen de esta forma el derecho exclusivo de uso de dichas instalaciones para el desarrollo de sus actividades específicas.

2.2.- ESTADO DEL ARTE DEL GAS NATURAL

2.2.1.- INTRODUCCIÓN A LOS PRINCIPALES MATERIALES ENERGÉTICOS

Los materiales o recursos energéticos son sustancias las cuales mediante la aplicación de procesos físicos o químicos constituyen fuentes de energía para satisfacer las necesidades humanas. Estos pueden ser renovables y no renovables (19).

- **Biocombustibles:** tienen su origen en el tratamiento de la materia orgánica renovable como desechos orgánicos, residuos agrícolas y cultivos. La finalidad de los biocombustibles es sustituir a los combustibles fósiles, y entre ellos, destacan el bioetanol y el biodiesel (20). Su transporte se realiza en buques cisterna especializados que cuentan con unos tanques con sistemas de bombeo adecuados para transportar estos materiales inflamables de forma segura.
- **Petróleo crudo:** es de naturaleza líquida y se consigue mediante su extracción de reservas subterráneas. A partir de su procesamiento se obtiene la gasolina, el diésel o los plásticos (21). También se transporta en buques cisterna.
- **Carbón y coque:** este combustible fósil es de naturaleza sólida. El carbón se trata de una roca sedimentaria cuyo componente principal es carbono y el coque es un subproducto resultante de someter el carbón a altas temperaturas en ausencia de aire (22). Su transporte marítimo se lleva a cabo en buques graneleros con una alta capacidad de carga.
- **Gas natural:** compuesto por una mezcla de hidrocarburos extraídos de yacimientos subterráneos, su naturaleza es gaseosa. De entre los combustibles fósiles, el gas natural se considera una fuente de energía más limpia que el carbón o el petróleo por sus menores emisiones de carbono (23). Se transporta en buques transportadores de Gas Natural Licuado (GNL) por lo que previo a su carga en los buques, es enfriado a muy bajas temperaturas generando un proceso de licuefacción reduciendo en gran cantidad su volumen facilitando su almacenamiento. Es bombeado hasta los tanques de los buques desde las instalaciones terrestres por mangueras y tras su descarga puede ser regasificado en instalaciones especializadas para convertirlo de nuevo en gas natural.

2.2.2.- EL GAS NATURAL

El gas natural es una fuente de energía no renovable que se caracteriza por su versatilidad y eficiencia, lo que hace de ella un suministro energético imprescindible a nivel global.

Esta materia prima se extrae en su estado gaseoso de yacimientos subterráneos y presenta una menor emisión de carbono que el resto de combustibles fósiles, siendo de entre ellas la menos contaminante.

Debido a su estado inicial en forma de gas, requiere de procesos de licuefacción para reducir su volumen facilitando su transporte y almacenamiento y su posterior regasificación para la producción de energía.

2.2.2.1.- EVOLUCIÓN DEL COMERCIO DEL GAS NATURAL A NIVEL GLOBAL

El comercio del gas natural inicialmente se circunscribía a las áreas de producción debido a la carencia de infraestructura para su transporte a larga distancia y la ausencia de tecnología para su licuefacción y regasificación, lo que limitaba su acceso a mercados distantes (24). Sin embargo, en la segunda mitad del siglo XX y principios del XXI, los avances en estas tecnologías permitieron la expansión del comercio hacia consumidores ubicados en regiones alejadas.

El crecimiento de la demanda de gas natural se ha visto impulsado por su versatilidad y su perfil ambiental más favorable en comparación con otros combustibles fósiles. Además, la formación de alianzas estratégicas basadas en acuerdos comerciales entre países productores y consumidores ha jugado un papel crucial en la promoción del comercio internacional de gas natural. Estos acuerdos a menudo incluyen contratos de suministro a largo plazo y la inversión en infraestructuras necesarias para el tratamiento y transporte del gas natural.

En el período de 2017 a 2021, la capacidad de exportación de gas natural experimentó un aumento del 29% (25), gracias a los avances tecnológicos que han permitido la explotación de yacimientos anteriormente considerados inviables. Este crecimiento evidencia la importancia de la innovación en el sector energético para satisfacer la creciente demanda global de gas natural.

En suma, el comercio global de gas natural ha experimentado una transformación significativa, pasando de ser un mercado regionalizado a un sistema interconectado a nivel mundial, gracias a los avances tecnológicos y el desarrollo de infraestructuras. Este cambio refleja la importancia del gas natural como una fuente de energía clave en el panorama energético mundial y subraya la necesidad continua de innovación y cooperación internacional en este sector.

2.2.2.2.- HISTORIA DEL GAS NATURAL EN ESPAÑA

España comenzó a importar GNL procedente de Libia a finales de la década de los años 60. El punto de llegada al país era Barcelona, que contaba con una planta regasificadora de 160.000 m², la primera planta regasificadora de España (26). De esta forma se pudo abastecer energéticamente a toda el área metropolitana de Barcelona.

La crisis de los años 80 impidió que el proceso de desarrollo de infraestructuras dedicadas al gas natural fuera más rápido. Fue en 1985 tras la firma del Protocolo del Gas cuando se impulsó el crecimiento de este sector en España (27).

Las siguientes plantas regasificadoras construidas en el país fueron las de Huelva (1988) y Cartagena (1989), seguidas de Bilbao (2003), Sagunto (2006), Mugaros (2007) y recientemente la de El Musel (2023).



Figura 10. Plantas regasificadoras de España. Fuente: Elaboración propia

Estas siete plantas regasificadoras, sitúan a España como el país de la Unión Europea con una mayor capacidad, siendo esta del 30% del total de capacidad regasificadora de Europa según datos de *Gas Infrastructure Europe* (GIE) (28).

La planta de Barcelona es la que tiene mayor capacidad de toda Europa con 760.000 m³ permitiendo que lleguen a ella los buques de mayor tamaño con capacidades de hasta 266.000 m³, lo que contribuye a la estabilidad de suministro en el país.

La inversión en la creación de estas plantas ha sido muy elevada, pero actualmente, suponen una gran ventaja para el país debido a la alta capacidad de importación y la flexibilidad en la gestión de la demanda. De esta forma, es más fácil enfrentar las adversidades de las crisis energéticas como los aumentos de precio o las interrupciones en el suministro.

2.2.2.2.1.- PRINCIPALES REGASIFICADORAS DE ESPAÑA

La planta regasificadora de Barcelona de Enagás es, como se ha explicado previamente, la planta con mayor capacidad del país y también la que lleva más años en funcionamiento.

La más reciente es la planta de El Musel, situada en Gijón, también de Enagás, puesta en funcionamiento en 2023 y junto con la de Barcelona, el principal servicio que ofrece es la gran capacidad para la recepción de buques de gran envergadura, propiciando que lleguen hasta ella los metaneros más grandes, que son aquellos cuya capacidad es de aproximadamente 266.000 m³.



Figura 11. Plantas regasificadoras de Barcelona y El Musel. Fuente: TAFYR

En 2022 se han alcanzado máximos históricos en la importación de GNL por parte de Europa. Esto ha sido motivado por la guerra entre Ucrania y Rusia debido a la incertidumbre al desabastecimiento energético aumentando en un 40% la compra de GNL a Moscú con respecto a los valores previos a la invasión.

De las ventas de GNL de Rusia, España se encuentra en cabeza entre los países de Europa con el 18% del total seguida de Bélgica con el 17% (29). Debido a este repunte de importación de GNL, las plantas de regasificación en España se han visto afectadas alcanzando números récord de descargas, como es el caso de la regasificadora de Bilbao (Enagás), con un 34% más de descargas en 2022 que en 2021.

Cabe destacar que este aumento en las importaciones de gas, aunque ha aumentado por parte de los proveedores rusos, también se ve afectado por el aumento de envíos de GNL desde Estado Unidos a España.

Estados Unidos ha realizado una gran inversión en los últimos años en las tecnologías de *fracking*, un método de extracción de gas natural y licuado. En 2022 las compras desde España a Estados Unidos aumentaron un 118% haciendo que EE.UU. se convierta en el principal exportador para España (30).

Tabla 3. Descargas por orígenes y plantas de regasificación. Fuente: Enagás

	Angola	Argelia	Bélgica	Camerún	Corea del Sur	Egipto	Estados Unidos	Francia	Guinea Ecuatorial	Indonesia	Mozambique	Nigeria	Noruega	Omán	Perú	Qatar	Rusia	Trinidad	Total	medio descargado (GWh)
Barcelona			5	1		4	17	1				10		1		14	2	3	58	917
Huelva				1	1	2	35					18		1	1		5	4	68	921
Cartagena			1			8	24		1			18	1			2	4	2	61	920
Bilbao		2				1	24		4	1	1	5	1	1	1		20	4	65	994
Sagunto		1	1	2		2	31		1			10		3		1	4	2	58	962
Mugardos							9					4					15		28	950
Total	3	7	1	3	1	7	140	1	6	1	1	65	2	6	2	17	50	15	338	943
Tamaño medio descargado (GWh)	1.034	778	1.094	1.060	167	885	928	1.068	990	474	542	950	778	963	960	851	1.077	905		943

Como se puede observar en la tabla, atendiendo al tamaño medio descargado, la planta de Bilbao es actualmente la planta que más cantidad de GNL descarga en el país, seguida por Sagunto y Mugardos. La tabla, con datos de 2022, no contempla la regasificadora de El Musel debido a que esta entró en funcionamiento en 2023.

2.2.2.3.- IMPORTANCIA DEL GAS NATURAL EN LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Es sabido de la importancia de la transición energética hacia fuentes de energía limpias y sostenibles, pero sigue siendo un gran reto debido a que el suministro por parte de las fuentes renovables, aunque muestra un crecimiento, no es suficiente para hacer frente a la gran demanda energética (31).

Es por esto que los combustibles fósiles son todavía una pieza clave en la generación energética para abastecer los distintos sectores como la industria, residencias y comercios, transportes o agricultura.

El cada vez más fuerte compromiso de la sociedad con el medio ambiente y el cambio climático promueve una concienciación cada vez más verde y sostenible que aboga por la reducción de las emisiones a la atmósfera.

A continuación, se muestran unos gráficos extraídos del MITECO para analizar la situación actual:

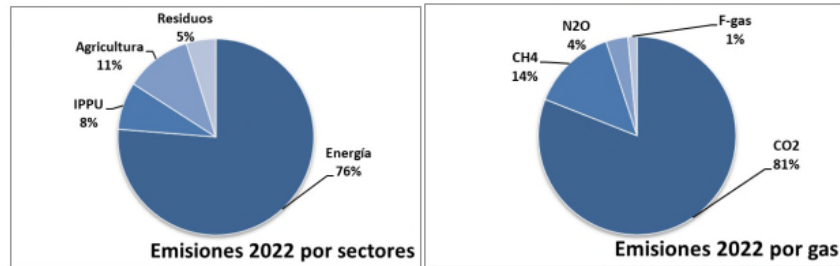
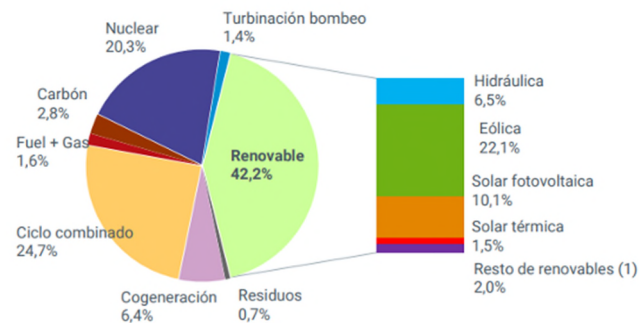


Figura 12. Emisiones de 2022 por sectores y por gas. Fuente: MITECO

De los gases emitidos a la atmósfera, se observa en el gráfico de la derecha que el CO2 es el más abundante representando un 81%. Este gas proviene principalmente de la combustión de combustibles fósiles, de sectores como transporte e industria y de la deforestación (32).

En el gráfico de la izquierda se aprecia como un 76% de las emisiones gaseosas provienen de la energía que abastece a todos los sectores mencionados previamente. En España, la estructura de la generación eléctrica en 2022 se ve de la siguiente forma:



(1) Incluye biogás, biomasa, geotérmica, hidráulica marina, hidroeléctrica y residuos renovables.

Figura 13. Estructura de generación de energía eléctrica. Fuente: REE

Aunque el gráfico permite plantear una visión positiva hacia la generación energética por parte de fuentes renovables, todavía queda mucha evolución hasta que no sea imprescindible el apoyo en las fuentes no renovables para cubrir la demanda.

Entre las fuentes no renovables, el gas natural, como se ha explicado previamente, es una de las fuentes más limpias y su uso puede contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero lideradas por otros combustibles fósiles como el carbón o el petróleo mucho más contaminantes.

El gas natural tiene otras ventajas como su flexibilidad y rapidez para generar energía, por lo que desempeña un buen papel como apoyo a las energías intermitentes como es el caso de la solar o la eólica haciendo que el suministro eléctrico sea más estable y fiable.

También es un punto importante tener en cuenta la amplia infraestructura de distribución, transporte y almacenamiento de gas natural, no sólo en España si no en el resto de Europa por lo que resulta fácil su uso e integración.

Debido a que la transición completa hacia las fuentes de energías renovables es aún un objetivo lejano de alcanzar, es necesario valorar las opciones existentes e intentar actuar de la mejor forma posible para reducir gradualmente los efectos negativos de las emisiones mientras se intenta alcanzar el horizonte de un sistema energético sostenible.

En este camino hacia una ideal completa descarbonización el gas natural puede ser un gran aliado para la sustitución de los combustibles fósiles más contaminantes y para dar apoyo a las energías renovables en el abastecimiento energético.

2.2.3.- PERSPECTIVAS FUTURAS

La Unión Europea considera al gas natural como una fuente de respaldo indispensable durante la transición energética (33). Aunque lograr una producción energética totalmente renovable llevará tiempo, el gas natural desempeña un papel clave en esta transición gracias a su eficiencia, disponibilidad y versatilidad.

De cara al futuro, cada vez toma más importancia el gas renovable, concretamente el biometano, una fuente de energía con balance de carbono neutro ya que el CO₂ emitido durante su combustión se compensa con el CO₂ absorbido por las plantas de producción.

La ventaja del biometano es que es una fuente renovable que no requiere de la inversión en infraestructuras ya que al tener las mismas propiedades físicas y químicas que el gas natural, su distribución puede realizarse por la infraestructura de gas existente y puede tener los mismos objetivos de aplicación que el gas natural como la calefacción o refrigeración, transporte o industria.

2.2.4.- MARCO REGULATORIO Y POLÍTICO PARA LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

Tanto a nivel general en la Unión Europea como a nivel local en España, en los últimos años se han establecido unas políticas y regulaciones para impulsar la transición energética hacia fuentes más sostenibles y menos contaminantes.

Estas políticas describen los objetivos que se pretenden alcanzar y a su vez definen las estrategias y medidas que deben aplicarse para su consecución.

2.2.4.1.- POLÍTICAS ESTABLECIDAS POR LA UNIÓN EUROPEA

- ***Fit for 55:*** El paquete de propuestas de la Unión Europea, presentado en julio de 2021, tiene como objetivo primordial la reducción de las emisiones netas de gases de efecto invernadero en al menos un 55% para el año 2030, en comparación con los niveles registrados en 1990. Esta ambiciosa meta refleja el compromiso de la Unión Europea con la lucha contra el cambio climático y la transición hacia una economía más sostenible y resiliente.

Para supervisar y evaluar el avance de los países miembros hacia este objetivo, se ha establecido el Reglamento de Gobernanza como el principal mecanismo de medición y seguimiento. Este reglamento, en consonancia con los principios de transparencia y cooperación entre los estados miembros, establece un marco robusto para la presentación de informes y la evaluación periódica del progreso realizado en la implementación de políticas y medidas relacionadas con el cambio climático.

En virtud del Reglamento de Gobernanza, los Estados miembros tienen la obligación de proporcionar periódicamente informes detallados sobre las políticas y medidas implementadas en el marco de sus respectivos Planes Nacionales de Energía y Clima (PNEC) (34). Estos informes son sometidos a un riguroso proceso de evaluación, que analiza la efectividad de las medidas adoptadas y su contribución al logro de los objetivos climáticos establecidos a nivel de la Unión Europea.

Basándose en esta información, el Reglamento de Gobernanza emite recomendaciones y sugerencias destinadas a optimizar los planes de acción existentes o a corregir políticas insuficientes. Asimismo, este organismo desempeña un papel fundamental en la coordinación de las acciones a nivel nacional y en la promoción de buenas prácticas en materia de mitigación y adaptación al cambio climático.

- ***The European Green Deal (EGD):*** El EGD, también llamado Pacto Verde Europeo, se concibe como un ambicioso plan destinado a situar a Europa a la vanguardia de la lucha contra el cambio climático, con el objetivo de convertirse en el primer continente climáticamente neutro para el año 2050 (35). Esta iniciativa se fundamenta en la premisa de eliminar las emisiones netas de gases de efecto invernadero para dicho año, lo que constituiría un hito significativo en el camino hacia una economía moderna, sostenible, competitiva y eficiente en el uso de los recursos dentro de la Unión Europea.

El EGD se erige como un catalizador para impulsar la transición energética en la región, abordando de manera integral la necesidad de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero mientras se garantiza la inclusión y el progreso equitativo de todos los Estados miembros. Además, busca desvincular el crecimiento económico del agotamiento de recursos naturales, promoviendo así un modelo económico más resiliente y orientado hacia el futuro.

En esencia, el Pacto Verde Europeo representa una estrategia política de gran envergadura, cuyo núcleo es la ambición de alcanzar la neutralidad de carbono para el año 2050. Este objetivo no solo implica la reducción drástica de las emisiones de gases de efecto invernadero, sino también la adopción de prácticas y tecnologías innovadoras que impulsen una transformación profunda en todos los sectores de la economía. De esta manera, el EGD se posiciona como un marco integral y visionario para guiar a la Unión Europea hacia un futuro más sostenible y resiliente frente a los desafíos climáticos y ambientales.



Figura 14. Áreas clave en las que se centra el EGD. Fuente: Elaboración propia

- **REPowerEU Plan:** El Plan *REPowerEU* surgió en mayo de 2022 como respuesta a las dificultades emergentes en el mercado energético, ocasionadas por la invasión rusa a Ucrania. Su objetivo primordial es la reducción de la dependencia europea de los combustibles fósiles y la aceleración de la transición hacia fuentes de energía sostenibles y renovables (36).

Todos los Estados miembros que opten por participar en este plan están obligados a presentar un capítulo de *REPowerEU* dentro de sus respectivos Planes de Recuperación y Resiliencia. Estos capítulos serán sometidos a evaluación por parte de la Comisión Europea, con el fin de determinar si las reformas propuestas contribuyen directamente al avance de la Unión Europea hacia la consecución de los objetivos establecidos en materia energética y climática.

Las medidas contempladas en este plan pueden consistir en nuevas inversiones en los Estados miembros, así como en la ampliación de reformas ya incluidas en los Planes de Recuperación de dichos países. Además, el Plan *REPowerEU* otorga a los Estados miembros la flexibilidad de revisar periódicamente sus Planes de Recuperación y realizar modificaciones según sea necesario para adaptarse a las necesidades emergentes y a los cambios en el panorama energético europeo.

La implementación efectiva del Plan *REPowerEU* requiere una estrecha coordinación entre los distintos niveles de gobierno, tanto a nivel nacional como supranacional, a fin de garantizar la coherencia y eficacia de las medidas adoptadas. Asimismo, se espera que este plan promueva la colaboración entre los Estados miembros y fomente la adopción de enfoques innovadores y sostenibles en la gestión de la energía en toda la Unión Europea.

2.2.4.2.- **POLÍTICAS ESTABLECIDAS POR EL GOBIERNO DE ESPAÑA**

- **Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC):** establecido en 2020, delineó una meta ambiciosa de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 23% para el año 2030, en comparación con los niveles registrados en 1990 (37).

Este plan se estructura en torno a dos escenarios divergentes: el escenario tendencial y el escenario objetivo. El escenario tendencial proyecta una visión poco optimista respecto a la consecución de la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero para el año 2030, ya que el análisis estadístico de los datos recopilados hasta el momento, anticipa que dichas emisiones superarán en un 5,6% los niveles de 1990.

Por otro lado, el escenario objetivo establece claramente la meta de reducción del 23% de las emisiones para el año 2030. Para alcanzar este objetivo, se plantean diversas estrategias, entre las cuales se destaca la introducción de energías renovables en el consumo final de energía, alcanzando un 42% para el año 2030. Asimismo, se contempla un ambicioso objetivo de ahorro energético del 39,5% para el mismo año, en comparación con el escenario de referencia de la Unión Europea.

Además, es importante destacar que el PNIEC representa un compromiso significativo por parte de España en la lucha contra el cambio climático y la transición hacia una economía más sostenible y resiliente. Sin embargo, su implementación efectiva requiere una coordinación estrecha entre los distintos niveles de gobierno, así como la movilización de recursos y la adopción de medidas concretas para alcanzar los objetivos establecidos en el marco de este plan integrado de energía y clima.

- **Estrategia de Transición Justa:** el objetivo de esta estrategia es optimizar las actividades y empleos que se vean afectados por la transición hacia una economía sostenible y con emisiones contaminantes reducidas, con el fin de minimizar los impactos negativos que puedan surgir durante este periodo tanto a nivel económico como social. Es crucial garantizar que las medidas adoptadas sean solidarias con la sociedad y los territorios afectados por la transición energética del país (38).

Para ello, será necesario llevar a cabo una identificación exhaustiva de los grupos sociales vulnerables en relación con la situación actual, así como analizar qué puestos de trabajo podrían quedar obsoletos debido al cierre o reconversión de instalaciones. Además, es fundamental identificar las nuevas oportunidades laborales que surgirán durante el proceso de transición, con el objetivo de ofrecer alternativas viables y sostenibles para aquellos trabajadores que se vean afectados por los cambios en el panorama energético.

Esta estrategia estatal debe incorporar mecanismos de apoyo y capacitación para los trabajadores afectados, con el fin de facilitar su adaptación a las nuevas condiciones laborales y garantizar una transición justa y equitativa hacia una economía más sostenible. También se deben implementar medidas de acompañamiento y políticas de protección social para garantizar que nadie se

quede atrás en este proceso de transformación hacia una economía más limpia y respetuosa con el medio ambiente.

3.- METODOLOGÍA

A continuación se presenta el esquema con las fases que se van a seguir durante el desarrollo del proyecto.

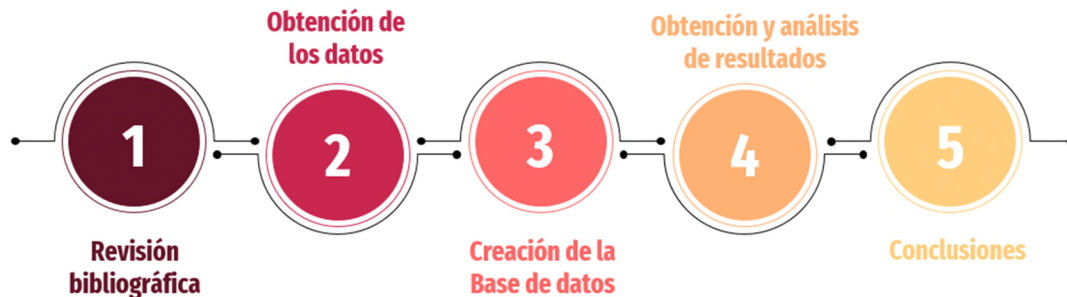


Figura 15. Esquema de la metodología a seguir. Fuente: Elaboración propia

3.1.- FASE 1: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

En el Estado del Arte se ha realizado la revisión bibliográfica para obtener una contextualización actual del tema que se trata en el TFM.

Durante el proceso de búsqueda se han identificado fuentes académicas y técnicas respecto al tema de estudio. De esta forma se han podido explicar los términos clave introducidos que serán relevantes en el desarrollo del proyecto y se han contrastado distintos artículos basándose en su rigurosidad para asegurar la veracidad y actualización de la información.

Tras recopilar información, se ha elaborado una síntesis de datos estructurada que permite obtener una perspectiva integral del estado actual del conocimiento en el área de estudio.

3.2.- FASE 2: OBTENCIÓN DE LOS DATOS

En esta fase del proceso metodológico, se lleva a cabo la obtención de datos relevantes para el estudio posterior, con el objetivo de obtener toda la información posible que facilite el posterior análisis del comportamiento de la importación y exportación de materiales energéticos.

Por ello, además de información acerca del tránsito portuario del Gas Natural en España ha sido necesario obtener datos de carácter financiero. Se ha prestado especial atención a la coherencia temporal de los indicadores recopilados, así como a la identificación y corrección de posibles errores o inconsistencias en estos datos.

El marco de tiempo que se cubre en el proyecto es de 12 años, desde 2010 a 2022 ya que este es el último año del que se conocen todos los datos en su totalidad necesarios para realizar los análisis oportunos. Ha sido necesario extraer los datos de este periodo y para ello se ha recurrido a grandes fuentes de datos que se caractericen por su rigurosidad. Algunas de las que han sido utilizadas con el Instituto Nacional de Estadística (INE), Centro de Investigaciones Sociológicas (CIS), Puertos del Estado y fuentes de Organismos Internacionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), la Organización Mundial del Comercio (OMC) y la Agencia Internacional de Energía (AIE).

3.3.- FASE 3: CREACIÓN DE LA BASE DE DATOS

En la fase previa, se han obtenido los datos en su forma original de las diversas fuentes de información mencionadas, lo que ha requerido llevar a cabo procesos de depuración y transformación para eliminar aquellos que no eran necesarios y organizarlos de forma que se cree una base ligera y más sencilla de manejar.

El resultado final ha sido la confección de dos tablas de datos mediante un software de *Business Intelligence*, concebidas para facilitar los análisis posteriores pertinentes. Una de ellas exhibe los datos concernientes a la exportación de Gas Natural a través de los puertos de España, mientras que la otra contempla los datos relativos a la importación.

3.4.- FASE 4: OBTENCIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para realizar la tarea de análisis de datos se emplean técnicas analíticas y herramientas de visualización de datos, concretamente la herramienta utilizada será PowerBI. A través de la estadística descriptiva, se tiene como objetivo identificar patrones y tendencias entre las variables estudiadas, con el fin de evaluar la viabilidad de las hipótesis planteadas.

En esta fase se plantea un proceso de análisis que comienza en un análisis macro desde la escala de país hasta un análisis micro de puertos, por lo que se asemeja a un análisis en cascada. En primer lugar se evaluarán las importaciones y exportaciones a nivel global, organizándolas posteriormente por fachadas y por último centrándose en los puertos.

3.4.- FASE 5: CONCLUSIONES

Después de examinar los resultados, se elaborarán conclusiones en consonancia con los objetivos relacionados con la transición energética delineados en el Estado del Arte. El análisis de las tendencias dentro del periodo de estudio facilitará la proyección del comportamiento de los datos en los años siguientes, y se considerará la viabilidad de alcanzar dichos objetivos. Por último, se indicarán las limitaciones del presente trabajo y perspectivas futuras.

4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1.- ANÁLISIS DE IMPORTACIONES Y EXPORTACIONES DE GNL EN ESPAÑA

A través del análisis de la base de datos previamente creada acerca de la comercialización portuaria del gas natural en España, se tratarán de explicar las tendencias y patrones que se observen, lo que también permitirá esbozar una predicción de la situación en los próximos años.

España es el segundo país de la Unión Europea que más gas natural importa, seguido de Países Bajos, Bélgica e Italia y solamente superado por Francia.

En cuanto a las exportaciones de este recurso, España se encuentra en cabeza de los países de la Unión Europea debido a su localización estratégica. Estados Unidos superó a Argelia, convirtiéndose en su principal suministrador y debido a la gran infraestructura de gaseoductos establecida en la Península Ibérica, España ha aprovechado sus conexiones con Marruecos, Portugal y Francia reexportando el gas natural recibido hacia el resto de países del continente.

Tabla 4. Volumen de gas natural importado y exportado por España en los últimos años. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

IMPORT		EXPORT	
Year	Ton	Year	Ton
2010	20.619.645	2010	4.276
2011	17.429.198	2011	496.577
2012	15.618.636	2012	1.409.026
2013	11.439.980	2013	2.070.397
2014	11.859.427	2014	3.784.368
2015	9.911.204	2015	1.024.724
2016	10.083.553	2016	1.932
2017	12.081.445	2017	68.084
2018	10.944.872	2018	257.369
2019	15.590.838	2019	27.297
2020	14.876.142	2020	46.316
2021	14.853.050	2021	1.084.281
2022	20.749.780	2022	1.606.549
TOTAL	186.057.770	TOTAL	11.881.196

Se puede ver como España se define claramente como un país importador, siendo el volumen total de toneladas de gas natural exportado un 6,39% del total de toneladas importadas.

En cuanto a los proveedores de gas natural para los países de la Unión Europea, Estados Unidos es el líder ya que en los últimos años ha logrado duplicar su cuota de mercado respecto a Rusia, tercer mayor proveedor superado por Noruega.

En primer lugar, se analiza brevemente la evolución de las exportaciones de gas natural de España observando la siguiente gráfica:

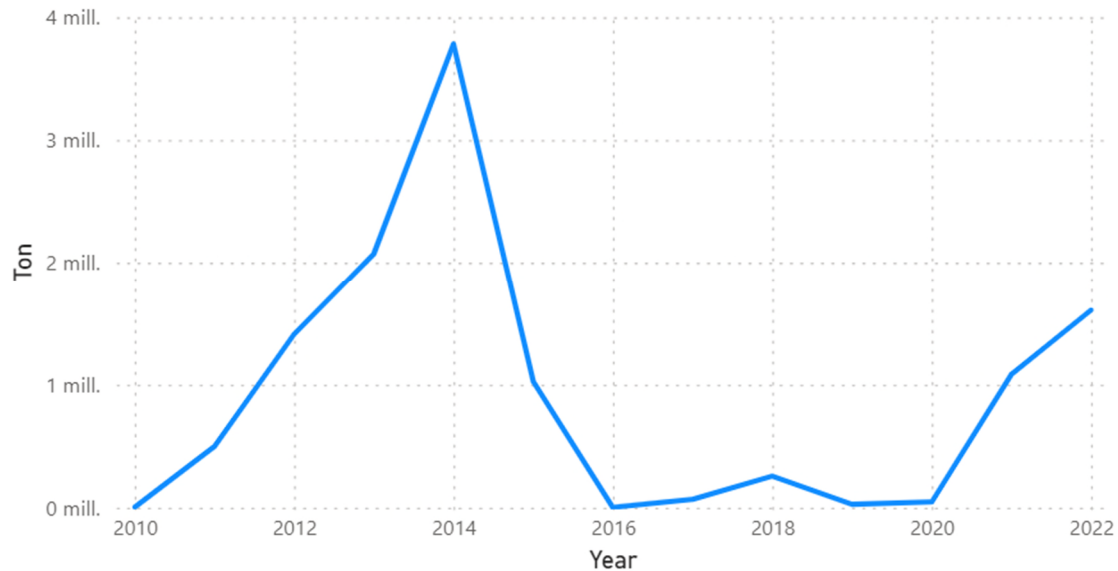


Figura 16. Evolución del volumen de gas natural exportado por España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Como se ha comentado en el Estado del Arte, la gran inversión del país en la construcción y desarrollo de centrales regasificadoras destacó a España como el país con mayor capacidad de regasificación de la Unión Europea. Además, para el año 2014, la infraestructura de redes de transporte y distribución de gas en el país llegó a alcanzar los 81.806 kilómetros, llegando así a un pico de crecimiento que después ha seguido ascendiendo aunque de forma mucho más lenta, aumentando la longitud de la red en un 13,24% en los 6 siguientes años, hasta 2020.

La favorable situación de España en 2014 en cuanto a desarrollo de tecnología e infraestructura relacionada con el gas natural, llevó al país a ser el mayor reexportador de GNL ese año no solo de Europa, si no del mundo con un total de 3,84 millones de toneladas.

También se aprecia en la gráfica como desde 2020 ha aumentado la exportación de gas natural en el país, llegando a un máximo en 2022, lo que está relacionado con la Guerra de Ucrania como será explicado más adelante.

La evolución de las importaciones de gas natural a lo largo de los últimos años se observa en la siguiente gráfica:

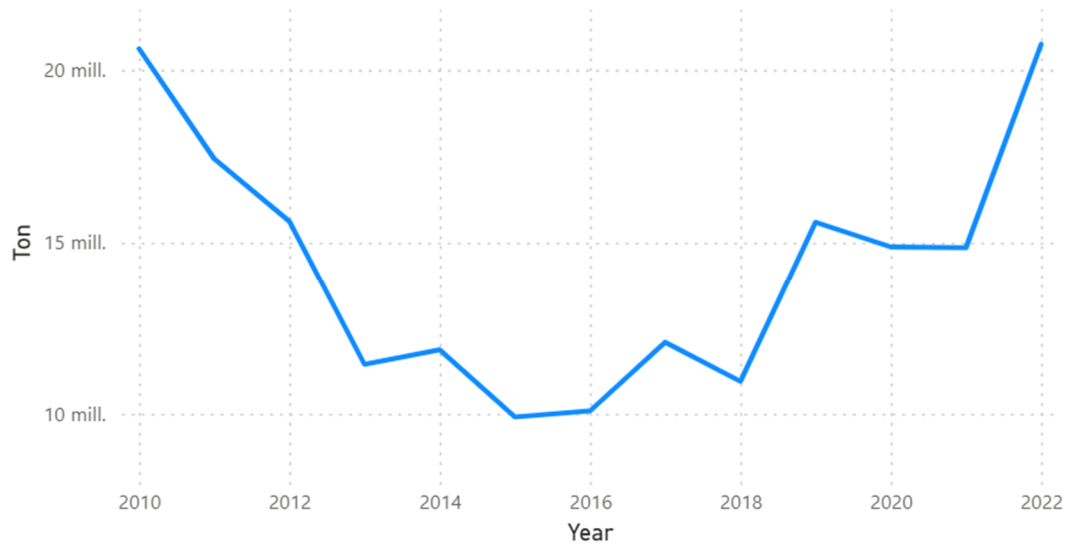


Figura 17. Evolución del volumen de gas natural importado por España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Las importaciones de gas natural decrecen en los primeros años representados en la gráfica. La crisis económica del 2008 supuso una disminución de la actividad comercial e industrial en España por lo que la demanda energética frenó su aumento a partir de ese año. Otra causa de la disminución de gas natural, es la gran inversión que se llevó a cabo en las fuentes de energía renovables como la solar y eólica y la introducción de programas y políticas de eficiencia energética debido a la expansión del pensamiento sostenible para lograr la transición energética.

Se puede observar un repunte de las importaciones de gas natural en el año 2022, lo que puede atribuirse a la declaración de la Guerra de Ucrania el 24 de febrero de ese mismo año. Esto se debe a la incertidumbre motivada por la dependencia energética que tienen los países europeos respecto a Rusia y su necesidad de mantener el suministro energético y la estabilidad económica del país.

Las exportaciones de Rusia han sido siempre claves para abastecer a la Unión Europea y tras la declaración de la guerra, la UE estableció políticas para disminuir la compra de GNL al país eslavo con el fin de debilitar su economía. Sin embargo, España vio una oportunidad para mantener en funcionamiento su gran red de centrales regasificadoras y seguir en cabeza como país reexportador de gas natural hacia Europa.

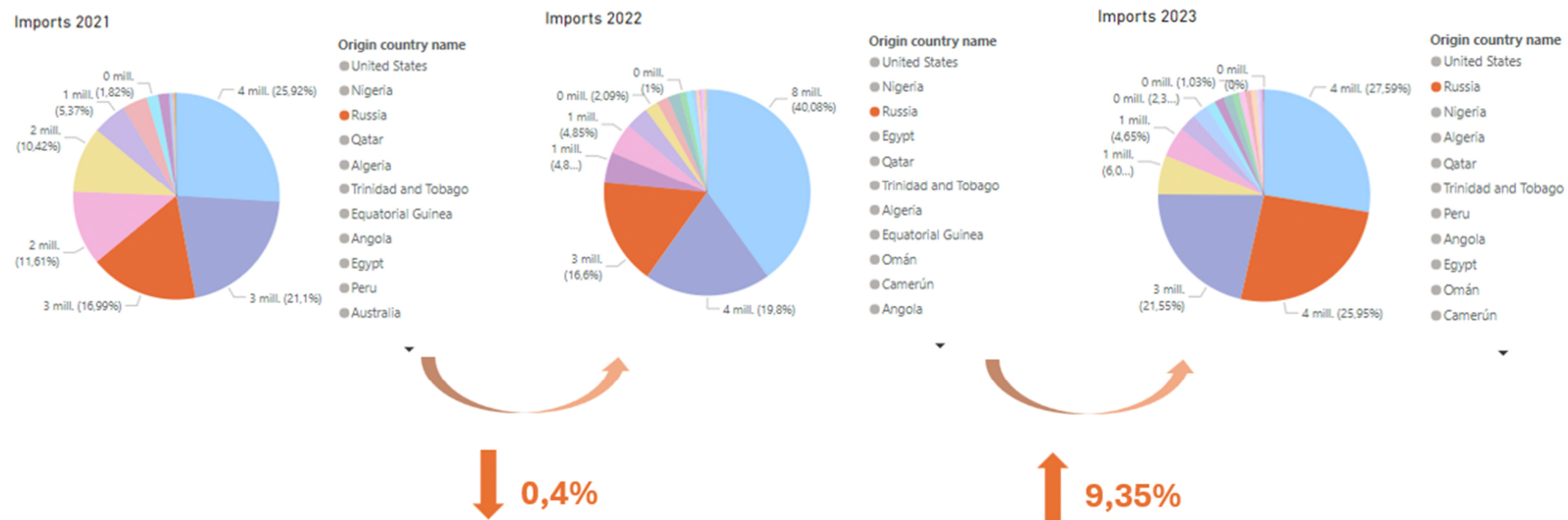


Figura 18. Evolución de la importación de gas natural a partir de la Guerra de Ucrania. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Las empresas españolas continuaron firmando acuerdos con los suministradores rusos para vender el excedente a países de la Unión Europea con un margen de beneficios más amplio.

Es interesante que en lugar de verse reducidas, estas exportaciones por parte de Rusia hayan aumentado a raíz del estallido de la guerra. Desde el primer momento, la Unión Europea ha prohibido la importación de carbón y petróleo ruso por gasoducto con el fin de debilitar la economía de Rusia que les permita financiar la guerra en Ucrania, sin embargo, se han mantenido algunas excepciones.

Los Estados miembros de la UE que no tienen a su alcance otras opciones de suministro energético debido a su situación geográfica y sólo pueden abastecerse de suministros rusos, poseen una excepción temporal para importar petróleo crudo por oleoducto. En cuanto al gas natural, debido a la gran dependencia del continente europeo del gas natural ruso, segundo principal proveedor sólo por detrás de Estados Unidos, no se le impusieron ningún tipo de tasas al gas natural licuado exportado en buques cisterna. Es por esto que no sólo se mantuvieron las exportaciones de GNL por parte de Rusia, si no que aumentaron al disminuir las exportaciones de otros recursos energéticos que sí tenían prohibiciones.

Una vez analizados los altos volúmenes de gas natural importados por España, es interesante conocer cuáles son los principales proveedores. En el siguiente gráfico se muestran los 10 principales países proveedores realizando una suma de todas las toneladas suministradas por cada uno de ellos a lo largo del periodo de 12 años comprendido entre 2010 y 2022.

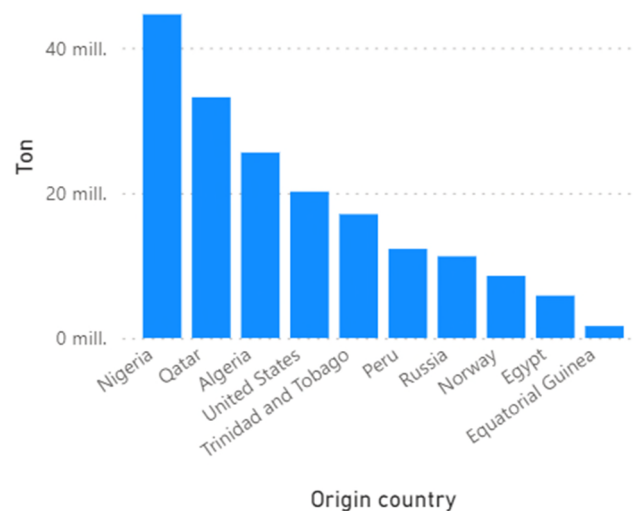


Figura 19. Total de toneladas suministradas desde 2010 a 2022 por los principales países proveedores para España.
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

En estos últimos 13 años , Nigeria ha suministrado aproximadamente 47,5 millones de toneladas de gas natural a España, esto se debe a las abundantes reservas de gas natural

en los yacimientos nigerianos y la óptima localización geográfica de nuestro país frente a Nigeria facilitando la logística para el transporte marítimo.

Como se ha explicado previamente, en la actualidad la situación ha cambiado. Ahora Estados Unidos es el principal suministrador de gas natural para España seguido de Rusia por lo que una visión de los principales países importadores de gas natural en el año 2022 sería esta:

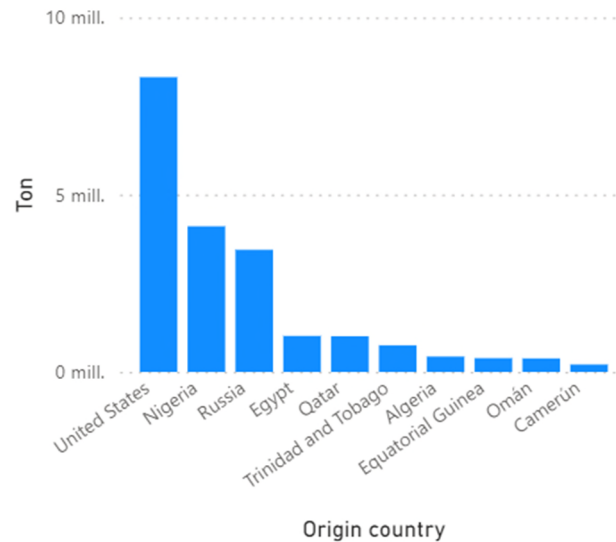


Figura 20. Toneladas importadas por España de sus 10 principales países suministradores de gas natural. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Analizando el volumen de gas natural importado a lo largo de los años, se puede determinar el año en el que Estados Unidos desbancó a Nigeria como principal suministrador de gas natural en España. Esto ocurre en el año 2019, año en el que Estados Unidos se convirtió en el principal exportador de gas natural a nivel global.

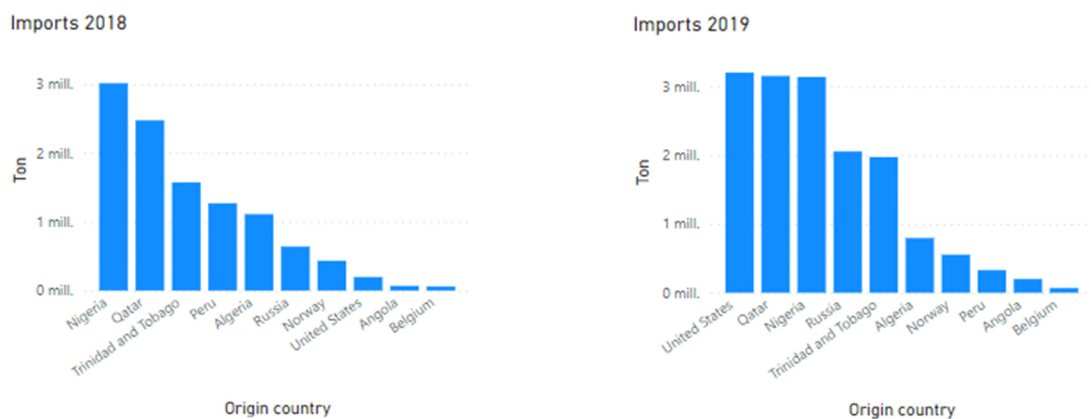


Figura 21. Comparación de las importaciones en 2018 y 2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

El gran aumento de las exportaciones en 2019 por parte de Estados Unidos se debió al importante desarrollo de las novedosas técnicas de extracción implementadas en el país como el *fracking* o fragmentación hidráulica (39) y la perforación horizontal. Sus principales plantas exportadoras como Freeport en la Costa Este o Sabine Pass en el Golfo de México aumentaron su desarrollo superando a Qatar en volumen de exportaciones a nivel global.

El panorama actual, con los datos recopilados en 2022 deja la siguiente distribución geográfica de los 10 principales países suministradores de GNL para España.

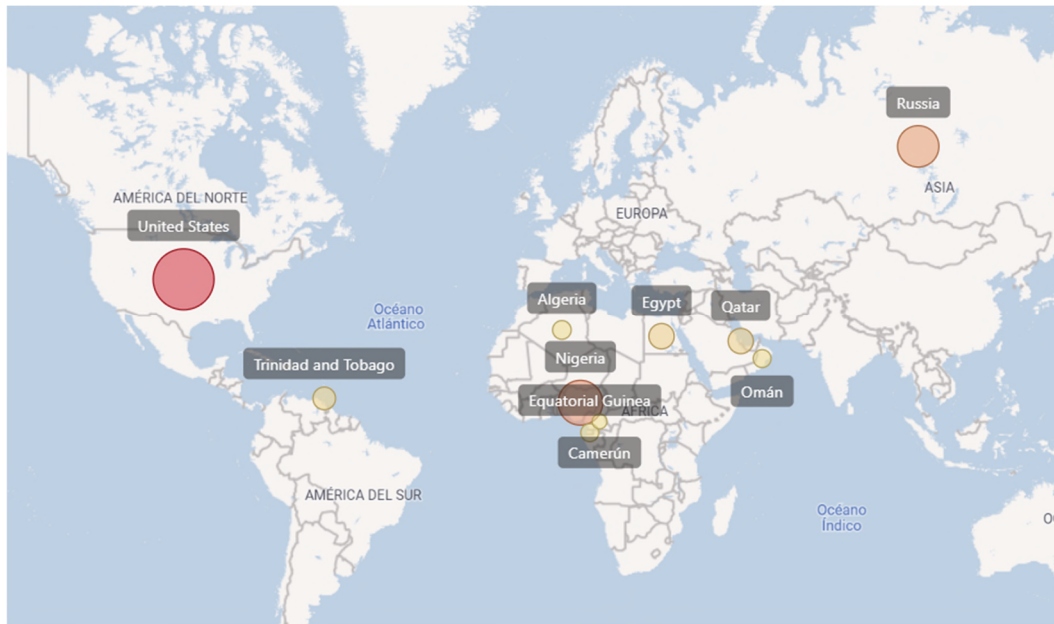


Figura 22. Principales 10 países suministradores de GNL a España en 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

En el siguiente gráfico de cintas se puede apreciar el volumen de las importaciones a lo largo de los años permitiendo analizar qué países se situaban en cabeza del total de importaciones de GNL en España en cada uno de los últimos 13 años.

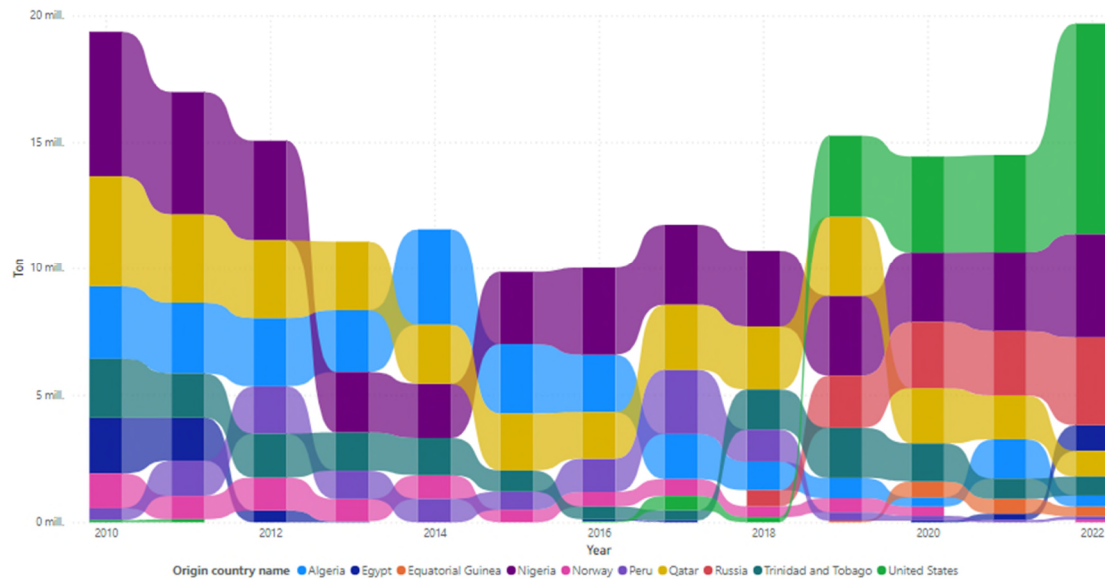


Figura 23. Evolución de las importaciones de los 10 principales suministradores a España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Se aprecia la variación de la incidencia de los distintos países en el volumen de gas natural importado por España a lo largo de los últimos 13 años. Por ejemplo, en el año 2010 Egipto era el quinto país en la lista de importadores con algo más de 2 millones de toneladas mientras que en 2023 ocupa el octavo puesto de la lista con apenas 0,2 millones de toneladas.

En el gráfico también se observa la toma de liderazgo por parte de Estados Unidos en 2019 en el volumen de las importaciones del país y el adelantamiento de Rusia a Nigeria en el año 2022 como causa de la Guerra de Ucrania.

Las exportaciones de GNL por parte de España en 2023 se distribuyen de la siguiente forma:

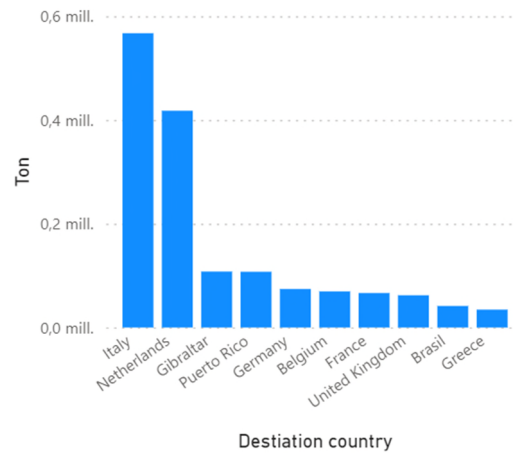


Figura 24. Principales 10 países a los que exporta España GNL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Se observa como España actúa como reexportador, abasteciendo principalmente a países de la Unión Europea gracias a los grandes volúmenes de gas natural que recibe en importaciones. Es importante destacar que en estos gráficos se están teniendo en cuenta las exportaciones marítimas, ya que la mayor parte de las exportaciones por parte de España son a través de la infraestructura de gas que conecta con gasoductos la Península Ibérica con el continente europeo.

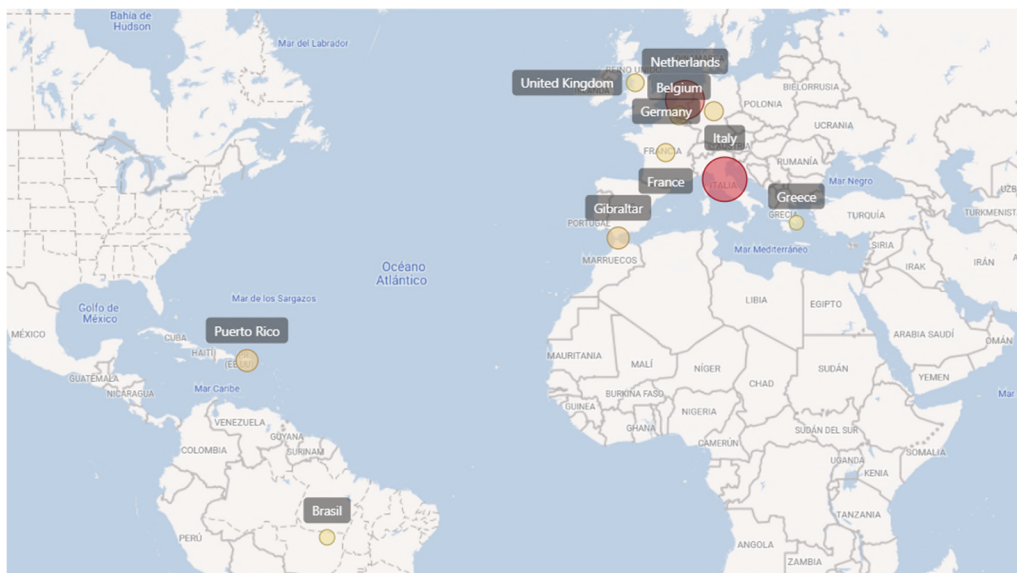


Figura 25. Principales 10 países a los que España exporta GNL en 2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

En este mapa se observa como aquellos países a los que España exporta GNL se encuentran condensados en Europa. Debido a la localización geográfica de España y sus numerosos puntos portuarios hace que su aportación de GNL a Europa sea clave para el abastecimiento energético del continente.

Puede parecer inusual que España reexporte el GNL a países tan lejanos como Puerto Rico o Brasil, pero esto se explica de la siguiente forma: además de los buques que transportan GNL de un lugar a otro, existen unos denominados buques Tramp que no cuentan con un plan establecido de puertos de escala predeterminados y que navegan con GNL por el océano. Estos buques se adaptan a las demandas del mercado y pueden navegar hacia diferentes destinos según las necesidades y los contratos de transporte en curso vendiendo a países que puján por estos cargamentos en momentos determinados.

Como se ha explicado previamente, España cuenta con 46 Puertos de Interés General del Estado y estos son controlados por 28 Autoridades Portuarias. Según su localización geográfica se agrupan por fachadas.



Figura 26. Distribución de las fachadas. Fuente: Elaboración propia

Los principales puertos en los que tiene relevancia la importación y exportación de GNL en España son los siguientes, los cuales se muestran clasificados por la Autoridad Portuaria que los controla y la fachada a la que pertenecen:

Tabla 5. Clasificación de los puertos presentes en el proyecto. Fuente: Elaboración propia

FACHADAS	AUTORIDADES PORTUARIAS	PUERTOS
Islas Canarias	Las Palmas	Arrecife
		Las Palmas
		Puerto del Rosario
		La Hondura
Cantábrico-Atlántica	Bilbao	Bilbao
		Bilbao
	Ferrol-San Ciprián	Ferrol
		San Ciprián
Mediterránea	Barcelona	Barcelona
		Barcelona
	Cartagena	Cartagena
		Cartagena
Andalucía Oeste	Tarragona	Tarragona
		Tarragona
	Valencia	Valencia
		Sagunto
Andalucía Este	Gandía	Gandía
		Gandía
	Huelva	Huelva
		Huelva
Bahía de Algeciras	Bahía de Algeciras	Bahía de Algeciras
		Bahía de Algeciras
	Tarifa	Tarifa
		Tarifa

En primer lugar se analizará el peso de los distintos puertos en la importación de GNL. Para ello se muestra a continuación un gráfico con el porcentaje de toneladas totales importadas por las distintas fachadas:

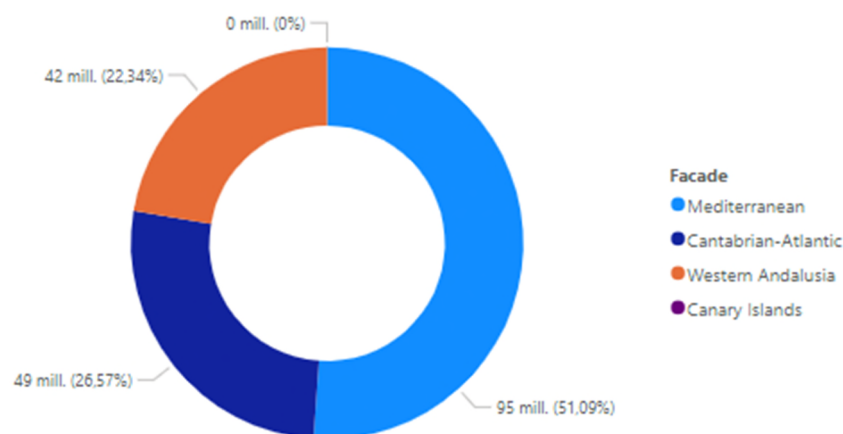


Figura 27. Importaciones de GNL por fachadas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Se observa como la fachada Mediterránea es la que más GNL recibe, con algo más de la mitad del total de las importaciones. La otra mitad se reparte entre la fachada Cantábrico-Atlántica y la fachada Andalucía Oeste. Islas Canarias y Andalucía Este no son relevantes en la importación de GNL en el país.

Observando las AA.PP. la de Barcelona con el puerto de Barcelona es la que recibe un mayor volumen de toneladas de GNL y Valencia y Cartagena completan la superioridad de recepción de la fachada Mediterránea. La fachada de Andalucía Oeste está representada por la Autoridad Portuaria de Huelva que controla el puerto de Huelva es la segunda A.P. que más volumen recibe. Por último, Bilbao y Ferrol-San Cibrao son las que representan el porcentaje de recepciones de la fachada Cantábrico-Atlántica.

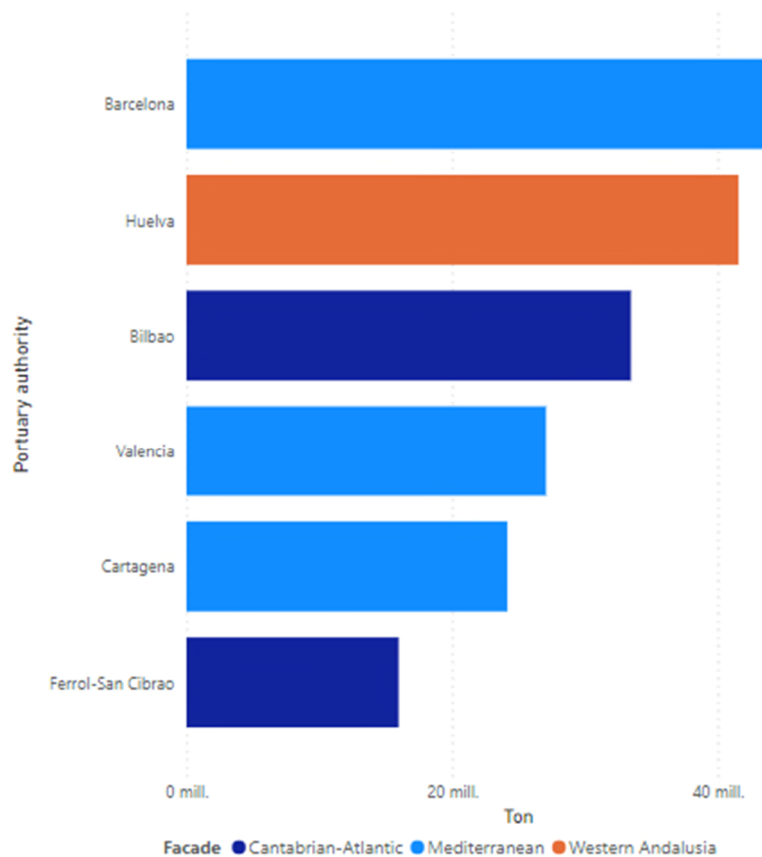


Figura 28. Principales AA.PP. importadoras de GNL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

De estas tres fachadas con mayor peso, la distribución entre sus AA.PP. queda de la siguiente forma:

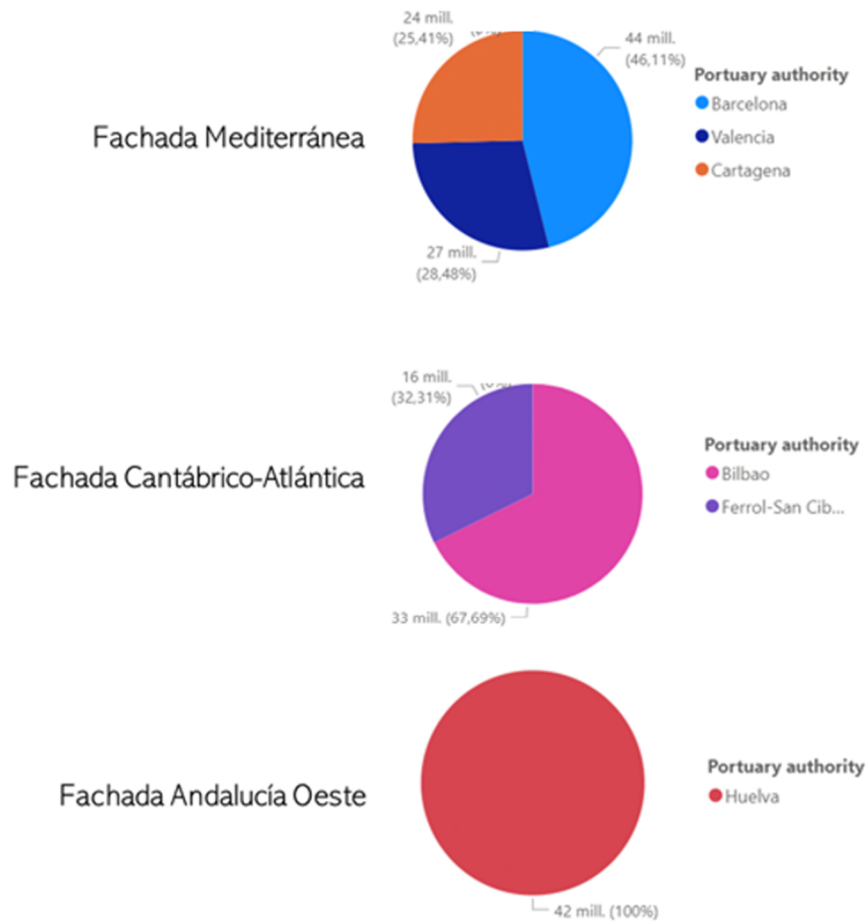


Figura 29. Porcentaje de importaciones por A.P. dentro de cada fachada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

También es interesante observar la evolución de las importaciones en cada una de estas fachadas a lo largo de los años.

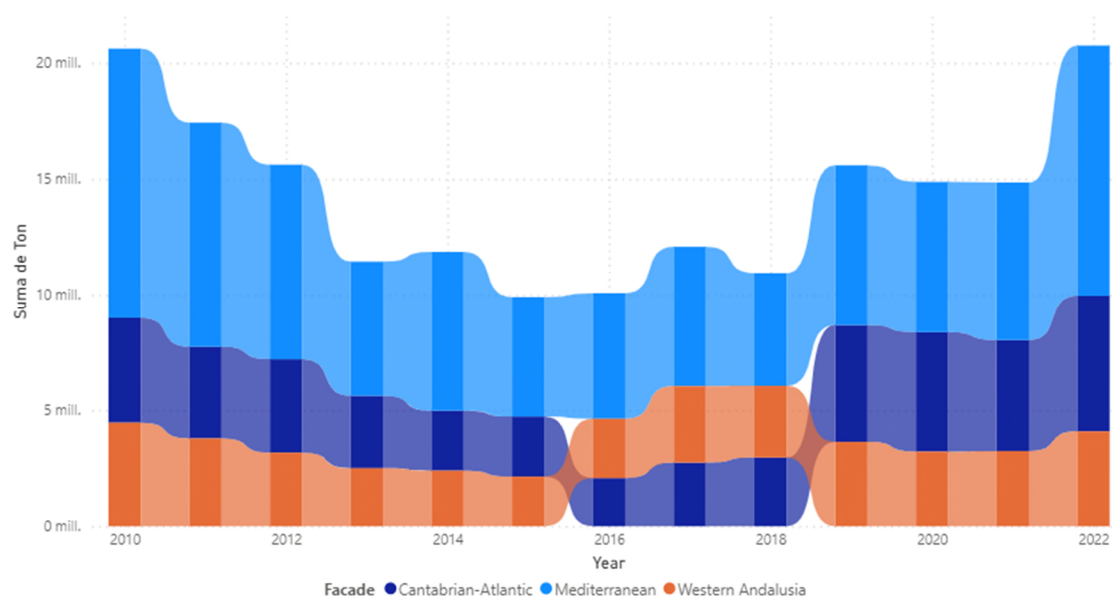


Figura 30. Evolución importaciones por fachadas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

La fachada Mediterránea ha liderado la recepción de GNL todos los años y manteniendo el doble de volumen de toneladas importadas que las otras dos siguientes fachadas con más importaciones.

La fachada Cantábrico-Atlántica es la segunda liderando importaciones, exceptuando el marco de 3 años desde 2016 a 2018. La vuelta a la segunda posición de la fachada Cantábrico-Atlántica coincide con la imposición de Estados Unidos frente a Nigeria como principal país suministrador para España, por lo que la zona del Atlántico recibió estos nuevos volúmenes de GNL.

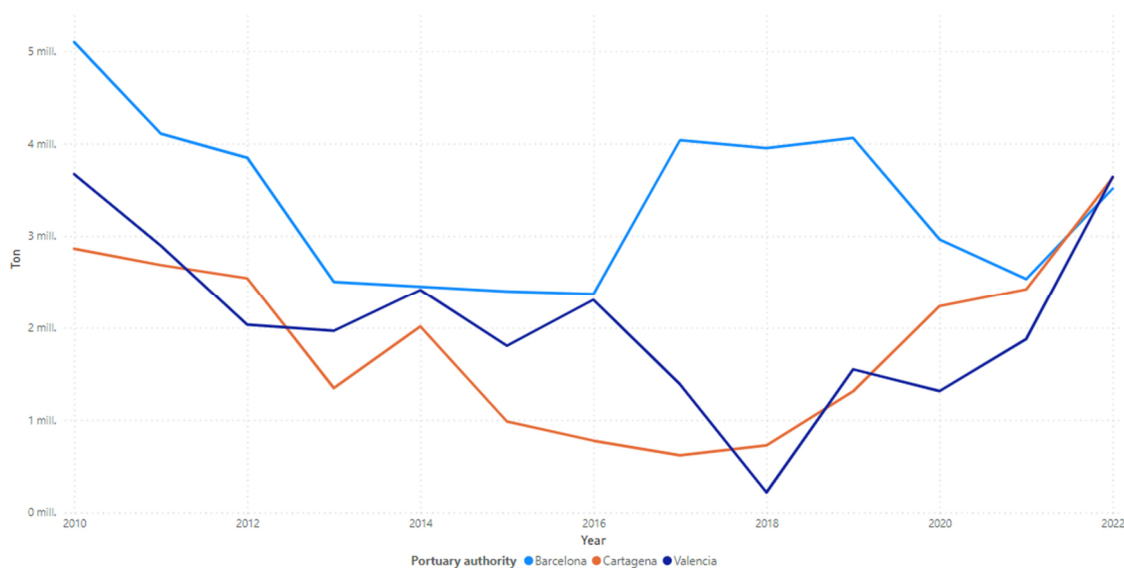


Figura 31. Evolución importaciones de la fachada Mediterránea. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

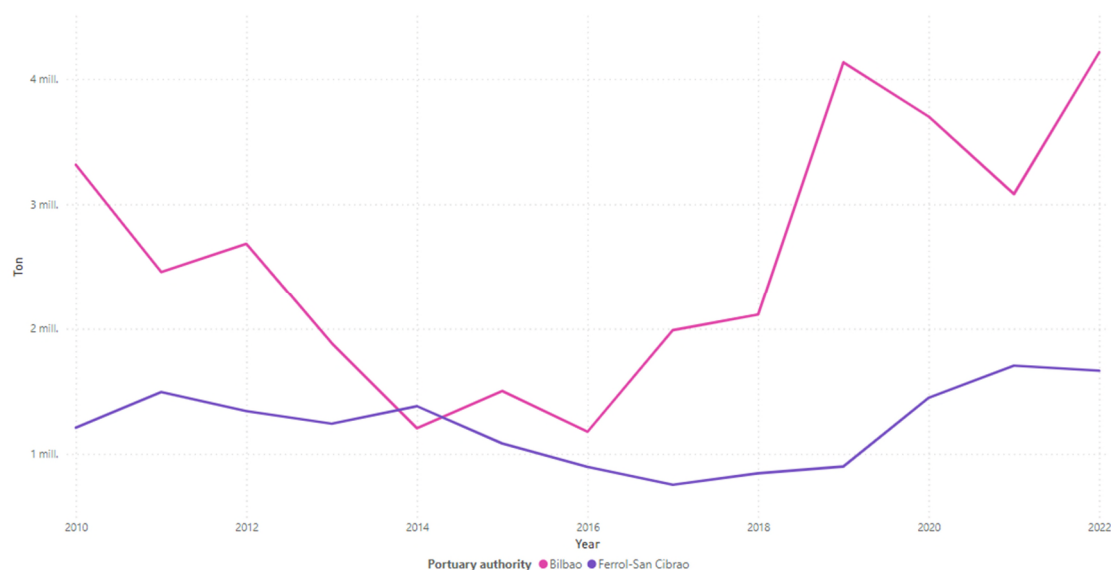


Figura 32. Evolución importaciones de la fachada Cantábrico-Atlántica. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

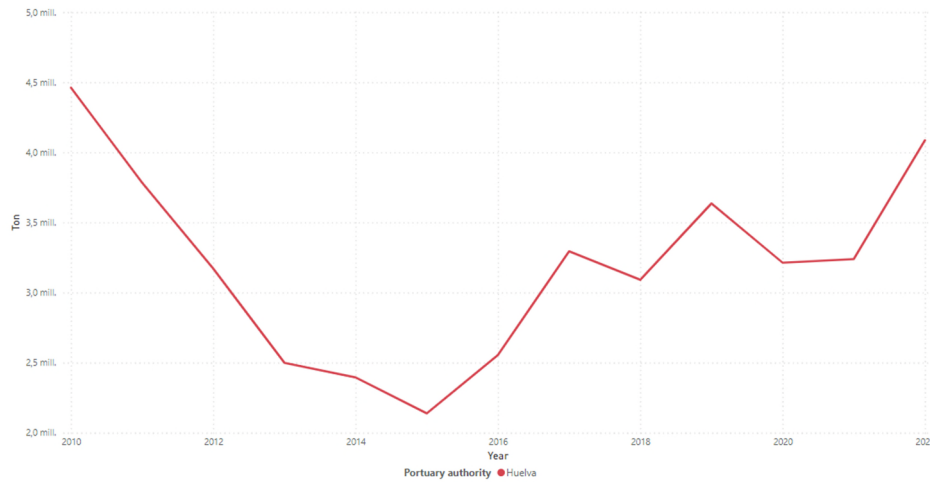


Figura 33. Evolución importaciones de la fachada de Andalucía Oeste. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Observando estos gráficos se observa como el puerto de Barcelona debido a su gran planta de regasificación, que es aquella con mayor capacidad de toda Europa, se sitúa como el Puerto con mayores toneladas de GNL importado a lo largo de los años. Es a partir de 2019 cuando el puerto de Bilbao le adelanta en toneladas importadas pasando a convertirse en el líder de descargas de GNL en España.

Esto se debe a lo explicado previamente y la situación de Estados Unidos como principal suministrador de gas natural licuado a España ya que la situación de los puertos de la fachada Cantábrico-Atlántica e incluso la de Andalucía Oeste favorecen la descarga de los buques procedentes de América.

En todos los gráficos se observa una disminución de las importaciones en los primeros años correspondientes con el efecto causado por la crisis económica de 2008 y un posterior aumento a partir del año 2014 aproximadamente cuando la infraestructura de gaseoductos en el país percibió un mayor desarrollo.

En los siguientes diagramas de *Sankey* se muestra la distribución de los volúmenes de GNL de los 10 principales países suministradores hacia las distintas fachadas en dos tramos de años diferenciados:

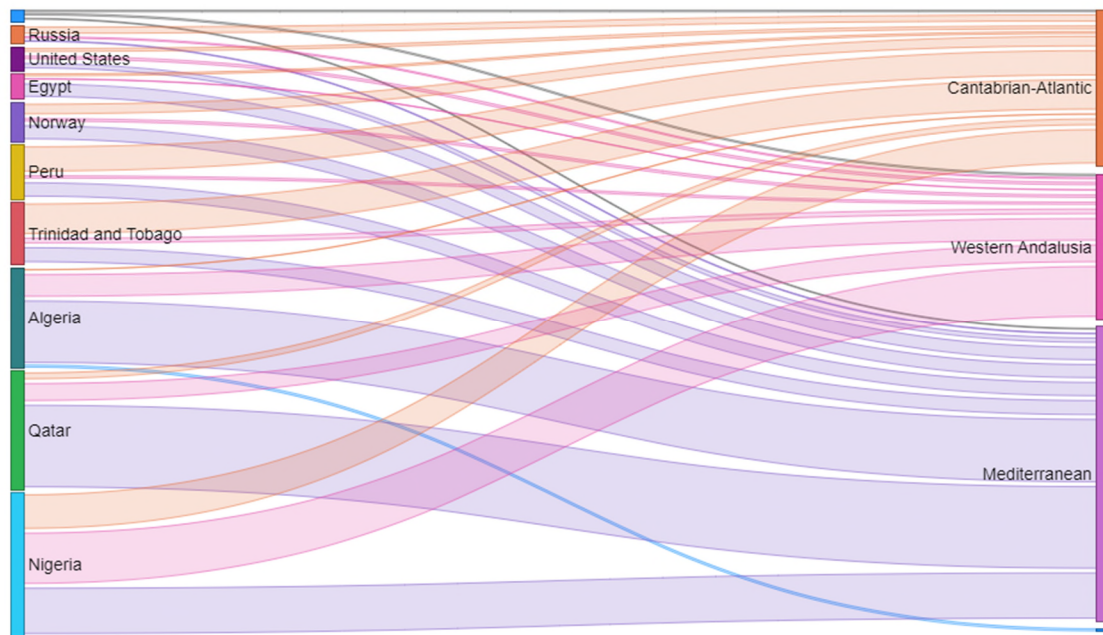


Figura 34. Distribución importaciones GNL 2010-2019. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

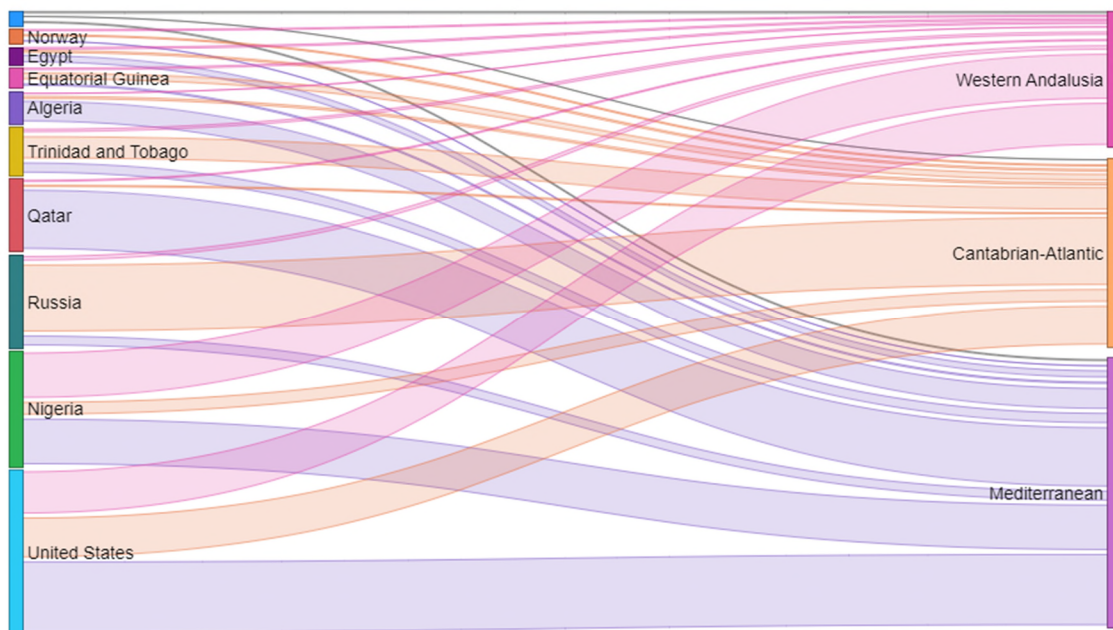


Figura 35. Distribución importaciones GNL 2019-2022. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

El primer diagrama recoge los datos desde 2010 a 2019, mientras que el segundo, haciendo referencia a los años posteriores a 2019 refleja la entrada de Estados Unidos como principal proveedor.

Se observa que el peso de las toneladas totales recibidas por parte de Estados Unidos superan a las de Nigeria, previo líder suministrador. Aunque el volumen de GNL traído desde Estados Unidos también llega a la fachada Mediterránea, la cantidad de gas natural licuado procedente de este nuevo proveedor hace que importaciones de otros países se

vean disminuidas y que se equilibren más las recepciones de las 3 fachadas en estos últimos años.

En cuanto a las exportaciones, la distribución por fachadas en España es la siguiente:

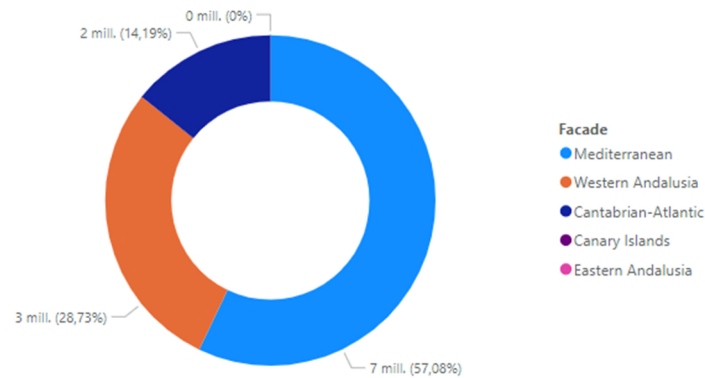


Figura 36. Exportaciones de GNL por fachada. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

La fachada Mediterránea acumula un 57% del volumen de GNL exportado. Esto se debe a que España es clave en las exportaciones de gas natural hacia Europa y la fachada mediterránea permite una gran conexión con el resto de puertos europeos. Las fachadas de Andalucía Oeste y la fachada Cantábrico-Atlántica son las siguientes con mayor volumen de GNL exportado debido a que son, como se ha explicado previamente, las que más GNL reciben en sus puertos.

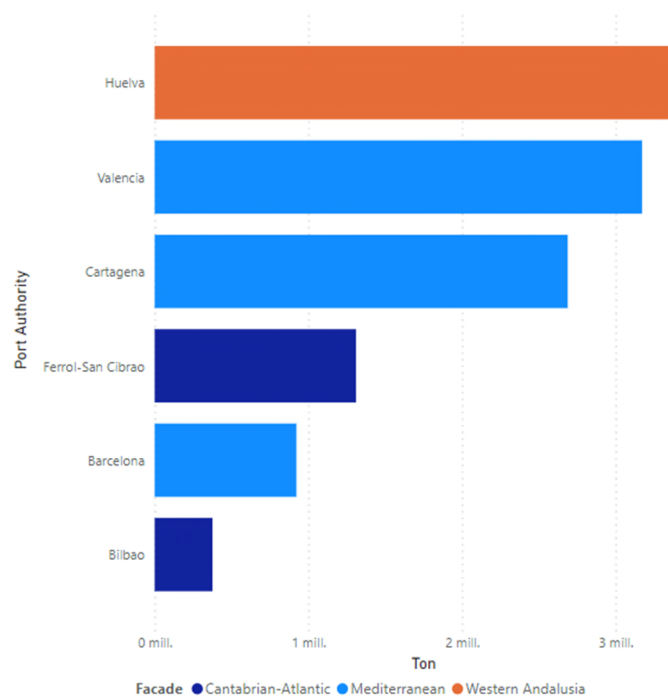


Figura 37. Principales AA.PP. exportadoras de GNL. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

La Autoridad Portuaria de Huelva, que controla el puerto de Huelva es la que más gas natural licuado exporta, con cerca de 3 millones y medio de toneladas, nada significativo respecto al volumen que importa, siendo aproximadamente 12 veces superior.

Para comprender esta gran diferencia entre las importaciones y exportaciones de GNL en España según las principales AA.PP. que están siendo analizadas, se incluye este gráfico comparativo con el total de volumen de GNL en el periodo que abarca desde 2010 a 2022.

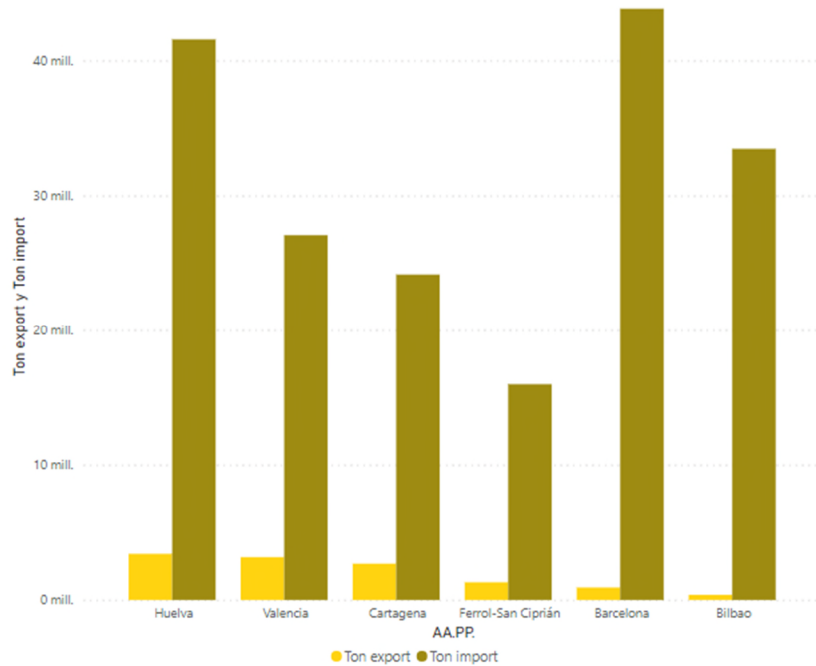


Figura 38. Comparación import vs export por AA.PP. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

4.2.- ANÁLISIS ECONÓMICO

Con el fin de analizar las tendencias que siguen tanto las importaciones como las exportaciones de gas natural licuado en el país se han tenido en cuenta distintas variables económicas que se han incluido en la base de datos.

A continuación, se detallan las variables económicas que están incluidas en la base de datos y que podrán ser utilizadas para realizar los análisis en el proyecto. Todas ellas han sido extraídas atendiendo a las variaciones mensuales que siguen en el periodo de 12 años comprendido entre 2010 y 2022.

- PIB (Producto Interno Bruto): constituye el valor total de la producción de bienes y servicios en un país durante un período específico, normalmente un año y es utilizado como medida para evaluar la prosperidad económica de una nación. Un PIB alto se relaciona con altos ingresos, alto grado de empleabilidad y buenas condiciones de vida en un país.
- IPC (Índice de Precios al Consumidor): este índice evalúa el cambio medio en los precios de una cesta básica de bienes y servicios consumidos por los hogares del país. Está relacionado con la inflación, la cual suele ser un indicio de un IPC alto ya que los precios de los bienes y servicios consumidos en los hogares han subido.

- IPI (Índice de Producción Industrial): esta variable estadística refleja el desarrollo de la actividad industrial de un país. Tiene distintos valores en función del sector al que se refiere:
 - IPI C: industria manufacturera, como podría ser la producción de automóviles en una fábrica.
 - IPI B: industrias extractivas, por ejemplo con la extracción de petróleo en una plataforma marina.
 - IPI D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. Se aplicaría en la generación de energía en una central eléctrica.
 - IPI E: suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación. Como ejemplo se pone el tratamiento de aguas residuales en una EDAR.
- IPRI (Índice de Precios de Recursos Naturales): evalúa la evolución de los precios de los recursos naturales como petróleo, gas, minerales, etc. Al igual que el IPI se diferencia según los mismos sectores:
 - IPI C: industria manufacturera, el precio del petróleo utilizado como materia prima en la fabricación de plásticos.
 - IPI B: industrias extractivas, aplicado al precio del oro extraído en una mina.
 - IPI D: suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado. Aplicable al precio del gas natural utilizado en la generación de energía eléctrica.
 - IPI E: suministro de agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación. Por ejemplo, aplicable al precio del agua potable suministrada en los hogares.

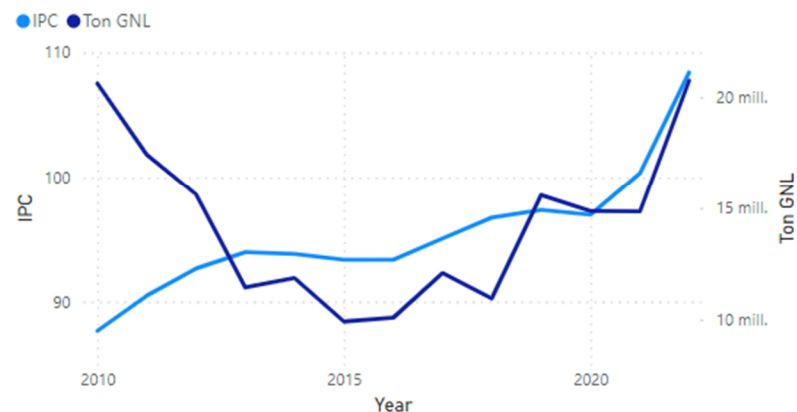
Atendiendo al propósito de estudio de este proyecto, que se basa en las actividades de transporte del GNL en las importaciones y exportaciones, el sector del cual se recogerán las variables tanto de IPI como de IPRI será el D que recoge el suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado.

En los siguientes gráficos se muestra la evolución de las variables económicas explicadas previamente en conjunto con los volúmenes de GNL importado.

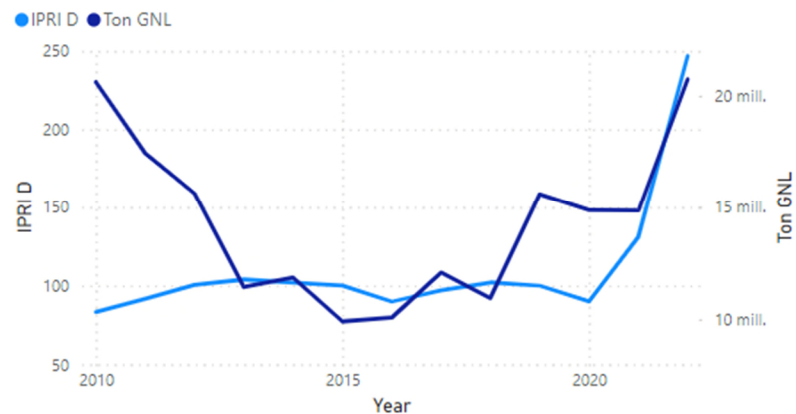
Evolution PIB and ton GNL imported



Evolution IPC and ton GNL imported



Evolution IPRI D and ton GNL imported



Evolution IPI D and ton GNL imported

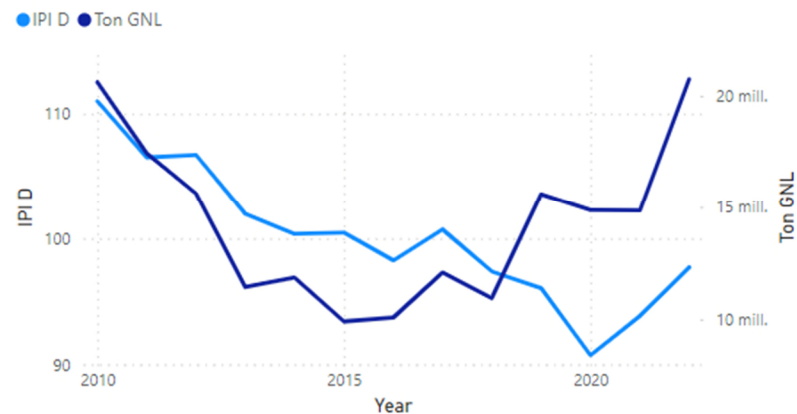


Figura 39. Evolución de las importaciones de GNL en función de la variación de las variables económicas. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

En los gráficos mostrados previamente se observa una estrecha correlación entre la variación de dichas variables y las toneladas de gas natural licuado importadas por España.

En los primeros años se percibe una ligera disminución de todas las variables, exceptuando el IPC que sube. Esto es fruto del periodo de recesión vivido durante ese periodo de años desencadenado por la crisis económica de 2008. En el año 2015 se aprecia como comienzan a estabilizarse gracias al buen ritmo de recuperación que comienza a evidenciarse a finales de 2013.

En las gráficas comienza a percibirse un crecimiento de la economía del país en el año 2015, alcanzando un máximo relativo en 2018, año en el cual existió un repunte de la producción industrial y una mejora en el mercado laboral, marcando un total de afiliados a la Seguridad Social que no veía cifras tan favorecedoras desde 2008 (40).

El crecimiento del PIB durante los años de recuperación económica del país es evidente en el tramo de años comprendido entre 2014 y 2019, en este periodo el IPC también crece pero de una forma más suave. En 2020 el PIB se desploma debido a los efectos del COVID-19, y las importaciones de GNL se mantienen estables hasta 2021.

Posteriormente se observa de nuevo como el PIB comienza a crecer, lo que se debe a la mejora de la economía del país superando los efectos de la pandemia y las importaciones de gas natural licuado se disparan en 2022 como ha sido explicado anteriormente, por la declaración de la guerra de Ucrania.

Respecto a la relación entre la evaluación del IPC y las importaciones, se observa como estas disminuyen cuando el IPC aumenta, lo que ocurre debido al encarecimiento de los costes para traer GNL.

En el último gráfico se observa una estrecha relación entre el índice de producción industrial y las toneladas de GNL importadas en España. Durante los primeros años se aprecia una disminución de ambas variables, esto puede explicarse debido a que una reducción de la actividad industrial provoca una disminución del consumo energético en el sector industrial, traduciéndose en la menor necesidad de recursos energéticos incluido el GNL.

4.3.- EVALUACIÓN DEL CUMPLIMIENTO DE LA NORMATIVA EUROPEA SOBRE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA

En el contexto de la transición energética, es necesario analizar la efectividad de la aplicación de las normativas fijadas por los organismos gubernamentales, tanto de carácter europeo como nacional, los cuales han sido listados y explicados al inicio del trabajo.

Este apartado se focalizará en el *Fit for 55* como referencia principal ya que al ser establecido por la Unión Europea tiene un mayor peso que las regulaciones locales y además aúna todos los objetivos de las demás normativas, convirtiéndose en la más ambiciosa y restrictiva en cuanto a la reducción de emisiones y promoción del uso de energías limpias.

El *Fit for 55*, definido a mitades de 2021, es un paquete de propuestas de la UE cuyo objetivo es reducir en un 55% las emisiones de gases de efecto invernadero respecto a las alcanzadas en 1990 (41).

Al hablar de emisiones de GEI, se presentan como toneladas de CO₂ equivalentes. Esto se debe al gran peso del dióxido de carbono en estas emisiones, responsables de un 82% del total de gases de efecto invernadero emitidos a la atmósfera.

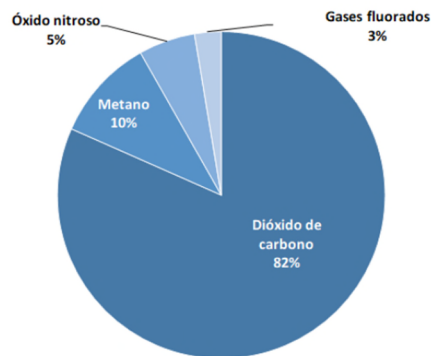


Figura 40. Desglose de GEI emitidos a la atmósfera. Fuente: Eurostat

4.3.1.- ANÁLISIS DE EMISIONES EN LA UNIÓN EUROPEA

A continuación, se muestra la evolución de las emisiones de la Unión Europea en millones de toneladas de dióxido de carbono equivalentes, desde 1990, año tomado como referencia del *Fit for 55*, hasta 2021.

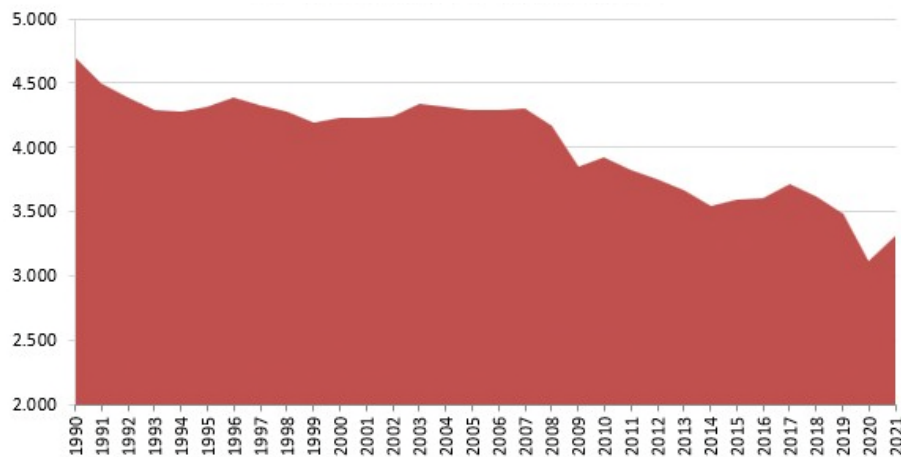


Figura 41. Evolución de emisiones de GEI en la Unión Europea en millones de toneladas de CO₂. Fuente: Eurostat

Desde 1990, las emisiones de GEI tienden a descender registrándose en 2021 una disminución de algo menos de un 30% respecto a 1990. En 2020 se observa un mínimo, debido a la reducción de la actividad industrial causada por la pandemia del COVID-19, sin embargo, ya se aprecia en el gráfico como en 2021 vuelve a aumentar y tanto en 2022 como 2023, años no presentes en el gráfico, también se percibe un aumento de emisiones.

Analizando el gráfico anterior, se observa como en un periodo de 31 años, la disminución de emisiones de gases de efecto invernadero en Europa ha sido del 30%, y esta ha tenido un mayor peso en 2008 y los años siguientes, cuando la transición energética tomó una mayor importancia. Siguiendo el principal objetivo del *Fit for 55*, se pretende alcanzar una reducción adicional en el periodo de 8 años que no aparece en el gráfico, desde 2022 a 2030.

La base de datos con la que se analiza este proyecto, abarca desde 2010 hasta 2022 por lo que se tendrá en cuenta la reducción de emisiones de GEI desde 1990 hasta 2010 para posteriormente plantear escenarios de evolución hasta el año 2030 con el porcentaje de reducción de emisiones restante respecto al 55% fijado por el *Fit for 55* a partir de 1990.

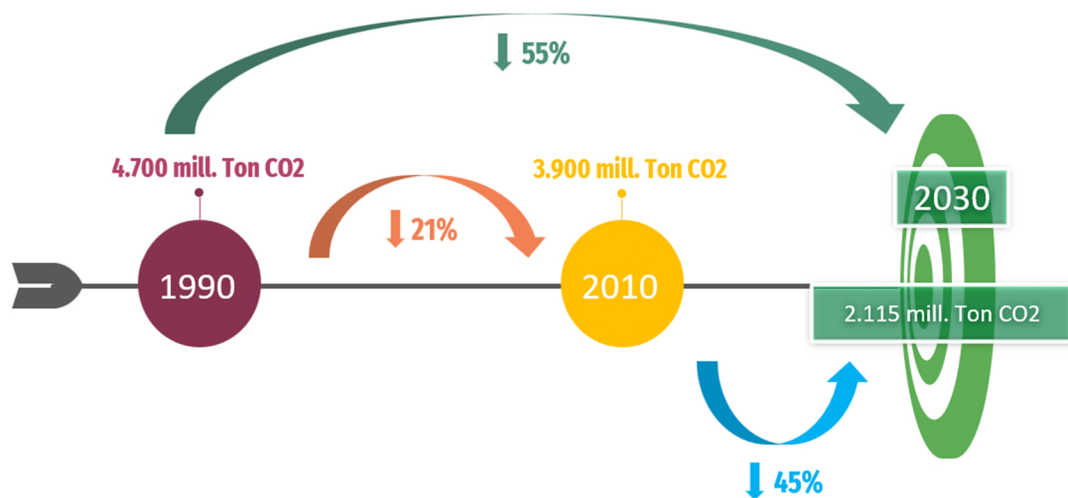


Figura 42. Objetivo de reducción de emisiones según Fit for 55 Unión Europea. Fuente: Elaboración propia

Para conseguir la reducción de emisiones del 55% en 2030 respecto a 1990, las emisiones en 2030 deben ser de 2.115 millones de toneladas de CO2:

$$4.700 - 4.700 * 0,55 = 2.115$$

Ecuación 1. Reducción del 55% en emisiones Unión Europea desde 1990 a 2030

Según los datos consultados, en 2010 las emisiones son de 3.900 millones de toneladas de CO2 por lo que la reducción desde 1990 es del 17%. Con el fin de alcanzar el objetivo de las 2.115 millones de toneladas en 2030, estas emisiones de 2010 deben reducirse un 45%.

Para alcanzar el objetivo de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, es imperativo abordar la disminución de emisiones en todos los sectores pertinentes. Con el propósito de profundizar en este análisis, se debe considerar la misma reducción del 45% en el sector asociado al gas natural licuado.

Con el fin de llevar a cabo las estimaciones de emisiones de los años pasados y de los distintos escenarios futuros, conviene calcular la emisión de GEI de una tonelada de gas natural.

El gas natural se mide en termias, una unidad de medida que hace referencia a la cantidad de energía proporcionada en lugar de la cantidad de gas natural utilizado, lo que se debe a la variabilidad de su poder calorífico.

Para realizar el cálculo de las emisiones de CO₂ por el gas natural se debe tener en cuenta que las emisiones de este combustible fósil son bajas en comparación con otros como el carbón. Por realizar una comparativa, el gas natural emite alrededor de 56kg de CO₂ por gigajulio mientras el carbón emite 98kg de CO₂ por GJ, lo que supone un 75% más (42).

Teniendo en cuenta este dato como emisiones promedio del gas natural en los distintos sectores, se calculan los kg de CO₂ correspondientes a una termia de gas natural.

$$\frac{56 \text{ kg CO}_2}{1 \text{ GJ gas natural}} * \frac{1 \text{ GJ gas natural}}{238.845 \text{ kcal}} * \frac{1.000 \text{ kcal}}{1 \text{ termia gas natural}} = \frac{0,23 \text{ kg CO}_2}{\text{termia gas natural}}$$

Ecuación 2. Emisiones de CO₂ por termia de gas natural

Para poder calcular las emisiones por toneladas, es necesario conocer el factor de conversión de termia a metro cúbico:

$$\frac{1.000 \text{ kcal}}{1 \text{ termia gas natural}} * \frac{1 \text{ m}^3 \text{ gas natural}}{9.300 \text{ kcal}} = \frac{0,1075 \text{ m}^3}{\text{termia}}$$

Ecuación 3. Metros cúbicos de gas natural por termia

Siendo este equivalente a 0.1068m³ por 1 termia de gas natural:

$$\frac{0,23 \text{ kgCO}_2}{\text{termia gas natural}} * \frac{\text{termia gas natural}}{0,1075 \text{ m}^3 \text{ gas natural}} = \frac{2,18 \text{ kgCO}_2}{\text{m}^3 \text{ gas natural}}$$

Ecuación 4. Emisiones de CO₂ por metro cúbico de gas natural

Por último, se calculará la equivalencia de las emisiones de CO₂ en una tonelada de gas natural para lo que se utiliza la densidad del gas natural, siendo esta de 0.8 kg/m³ en condiciones estándar de 0 °C y 1 atm:

$$\frac{2,18 \text{ kgCO}_2}{\text{m}^3 \text{ gas natural}} * \frac{\text{m}^3 \text{ gas natural}}{0,8 \text{ kg gas natural}} * \frac{1000 \text{ kg gas natural}}{1 \text{ ton gas natural}} = \frac{2.726 \text{ kgCO}_2}{1 \text{ ton gas natural}}$$

Ecuación 5. Emisiones de CO₂ por tonelada de gas natural

Una vez conocidas las emisiones de CO₂ de una tonelada de gas natural, es posible analizar las emisiones equivalentes a las toneladas de GNL importado en los últimos años y, a partir de ellas estudiar distintos escenarios para pronosticar la evolución de las emisiones en los próximos años.

Como se ha expuesto en la introducción, las importaciones que se analizan y de las cuales se calculan las emisiones de CO₂ consisten en aquellas que España realiza por vía marítima y no tiene en cuenta aquellas realizadas por gaseoducto. De la misma forma, España reexporta a la Unión Europea gran parte de las importaciones realizadas como ya ha sido explicado previamente.

Mediante estos análisis se podrá comprobar la viabilidad de alcanzar el principal objetivo del paquete *Fit for 55* explicado previamente y del que se ha extraído la necesidad de lograr una reducción del 45% de emisiones entre 2010 y 2030. Esto queda representado en la siguiente tabla:

Tabla 6. Objetivo de emisiones CO₂ Unión Europea en 2030 según Fit for 55. Fuente: Elaboración propia

Año	1990		2010		2030
Emisiones CO ₂ totales Unión Europea [mill. Ton]	4.700		↓ 55%		2.115
	4.700	↓ 21%	3.900	↓ 45%	2.115
Emisiones CO ₂ por importaciones GNL España [mill. Ton]			56,09	↓ 45%	30,85

A continuación, se tomarán los datos de las importaciones de GNL en España y se realizará una conversión a emisiones de CO₂ equivalentes.

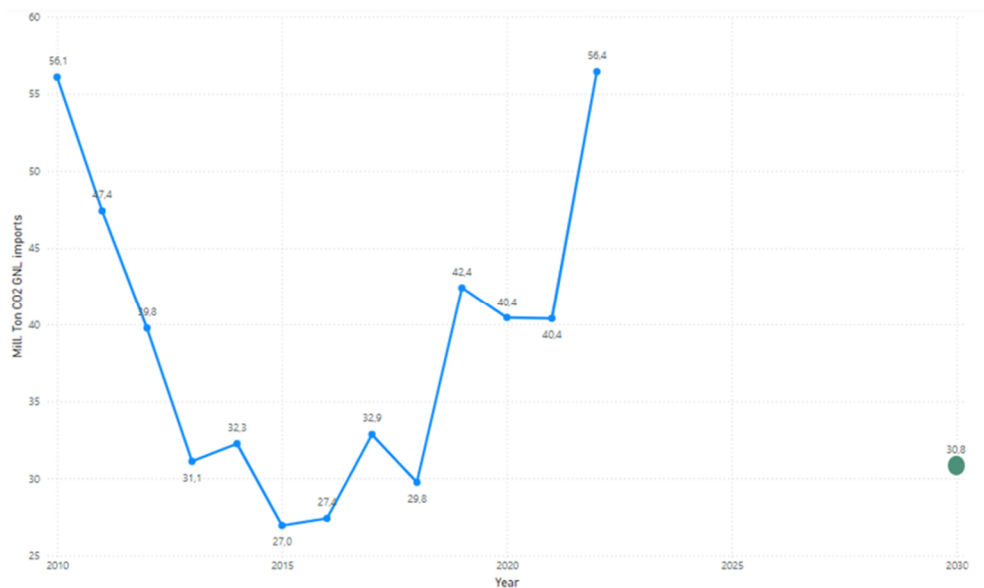


Figura 43. Evolución emisiones de CO₂ equivalentes a importaciones de GNL y objetivo 2030 Unión Europea. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

En el gráfico quedan representadas las emisiones de CO₂ equivalentes a las importaciones de GNL realizadas por España. De esta forma se observa que alcanzan un mínimo en 2015 y vuelven a ascender, llegando a situarse cerca de las 57 millones de toneladas de CO₂ en 2022. Por otra parte se representa el objetivo de 2030, que atendiendo a la reducción del 45% desde 2010 quedan en 30,8 millones de toneladas de CO₂.

Atendiendo a la información con la que se ha confeccionado la base de datos de este proyecto se realiza una comparación entre los datos de 2010 y los más recientes correspondientes a 2022.

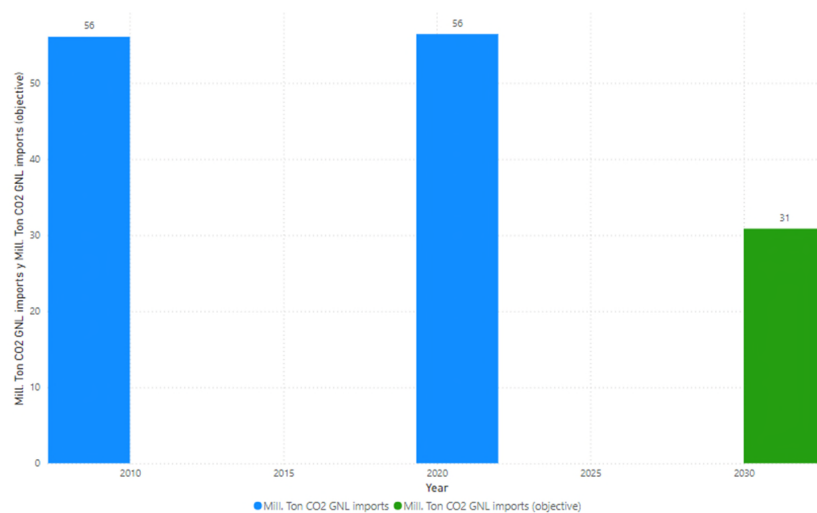


Figura 44. Situación 2010 y 2022 comparado con el objetivo de 2030 Unión Europea. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Las emisiones de CO₂ correspondientes a las importaciones de GNL son muy similares entre 2010 y 2022, siendo estas últimas ligeramente superiores. Por ello, aunque en la anterior figura de la evolución de emisiones de CO₂ se aprecia una disminución desde 2010 a 2015, después vuelven a aumentar, sufriendo un repunte en los años posteriores a la pandemia del COVID-19 haciendo que se registren los niveles más altos en 2022.

4.3.2.- ANÁLISIS DE EMISIONES EN ESPAÑA

Una vez analizadas las emisiones de la Unión Europea, se realiza un análisis de las emisiones focalizado en España, donde posteriormente se plantearán los posibles escenarios que expongan las distintas medidas a tomar con el fin de lograr el objetivo del paquete *Fit for 55* en el país atendiendo a sus importaciones marítimas de GNL.

El siguiente gráfico muestra la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España expresadas en kilotoneladas de dióxido de carbono equivalentes, desde 1990, año referencia del *Fit for 55*, hasta 2020.

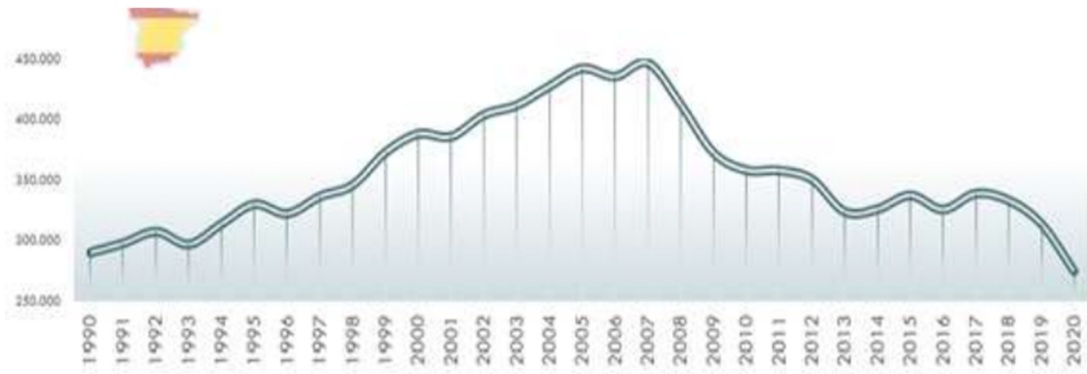


Figura 45. Evolución de emisiones de GEI en España en kt de CO2. Fuente: UNFCCC

De este gráfico se observa como las emisiones han aumentado logrando su máximo en 2008 y después experimentando un nuevo decrecimiento con el valor más bajo registrado en el año 2020.

Lo más relevante para el estudio que se está realizando es conocer la variación de emisiones entre 1990 y el último año registrado para comprobar cuál es la tendencia prevista para los próximos años hasta 2030, para poder plantear los escenarios con las medidas a tomar para lograr alcanzar ese último año la reducción del 55% de emisiones respecto a las de 1990.

En el gráfico se observa como las emisiones de 2020 son ligeramente menores que las de 1990, pero según el informe del OTLE (Observatorio del transporte y de la logística de España) la variación de emisiones en este periodo de 30 años es de tan sólo un -5,3% (43).

De esta forma siendo las emisiones de GEI en 1990 de 290 millones de toneladas de CO2 equivalentes, la reducción del 5,3% hace que las emisiones correspondientes al año 2020 sean de 274,63 millones de toneladas de CO2.

La base de datos con la que se analiza este proyecto, abarca desde 2010 hasta 2022 por lo que se tendrá en cuenta la reducción de emisiones de GEI desde 1990 hasta 2010 para posteriormente plantear escenarios de evolución hasta el año 2030 con el porcentaje de reducción de emisiones restante respecto al 55% fijado por el *Fit for 55* a partir de 1990.

Recuperando la figura utilizada previamente para explicar la evolución de estas emisiones y el objetivo de 2030, la situación con los datos de emisiones de España quedaría de la siguiente forma:

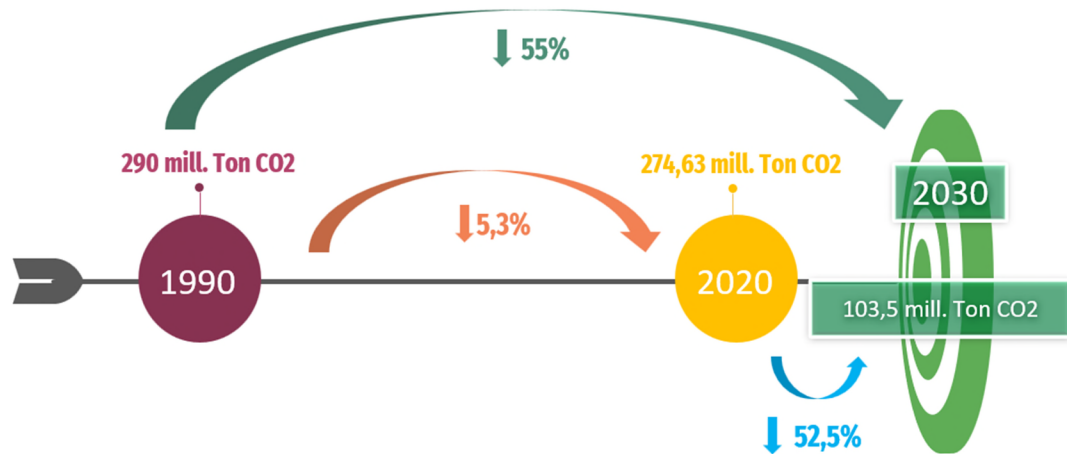


Figura 46. Objetivo de reducción de emisiones según Fit for 55 España. Fuente: Elaboración propia

La figura que mostraba las emisiones y los objetivos de reducción de las mismas en la Unión Europea, contaba con 2010 como año de referencia intermedio entre 1990 y 2030. En el caso de esta última figura que muestra el caso de España, el año de referencia del cual se han tomado datos de la evolución de emisiones respecto a 1990 es el año 2020. Por tanto, España cuenta con un periodo de años más largo para crear una idea de la tendencia de evolución de las emisiones desde 1990. Aun así, se aprecia como en el caso de la Unión Europea, desde 1990 a 2010 la disminución de toneladas de CO2 emitidas ha sido del 21% mientras que en España, en un plazo de 10 años más la disminución ha sido tan sólo del 5,3%.

Por tanto, esta figura muestra como desde 2020 a 2030, en España se debe lograr una disminución de las toneladas emitidas de CO2 del 52,5% para lograr reducir las emisiones de 1990 un 55% en el año 2030 como determina el plan *Fit for 55*.

Al igual que en el anterior caso del análisis de las emisiones de la Unión Europea, se aplicarán estos mismos porcentajes de reducción a los datos de importaciones de GNL por vía marítima que realiza España. Posteriormente en los escenarios se determinará un plan de acción en los próximos años que planteen la reducción progresiva de dichas importaciones para lograr el objetivo de 2030.

Previamente se calculó el CO2 emitido por tonelada de gas natural por lo que al ser aplicado a los datos de las importaciones por vía marítima se elabora la siguiente tabla:

Tabla 7. Objetivo de emisiones CO2 España en 2030 según Fit for 55. Fuente: Elaboración propia

Año	1990		2020		2030
Emisiones CO2 totales España [mill. Ton]	290	↓ 55%			130,5
	290	↓ 5,3%	274,63	↓ 52,5%	130,5
Emisiones CO2 por importaciones GNL España [mill. Ton]			40,45	↓ 52,5%	19,2

Mediante la base de datos de las importaciones de GNL de España, se obtiene su equivalente en CO2 emitido y se traza el siguiente gráfico que muestra la evolución a lo largo de los años y el objetivo en 2030.

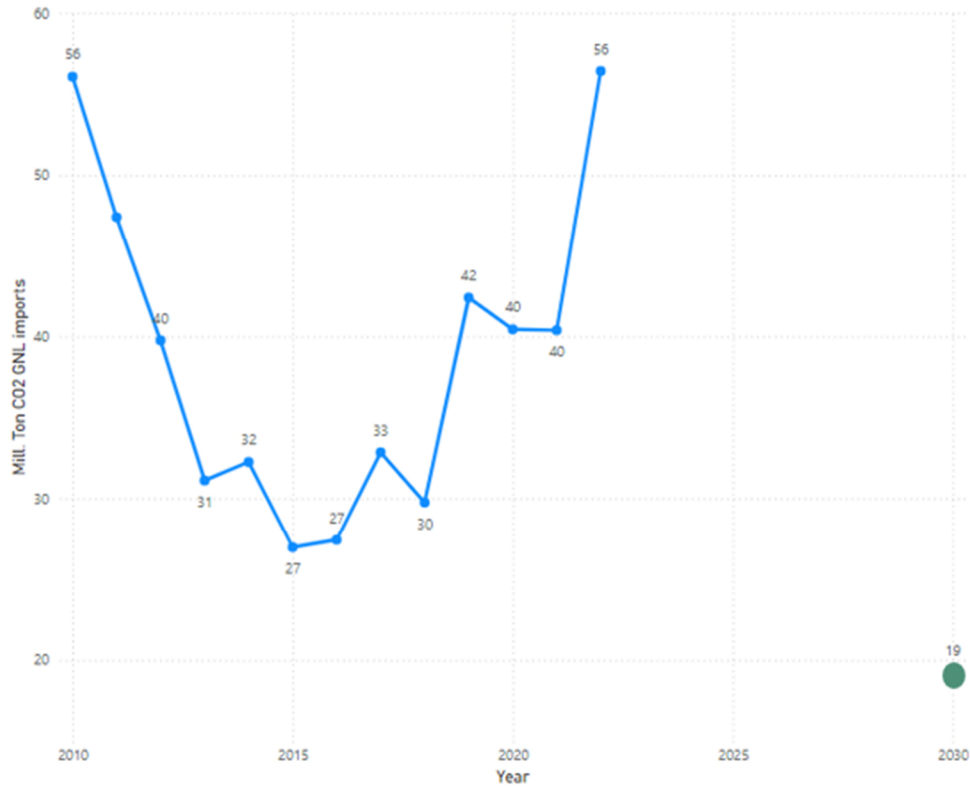


Figura 47. Evolución emisiones de CO2 equivalentes a importaciones de GNL y objetivo 2030 España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Respecto al mismo gráfico de la figura 28 que se muestra para la situación teniendo en cuenta las emisiones de la Unión Europea, se observa cómo queda plasmada la necesidad de una reducción mayor de las importaciones en este caso al existir una mayor diferencia entre las toneladas de CO2 equivalentes al GNL importado por vía marítima y aquellas fijadas como objetivo.

También se muestra en el gráfico de barras la tendencia desde 2020, año de referencia en este análisis y 2022, último año de la base de datos del proyecto, ambos comparándose con las 19 millones de toneladas de CO2 establecidas como meta de 2030.

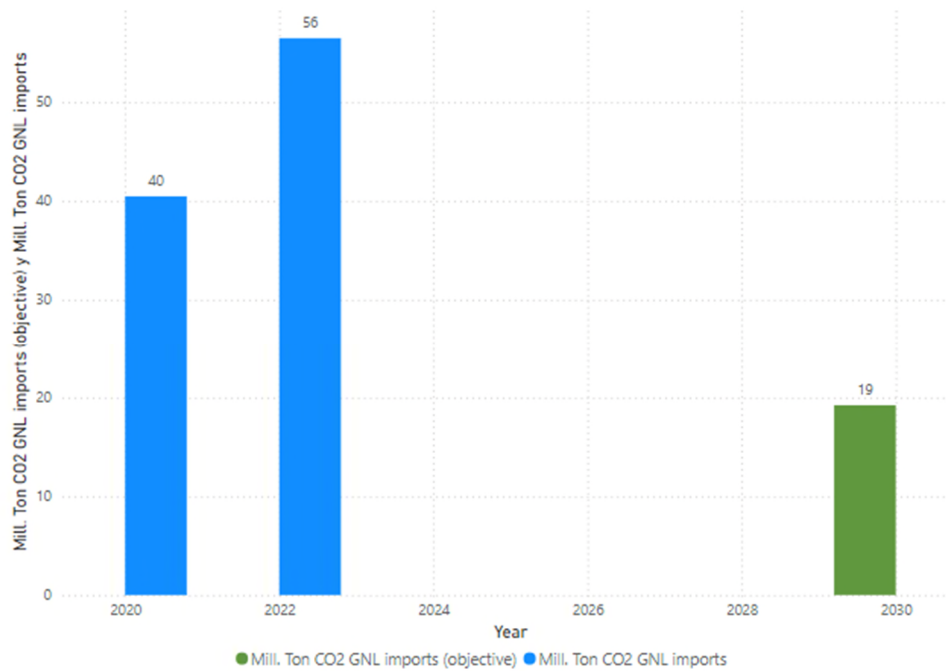


Figura 48. Situación 2020 y 2022 comparado con el objetivo de 2030 España. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Las emisiones de CO2 correspondientes a las importaciones por vía marítima de GNL son superiores en 2022 respecto a las de 2020. Aquí se observa la dificultad de alcanzar el objetivo establecido ya que debería ir percibiéndose una reducción progresiva de las importaciones en lugar de un aumento como en este caso. También cabe destacar que como se ha explicado previamente, la Guerra de Ucrania desencadenó un crecimiento de las importaciones debido a la incertidumbre de las consecuencias y de la dependencia de la Unión Europea del gas ruso.

Para lograr alcanzar el objetivo de la reducción del 55% de las emisiones de 1990 establecido por el paquete de medidas *Fit for 55*, como se ha explicado previamente, aplicando esta reducción al sector del GNL, se deben obtener unas emisiones equivalentes de CO2 de 19 millones respecto a las toneladas de GNL importadas.

Por ello, teniendo en cuenta las emisiones de 56 millones de toneladas de CO2 del año 2022, se debe conseguir una reducción de 37 millones de toneladas (52,5%) en el periodo de 8 años comprendido entre 2022 y 2030.

Para plantear el escenario principal en el que se presente como posible la consecución del objetivo, se utiliza la fórmula de valor presente de una tasa de crecimiento o disminución compuesta:

$$Pf = Pi * (1 + r)^n$$

Ecuación 6. Fórmula de valor presente de una disminución compuesta

En esta fórmula, Pf es el valor futuro, es decir, las 19,2 millones de toneladas de CO2 emitidas que se pretenden alcanzar en 2030. Pi hace referencia a las correspondientes al año 2022 desde el que parte este análisis y estas son 56,09 millones. La tasa de

crecimiento anual es la r , que en este caso concreto al ser una disminución tendrá un valor negativo. Por último n representa el número de años que será igual a 8.

$$r = \sqrt[8]{\frac{Pf}{Pi}} - 1 = -0,125 = -12,5\%$$

Ecuación 7. Obtención de la tasa de disminución

Esta sería la tasa de reducción anual que haría posible la reducción establecida por el paquete *Fit for 55* para el año 2030. Es por ello que este caso será el escenario ideal a seguir y también el más ambicioso por la alta tasa de reducción anual que requiere para ser conseguido.

El segundo escenario que se plantea establecerá una tasa de reducción anual realista que ya haya sido lograda en el periodo de estudio entre 2010 y 2022, escogiéndose la más cercana a la fecha de hoy. La última disminución anual de importaciones tiene lugar entre los años 2019 y 2020 pero teniendo en cuenta las circunstancias referentes al COVID-19 en esos dos años se decide escoger la anterior, siendo esta entre 2017 y 2018, años de crecimiento económico en el país, donde las importaciones de GNL por vía marítima se ven reducidas un 9,4%.

Por último se tendrá en cuenta un tercer escenario menos favorable que fija la tasa de reducción anual en un 5,3% lo que es equivalente a la disminución de emisiones registrada en España entre 1990 y 2020, es decir, en un periodo de 30 años a falta de 10 años para lograr el objetivo de disminución del 55% en 2030.

De esta forma, se presentan los tres escenarios en un marco de 8 años que abarca desde 2022, último año del que se tienen los datos en el proyecto, hasta 2030, año objetivo:

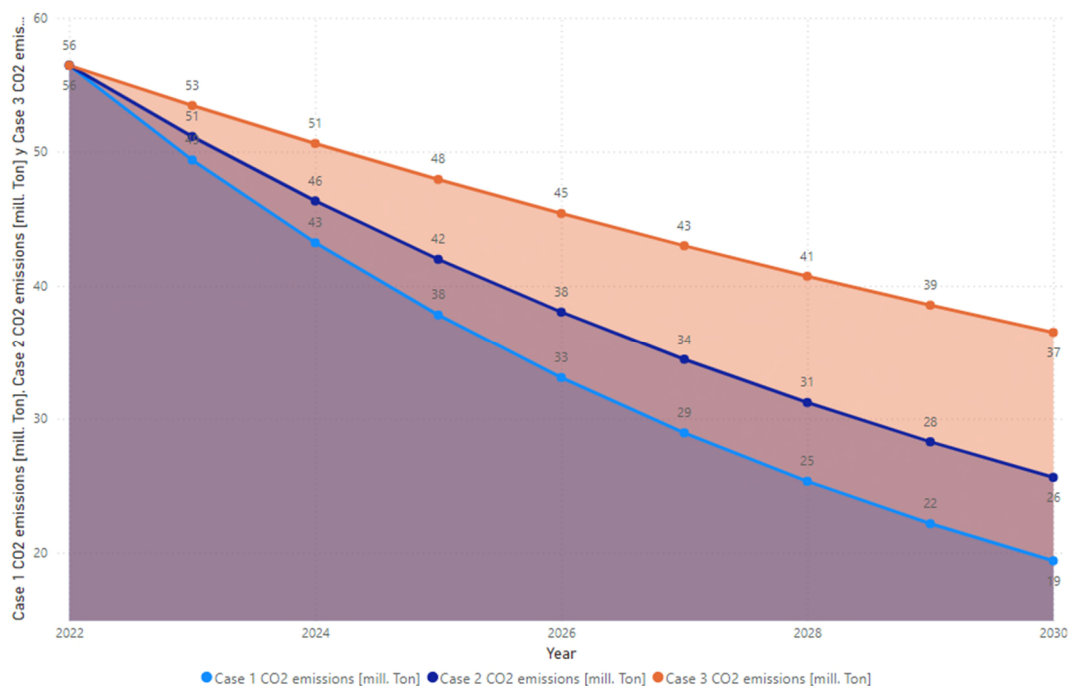


Figura 49. Evolución de los distintos escenarios desde 2022 a 2030. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Como puede observarse en la figura, el caso 2 y caso 3 quedan muy lejos del objetivo del año 2030, con unas emisiones un 37% superiores el caso 2 y un 95% el caso 3 respecto al caso 1, escenario ideal con la tasa de reducción calculada mediante la fórmula del valor presente.

A continuación se presenta como sería la evolución de estos dos casos hasta conseguir lograr alcanzar las emisiones equivalentes a 19 millones de toneladas de CO₂, lo que supondría una reducción del 55% de las emisiones de CO₂ de 1990 en España.

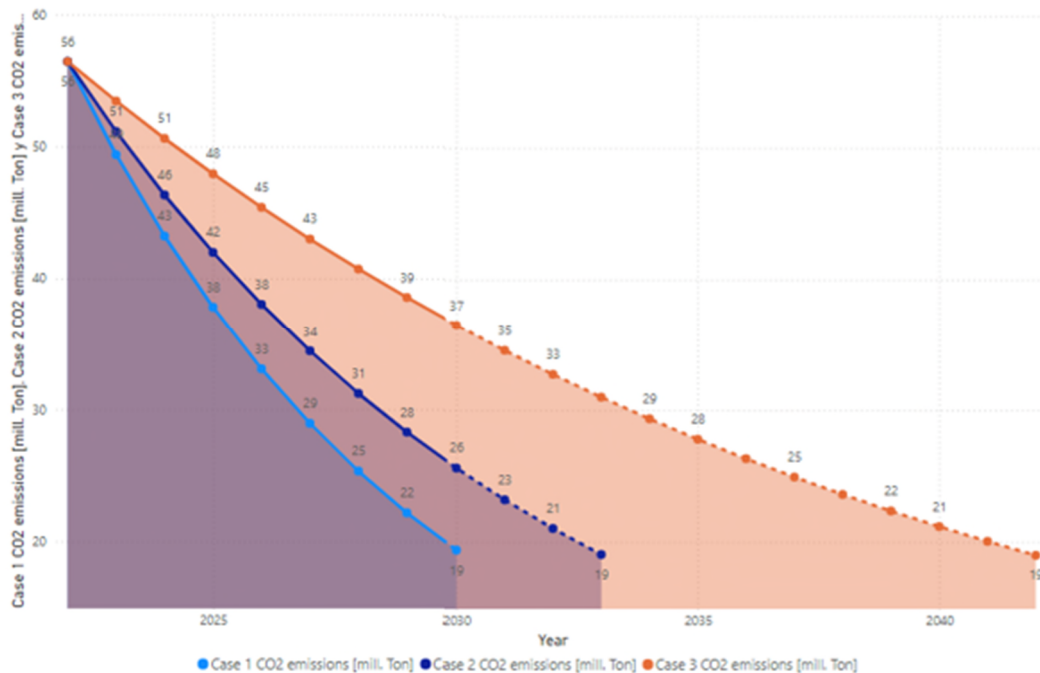


Figura 50. Evolución de los escenarios hasta alcanzar el objetivo de emisiones. Fuente: Elaboración propia a partir de datos de PdE

Mediante este último gráfico se observa como el escenario 2 alcanzaría el objetivo en 2033, 3 años después de 2030, el año establecido como límite y el escenario 3 que cuenta con una tasa de reducción anual mucho menor alcanzaría el objetivo de las 19 millones de toneladas de emisiones de CO₂ en el año 2042, 12 años después.

A la vista de estos resultados se concluye que el escenario 2, siendo menos ambicioso que el escenario 1 que representa el caso ideal, no queda lejos del objetivo, extendiéndose tan sólo 3 años de la fecha límite en la consecución de la meta del *Fit for 55*.

5.- CONCLUSIONES

Se ha cumplido el principal objetivo del proyecto tras analizar la gestión portuaria del gas natural licuado con el fin de determinar si los volúmenes importados están alineados con las políticas de sostenibilidad energética.

A su vez, contemplando los objetivos secundarios, se ha evaluado la efectividad de las directrices establecidas por los organismos gubernamentales para alcanzar las metas y avanzar hacia la transición energética. De estas políticas, se ha inspeccionado el paquete *Fit for 55* y se ha evaluado la posibilidad de alcanzar su objetivo.

Por último, se remarcan los desafíos asociados al cumplimiento de dichas medidas en los horizontes de tiempo establecidos determinando si las directrices implementadas son suficientes para lograr sus propósitos.

En la primera parte del estudio, referente al análisis de datos acerca de las importaciones y exportaciones de gas natural licuado por vía marítima se resalta la supremacía del carácter importador de España frente al exportador.

Los principales socios para el país relativos a dichas importaciones son Estados Unidos (desde 2019), Nigeria y Rusia, mientras que en cuanto al papel reexportador de España, son países como Italia, Países Bajos o Alemania aquellos a los que suministra principalmente al igual que más países de la Unión Europea.

Atendiendo a las recepciones de GNL en el país, la fachada mediterránea cuenta con aproximadamente la mitad de las importaciones realizadas lo que se debe a la gran capacidad regasificadora de la planta de Barcelona. Al puerto de Barcelona le sigue de cerca en volúmenes de GNL importados el de Huelva y el de Bilbao debido a la recepción de GNL procedente de Estados Unidos por el Océano Atlántico.

En el análisis económico, se aprecia como oscilan los volúmenes de las importaciones según la variación de las distintas variables económicas sometidas a estudio que se ven afectadas por diferentes circunstancias como crisis económicas, conflictos bélicos o la pandemia del COVID-19.

Por último, en el análisis correspondiente a la viabilidad de las políticas de transición energética, se aprecia como la trayectoria de la evolución de las emisiones de gases de efecto invernadero en España desde 1990 hasta 2022 no revela grandes avances derivados de las políticas medioambientales instauradas en el país durante estos años.

Los datos de emisiones previamente recopilados correspondientes con los volúmenes de GNL importados por vía marítima en España en este marco de tiempo, no se ajustan al cumplimiento de los objetivos establecidos por el plan *Fit for 55* de la Unión Europea. Aunque la concienciación de la sociedad y los gobiernos acerca de la necesidad de ser más ecológicos, reducir la contaminación y transitar hacia energías sostenibles es cada vez mayor, los datos muestran tan sólo una reducción del 5,3% en las emisiones de GEI entre 1990 y 2022.

Con el fin de alcanzar la meta que fija una reducción del 55% de las emisiones de gases de efecto invernadero desde 1990 hasta el año 2030, se requiere lograr un decremento del

52,5% en las emisiones entre 2020 y 2030. La tasa de reducción anual que haría posible dicha reducción es del 12,5%, un objetivo altamente ambicioso teniendo en cuenta que la última reducción anual registrada en la evolución de importaciones marítimas de GNL en España en el marco de tiempo estudiado (1990-2022) ha sido del 9,4% entre 2017 y 2018.

Los tres escenarios de reducción de emisiones planteados arrojan las siguientes conclusiones:

- Escenario ideal: una tasa de reducción anual del 12,5% permitiría alcanzar la reducción del 55% de emisiones respecto a 1990, alcanzando las 19 millones de toneladas de CO₂ en 2030 y logrando cumplir el objetivo del paquete *Fit for 55*.
- Escenario realista: haciendo uso de la última tasa anual de reducción en el periodo de tiempo estudiado, correspondiente al 9,4% entre 2017 y 2018, el objetivo se alcanzaría en 2033, tres años después de la fecha límite fijada.
- Escenario conservador: con una tasa de reducción anual del 5,3%, equivalente a la disminución de emisiones desde 1990 a 2020, el objetivo del plan *Fit for 55* se lograría en 2042, 12 años después de la fecha límite.

Los resultados obtenidos tras el análisis indican que, aunque aun es posible el escenario ideal, su consecución requiere unos esfuerzos considerables y la adecuación de las medidas establecidas para implementar unas políticas aún más estrictas. El escenario realista, supera ligeramente la fecha límite establecida, es alcanzable con un esfuerzo sostenido y coordinado. Es importante focalizar los esfuerzos en este escenario ya que el más conservador retrasa la fecha límite 12 años.

Es importante recalcar que los datos muestran como las medidas y políticas medioambientales establecidas en España, no logran que la trayectoria de emisiones de GEI siga el camino correspondiente para lograr los objetivos fijados por la Unión Europea. Tan sólo será posible alcanzar estas metas mediante un compromiso firme tanto de las sociedades como de los órganos gubernamentales que endurezcan y cumplan las directrices de sostenibilidad para contribuir positivamente a los esfuerzos globales de mitigación de los efectos del cambio climático.

Por último, cabe destacar que el estudio realizado y las conclusiones extraídas se corresponden tan sólo con las importaciones de GNL por **vía marítima**, por lo que para dibujar una conclusión del aporte que el gas natural licuado tiene a las emisiones de CO₂ globales deberían estudiarse otros factores:

Sería necesario conocer las importaciones de GNL por gaseoducto y a dónde se destina dicho recurso, pudiendo ser por ejemplo calefacciones, transporte o sector industrial ya que los rendimientos de cada uno de estos destinos varían.

Con todos estos otros datos referentes al GNL sería posible en un futuro completar este estudio, determinando el impacto total que este recurso energético tiene en las emisiones de gases de efecto invernadero con el fin de evaluar la medida en la que sería necesario limitar sus importaciones para alcanzar los objetivos de las políticas sostenibles estipuladas.

6.- BIBLIOGRAFÍA

1. Fit for 55 - The EU's plan for a green transition [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/en/policies/green-deal/fit-for-55/>
2. El mercado del gas en España, en gráficos [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.epdata.es/datos/mercado-gas-espana-graficos/614>
3. Estadísticas y balances energéticos [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/ca/energia/estrategia-normativa/balances.html>
4. Objetivos y metas de desarrollo sostenible - Desarrollo Sostenible [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>
5. Inyección y distribución de gas renovable en la red de Nedgia [Internet]. Nedgia. 2020 [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.nedgia.es/noticias/inyeccion-y-distribucion-de-gas-renovable-en-la-red-de-nedgia/>
6. Technological innovation to achieve sustainable development—Renewable energy technologies diffusion in developing countries - Tabrizian - 2019 - Sustainable Development - Wiley Online Library [Internet]. [citado 27 de junio de 2024]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/sd.1918>
7. «Objetivo 55» [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.hablamosdeeuropa.es/es/Paginas/Noticias/%C2%ABObjetivo-55%C2%BB.aspx>
8. España reduce un 5,3% en 2023 las emisiones de gases que calientan el planeta [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/sociedad/20231212/9444073/espana-reduce-5-3-2023-emisiones-gases-calientan-planeta-agenciaslv20231212.html>
9. ASALE R, RAE. «Diccionario de la lengua española» - Edición del Tricentenario. [citado 26 de junio de 2024]. puerto | Diccionario de la lengua española. Disponible en: <https://dle.rae.es/puerto>
10. BOE-A-1992-26146 Ley 27/1992, de 24 de noviembre, de Puertos del Estado y de la Marina Mercante. [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1992-26146>
11. La respuesta de la agencia marítima de la ONU en el Mar Rojo [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://unric.org/es/la-respuesta-de-la-agencia-maritima-de-la-onu-en-la-crisis-del-mar-rojo/>
12. International Conference on Maritime Transport Challenges, Governance and Innovation in Ports | UNCTAD [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible

- en: <https://unctad.org/meeting/international-conference-maritime-transport-challenges-governance-and-innovation-ports>
13. Pettit SJ, Beresford AKC. Port development: from gateways to logistics hubs. *Marit Policy Manag.* 1 de junio de 2009;36(3):253-67.
 14. GetAgency. Modelos de gestión portuaria [Internet]. APR. 2022 [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.apr.es/modelos-de-gestion-portuaria/>
 15. BOE-A-2022-17512 Orden TMA/1014/2022, de 7 de octubre, por la que se aprueba el Marco Estratégico del sistema portuario de interés general. [Internet]. [citado 27 de junio de 2024]. Disponible en: https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-17512
 16. Nosotros | puertos.es [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.puertos.es/es-es/nosotrospuertos>
 17. Organigrama – Autoridad Portuaria de Almería [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://apalmeria.com/la-autoridad/organigrama/>
 18. Public-private partnerships in Spanish Ports: Current status and future prospects - ScienceDirect [Internet]. [citado 27 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0957178714000836>
 19. León J de C y. Los combustibles [Internet]. Junta de Castilla y León; [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://energia.jcyl.es/web/es/biblioteca/combustibles.html>
 20. Production of liquid biofuels from renewable resources - ScienceDirect [Internet]. [citado 27 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360128510000353>
 21. Roussak OV, Gesser HD. Crude Oil. En: Roussak OV, Gesser HD, editores. *Applied Chemistry: A Textbook for Engineers and Technologists* [Internet]. Boston, MA: Springer US; 2013 [citado 27 de junio de 2024]. p. 41-55. Disponible en: https://doi.org/10.1007/978-1-4614-4262-2_3
 22. Schweinfurth SP. Coal--a Complex Natural Resource: An Overview of Factors Affecting Coal Quality and Use in the United States. U.S. Department of the Interior, U.S. Geological Survey; 2003. 56 p.
 23. Smil V. *Natural Gas: Fuel for the 21st Century*. John Wiley & Sons; 2015. 263 p.
 24. Producción global de gas natural | Estadísticas mundiales sobre gas natural | Enerdata [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://datos.enerdata.net/gas-natural/produccion-gas-natural-mundial.html>
 25. El comercio mundial de gas natural licuado creció un 4,5% en 2021 - El Periódico de la Energía [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://elperiodicodelaenergia.com/el-comercio-mundial-de-gas-natural-licuado-crecio-un-45-en-2021/>

26. Leonardi MP i. euroefe.euractiv.es. 2022 [citado 26 de junio de 2024]. El Puerto de Barcelona ve estratégica su planta regasificadora y será solidario con Europa. Disponible en: <https://euroefe.euractiv.es/section/energia/news/el-puerto-de-barcelona-ve-estrategica-su-planta-regasificadora-y-sera-solidario-con-europa/>
27. Ministerio de Asuntos Exteriores. Protocolo de Acuerdo entre España y Argelia para resolver las diferencias sobre el gas entre SONATRACH y ENAGAS, hecho en Argel el 23 de febrero de 1985 [Internet]. Sec. 1, Acuerdo Internacional may 21, 1985 p. 14579-80. Disponible en: [https://www.boe.es/eli/es/ai/1985/02/23/\(1\)](https://www.boe.es/eli/es/ai/1985/02/23/(1))
28. Home - Gas Infrastructure Europe Gas Infrastructure Europe [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.gie.eu/>
29. masbe. Las importaciones de la UE de GNL ruso aumentaron un 40% hasta julio respecto de antes de la guerra. [Internet]. Viroque Energy. 2023 [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://viroqueenergy.com/las-importaciones-de-la-ue-de-gnl-ruso-aumentaron-un-40-hasta-julio-respecto-de-antes-de-la-guerra/>
30. Bahía Bizkaia Gas se consolida como la regasificadora que más gas natural licuado recibe de todo el país - Bazkideen Berriak - CLUSTER [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.clusterenergia.com/bazkideen-berriak-2/bahia-bizkaia-gas-se-consolida-como-regasificadora-que-mas-gas-natural-licuado-recibe-todo-pais-2>
31. Frontiers | Sustainable Energy Transition for Renewable and Low Carbon Grid Electricity Generation and Supply [Internet]. [citado 27 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.frontiersin.org/journals/energy-research/articles/10.3389/fenrg.2021.743114/full>
32. Andres RJ, Boden TA, Bréon FM, Ciais P, Davis S, Erickson D, et al. A synthesis of carbon dioxide emissions from fossil-fuel combustion. Biogeosciences. 25 de mayo de 2012;9(5):1845-71.
33. Natural gas: A transition fuel for sustainable energy system transformation? - Safari - 2019 - Energy Science & Engineering - Wiley Online Library [Internet]. [citado 27 de junio de 2024]. Disponible en: <https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ese3.380>
34. Planes nacionales de energía y clima [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.consilium.europa.eu/es/infographics/national-energy-and-climate-plans/>
35. The European Green Deal - European Commission [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
36. REPowerEU [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_en

37. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/ca/prensa/pniec.html>
38. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Transición Justa. Disponible en: <https://www.miteco.gob.es/es/ministerio/planes-estrategias/transicion-justa.html>
39. El fracking: qué es, origen, ventajas y desventajas | Endesa [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/climatizacion/que-es-el-fraking>
40. 2018, un año favorable para la economía española - Santander Asset Management España [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.santanderassetmanagement.es/2018-ano-favorable-la-economia-espanola/>
41. Las emisiones de efecto invernadero en la UE descendieron un 30 % entre 1990 y 2021 | RETEMA [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://www.retema.es/actualidad/las-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-en-la-ue-han-disminuido-un-30-entre-1990-y>
42. Emisiones de CO2 procedentes de la electricidad de gas natural [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: <https://am.pictet/es/peru/mega/comparativa-de-emisiones-de-co2-entre-gas-natural-y-carbon>
43. Descarbonización del transporte (julio 2023) | OTLE [Internet]. [citado 26 de junio de 2024]. Disponible en: https://otle.transportes.gob.es/monografico/descarbonizacion_transporte_julio_2023/indice