



Universidad Europea de Madrid

TRABAJO FIN DE MASTER

Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética de las Organizaciones

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

Alumno: Cristina María Dovale Santamaria

Tutor: José Fernando Pérez Serrano

Madrid, 2026



Universidad europea de Madrid

TRABAJO FIN DE MASTER

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

Máster Universitario en Gestión Ambiental y Energética de las Organizaciones

Alumno: Cristina María Dovale Santamaria

TUTOR: José Fernando Pérez Serrano

Madrid, 2026

ÍNDICE

1	RESUMEN / ABSTRACT	7
2	INTRODUCCIÓN.....	9
3	OBJETIVOS	11
3.1	Objetivos específicos	11
4	ANTECEDENTES	13
5	METODOLOGÍA.....	15
6	RESULTADOS	17
6.1	Objetivos de la transición energética y climática europea.....	17
6.1.1	Contexto general de la política climática y energética europea.....	17
6.1.2	Objetivos energéticos de la unión europea y su evolución.....	18
6.2	Describir y analizar el funcionamiento del sistema de garantías de origen gestionado por ENAGAS GTS como instrumento de política pública.....	21
6.2.1	Definición y función de las garantías de origen.....	21
6.2.2	Marco normativo europeo de las garantías de origen	22
6.2.3	Funcionamiento del sistema de garantías de origen	23
6.2.3.1	Ciclo de vida de una garantía de origen.....	23
6.2.3.2	Actores, registros y dinámica de mercado en el sistema de garantías de origen	25
6.2.3.3	La dinámica de mercado derivada de la transferibilidad del atributo renovable.....	26
6.2.4	Sistema español de garantías de origen de gas renovable gestionado por ENAGAS GTS. 27	
6.2.4.1	Base jurídica y designación institucional.....	27
6.2.4.2	Configuración operativa.....	28
6.2.4.3	Particularidades del sistema gasista en relación con el modelo eléctrico.....	28
6.2.4.4	Dimensión económica y evolución del sistema español de garantías de origen de gas 29	
6.2.4.5	Volumen de emisión y escala del mercado.....	30
6.2.4.6	Relación emisión - cancelación y utilización efectiva	30
6.2.4.7	Transferencias e integración en el mercado europeo	30
6.2.4.8	Intensidad de la señal económica.....	31
6.2.5	Contabilidad, trazabilidad y riesgos de doble cómputo	31
6.2.6	Síntesis del funcionamiento y transición al análisis crítico	32
6.3	Análisis crítico del sistema de garantías de origen	33
6.3.1	Marco analítico de evaluación	34
6.3.2	Adicionalidad: certificación de producción existente más que incentivo para nueva oferta 35	
6.3.3	Integridad ambiental: brecha entre certificación contable y descarbonización real....	35

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

6.3.4	Eficacia económica: señales de mercado débiles y beneficios asimétricos	36
6.3.5	Evaluación global: certificar sin transformar.....	37
7	CONCLUSIONES.....	39
8	FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	41
9	BIBLIOGRAFÍA.....	43
10	ANEXOS	47

1 RESUMEN / ABSTRACT

Resumen

La transición energética europea se apoya en instrumentos de mercado orientados a promover el uso de energías renovables y reducir las emisiones. Entre ellos, las garantías de origen permiten certificar el carácter renovable del consumo energético. Sin embargo, su creciente utilización por parte de empresas que se presentan como sostenibles plantea dudas sobre su contribución real a la descarbonización.

Este trabajo analiza si el sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS contribuye efectivamente a la transición energética o si facilita declaraciones ambientales sin cambios reales y visibles en el sistema energético. Para ello, se realiza una revisión bibliográfica, de investigaciones y análisis de datos disponibles sobre la política energética europea y el funcionamiento de las garantías de origen.

Los resultados indican que, aunque el sistema cumple su función de certificación y trazabilidad, no genera incentivos suficientes para impulsar nueva producción renovable ni garantiza reducciones reales de emisiones. En consecuencia, las garantías de origen constituyen un instrumento útil para la transparencia informativa, pero limitado como mecanismo de transformación energética.

Abstract

The European energy transition relies on market-based instruments aimed at promoting renewable energy use and reducing emissions. Among them, guarantees of origin certify the renewable nature of energy consumption. However, their growing use by companies that present themselves as environmentally responsible raises questions about their actual contribution to decarbonization.

This study analyzes whether the system of guarantees of origin for renewable gas managed by ENAGAS GTS effectively contributes to the energy transition or instead facilitates environmental claims without real and visible changes in the energy system. To this end, a review of the academic literature, relevant studies, and available data on European energy policy and the functioning of guarantees of origin is conducted.

The findings suggest that, although the system fulfills its certification and traceability function, it does not generate sufficient incentives to promote new renewable production nor does it guarantee real emission reductions. Consequently, guarantees of origin schemes can be considered useful for informational transparency but limited as instruments for achieving structural transformation of the energy system.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

2 INTRODUCCIÓN

La elección del tema de este trabajo surge de una inquietud personal y profesional relacionada con la efectividad real de los instrumentos utilizados para abordar el cambio climático. En el ejercicio de una auditoría realizada en diciembre de 2025 a una empresa del sector de la construcción vinculada a la industria de oil and gas, se observó que la organización se declaraba carbono-neutra pese a que sus procesos productivos distaban evidentemente de ser sostenibles. La principal justificación de dicha neutralidad consistía en la adquisición de bonos o certificados ambientales, lo que puso de manifiesto la posible existencia de una brecha entre las declaraciones ambientales y los cambios reales en las prácticas empresariales. Esta experiencia despertó el interés por analizar hasta qué punto determinados mecanismos de mercado permiten acreditar comportamientos sostenibles sin generar necesariamente transformaciones materiales en los sistemas productivos.

En este contexto, el trabajo se centra en el sistema de garantías de origen del gas renovable, un instrumento destinado a certificar el carácter renovable del consumo energético dentro del marco de la transición energética europea. La elección de este caso responde tanto a la relevancia creciente del gas renovable en sectores difíciles de electrificar como al papel que estos certificados están adquiriendo en las estrategias de sostenibilidad de empresas e instituciones.

Las garantías de origen han sido ampliamente analizadas en la política energética europea como instrumentos destinados a certificar el origen renovable de la energía y mejorar la transparencia del mercado. La literatura disponible incluye normativa, documentos institucionales y estudios académicos centrados principalmente en su funcionamiento y evolución regulatoria. Sin embargo, la mayor parte de estas investigaciones se ha desarrollado en el ámbito de la electricidad, donde el sistema cuenta con mayor trayectoria. En comparación, el análisis aplicado al gas renovable es más reciente y presenta un menor desarrollo académico, por lo que la información disponible se basa en gran medida en documentación técnica y fuentes oficiales.

Aunque las garantías de origen suelen considerarse herramientas útiles para acreditar el consumo de energía renovable, diversos estudios han señalado limitaciones en su capacidad para generar incentivos efectivos o reducciones reales de emisiones. Así mismo, se ha advertido el riesgo de que estos mecanismos puedan utilizarse con fines reputacionales, permitiendo declaraciones ambientales que no implican necesariamente cambios sustanciales en los procesos productivos.

En el caso español, el sistema de garantías de origen del gas renovable se encuentra bien documentado desde el punto de vista técnico y normativo, pero existen todavía pocas evaluaciones sobre su impacto real en la transición energética. En este contexto, el presente trabajo se orienta a ofrecer un análisis crítico de dicho sistema, evaluando hasta qué punto su

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

utilización se traduce en transformaciones efectivas o si responde principalmente a una lógica declarativa.

El análisis se basa exclusivamente en información pública disponible, incluyendo normativa europea y nacional, literatura académica y documentación técnica accesible a través de fuentes oficiales. En particular, se ha utilizado de forma intensiva la información publicada en el portal del gestor del sistema gasista español, que proporciona datos detallados sobre el funcionamiento del mecanismo. No se ha contado con contacto directo con la entidad gestora, por lo que el estudio se limita a la información oficialmente disponible.

En conjunto, el trabajo se plantea como un análisis crítico de un instrumento de política pública a partir de fuentes documentales, con el objetivo de evaluar la coherencia entre su diseño formal y sus efectos reales, así como los posibles riesgos asociados a su utilización como mecanismo de acreditación ambiental.

3 OBJETIVOS

Analizar el diseño y funcionamiento del sistema de garantías de origen gestionado por ENAGAS GTS como instrumento de política pública, evaluando su alienación con los objetivos declarados de la transición energética y los incentivos que genera para los agentes del mercado.

3.1 Objetivos específicos

1. Analizar los objetivos de la transición energética y climática europea.
2. Describir y analizar el funcionamiento del sistema de garantías de origen gestionado por ENAGAS GTS como instrumento de política pública orientado a la consecución de los objetivos de la transición energética europea.
3. Analizar críticamente si el sistema de garantías de origen permite a) asegurar la procedencia renovable del combustible y b) está diseñado para generar los incentivos de mercado necesarios para conseguir los objetivos de política energética y climática europea.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

4 ANTECEDENTES

Los antecedentes del tema se presentan en la introducción del trabajo, donde se revisa brevemente la literatura existente sobre garantías de origen y su evolución en la política energética europea.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

5 METODOLOGÍA

El desarrollo del presente trabajo se inició a partir de una inquietud derivada de la experiencia profesional de la autora, que permitió delimitar el tema y formular la pregunta de investigación. A partir de esta base, se realizó una búsqueda sistemática de información académica y técnica sobre el sistema de garantías de origen y la política energética europea.

La revisión bibliográfica se llevó a cabo mediante herramientas de búsqueda académica y de síntesis de literatura científica, como Consensus y Elicit, complementadas con la consulta de normativa europea y nacional, informes institucionales y documentos sectoriales, en español y en inglés. Las fuentes seleccionadas se organizaron progresivamente según su relevancia para los distintos capítulos del trabajo.

Posteriormente, se analizó de manera específica el sistema español de garantías de origen del gas renovable mediante el estudio de la documentación técnica, normativa y operativa disponible en el portal web oficial del gestor del sistema gasista. Esta información permitió comprender el funcionamiento del mecanismo, su estructura institucional y su aplicación práctica.

El proceso de investigación se desarrolló de forma progresiva, combinando la recopilación de información con la elaboración del contenido. El enfoque crítico, presente desde el inicio del trabajo, se fue consolidando a medida que se profundizaba en el análisis del sistema y su contexto regulatorio.

La investigación se centró exclusivamente en el caso español y se desarrolló utilizando únicamente fuentes públicas y accesibles, lo que permite que el estudio pueda ser replicado por otros investigadores siguiendo las mismas etapas de búsqueda y análisis documental.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

6 RESULTADOS

6.1 Objetivos de la transición energética y climática europea

6.1.1 Contexto general de la política climática y energética europea

La transición climática se ha consolidado como uno de los ejes prioritarios de la política pública de la Unión Europea, en respuesta a la creciente evidencia científica sobre el cambio climático y a la necesidad de transformar los sistemas productivos intensivos en carbono. En este contexto, el sector energético adquiere un papel central, ya que representa una de las principales fuentes de emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea, especialmente a través del suministro de energía y el transporte nacional (European Environment Agency (EEA), 2022). Por ello, el sector energético se ha convertido en un ámbito prioritario de actuación pública dentro de un marco normativo que ha ido evolucionando con el tiempo, cuyos objetivos cuantitativos y principios orientadores se analizan a continuación.

En la práctica, este marco se ha organizado a lo largo de las últimas décadas en torno a tres ejes principales, estableciendo objetivos progresivamente más ambiciosos y vinculantes:

1. Incrementar la participación de las energías renovables.
2. Mejorar la eficiencia y el ahorro energético y,
3. Reducir las emisiones de gases de efecto invernadero

Estos objetivos no solo responden a un compromiso ambiental, sino también a una lógica económica basada en el uso de instrumentos de mercado para influir en el comportamiento de los agentes del sector energético. (Unión Europea, 2019, 2021). Este énfasis en instrumentos de mercado introduce, sin embargo, un desafío central para la política energética europea: determinar en qué medida dichos mecanismos son capaces de traducir objetivos ambiciosos en transformaciones efectivas del sistema energético. En conjunto, estos tres ejes permiten entender en qué consiste la transición energética europea y sirven además como referencia para evaluar si las políticas públicas generan cambios reales en el sistema energético.

En términos de gobernanza, la transición energética de la Unión Europea no puede entenderse solo como un proceso técnico orientado a cumplir objetivos numéricos, sino como una transformación política y socioeconómica que enfrenta tensiones de implementación. (Hafner & Raimondi, 2020) enfatiza que la política energética constituye una competencia compartida entre las instituciones europeas y los estados miembros, esto significa que el avance hacia los objetivos comunes depende de la situación de cada país y progresa a distintos ritmos según sus fuentes de energía y sus condiciones económicas y sociales.

Si bien la Unión Europea ha desarrollado un marco normativo y estratégico ambicioso en materia de transición energética y climática, su efectividad depende en gran medida de cómo se diseñan y aplican los instrumentos utilizados para su implementación. En este contexto, cada

vez se utilizan más a mecanismos como certificaciones y mercados voluntarios para cumplir objetivos climáticos, aunque no está claro si realmente generan cambios en los sistemas energéticos. Esto resulta especialmente relevante en el caso de instrumentos que se basan principalmente en certificados y señales económicas, más que en cambios directos en el suministro de energía o en las decisiones de inversión.

6.1.2 Objetivos energéticos de la unión europea y su evolución

A partir de lo anterior, la transición energética y climática de la Unión Europea se basa en una combinación de objetivos cuantitativos vinculantes y principios estratégicos que orientan su actuación, establecidos en el marco del Pacto Verde Europeo y desarrollados posteriormente a través de la Ley Europea del Clima y el paquete normativo Fit for 55 (C. E. Unión Europea, 2019; U. E. Unión Europea, 2021)

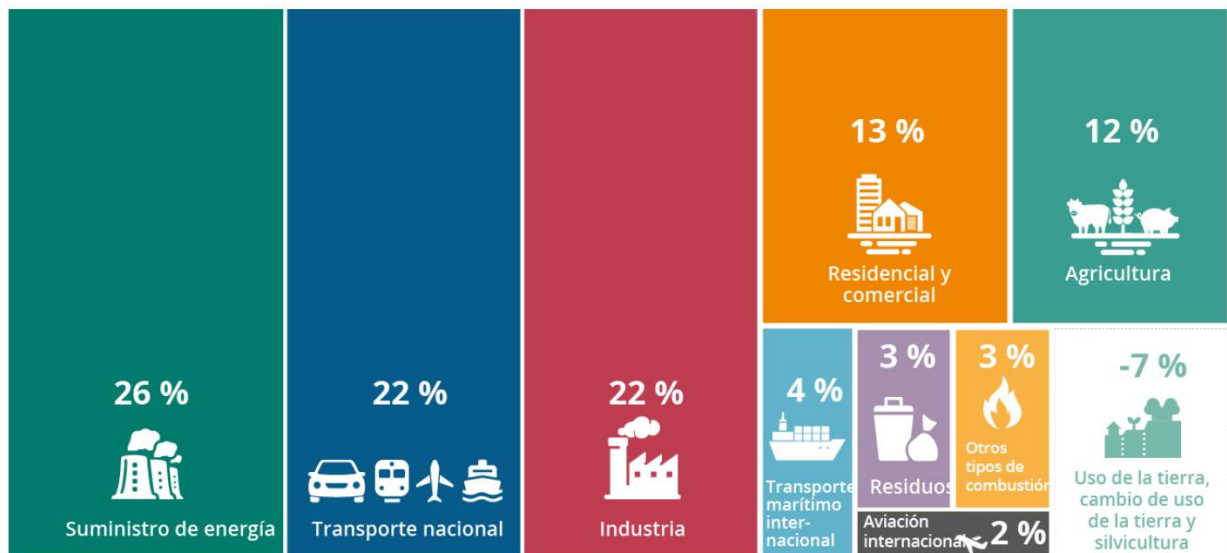


Figura 1: Distribución sectorial de las emisiones de gases de efecto invernadero.
Nota. Tomado de *European Environment Agency (EEA)*, 2023.

En términos de objetivos, la Unión Europea ha fijado como meta de largo plazo la neutralidad climática para el año 2050, entendida como la consecución de emisiones netas nulas de gases de efecto invernadero (Unión Europea, 2021). De manera complementaria, se han establecido objetivos intermedios para 2030, entre los que destacan:

- Reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de al menos un 55 % respecto a los niveles de 1990.
- Incremento de la participación de las energías renovables hasta un mínimo del 42,5 % del consumo energético final bruto, con una aspiración indicativa del 45 %.

- Mejora de la eficiencia energética, materializada en una reducción del consumo energético final del 11,7 % respecto a las proyecciones para 2030 (Unión Europea, 2023a, 2023b).

Junto a estos objetivos cuantitativos, la política energética europea se basa en una serie de principios estratégicos adicionales que orientan el diseño y la implementación de los instrumentos de política pública.

1. Principio de seguridad y asequibilidad del suministro energético: persigue reducir la dependencia de importaciones energéticas y establece que la transición energética no debe comprometer ni la continuidad del suministro ni el acceso económico a la energía por parte de hogares e industrias (Unión Europea, 2019).
2. Principio de integración del mercado energético europeo: promueve la libre circulación de la energía, la formación de precios en mercados competitivos, la competencia entre agentes y el desarrollo de interconexiones físicas y normativas entre los estados miembros (Unión Europea, 2019, 2021).
3. Principio de fomento de las energías renovables y la eficiencia energética: busca simultáneamente incrementar la cuota de generación renovable y reducir la demanda energética mediante mejoras en la eficiencia y en los patrones de consumo (Unión Europea, 2023a, 2023b).

Estos principios no solo orientan la formulación de objetivos, sino que también, sirven para evaluar si los instrumentos de política energética contribuyen realmente a transformar el sistema energético o si simplemente facilitan el cumplimiento formal de las metas.

Desde el punto de vista de las políticas públicas, la transición energética europea no depende solo de fijar objetivos climáticos ambiciosos, sino también de contar con instrumentos adecuados para alcanzarlos. En este sentido, (Tagliapietra et al., 2019) identifican una serie de prioridades clave para la política energética de la Unión Europea en el corto y mediano plazo, entre las que destacan:

- La aceleración de la descarbonización del sistema eléctrico,
- La electrificación de la demanda final,
- La reforma del diseño del mercado energético y,
- La provisión de señales de precio e incentivos adecuados para movilizar inversión privada.

Los autores enfatizan en que la eficacia de la transición energética depende en gran medida de la coherencia entre los objetivos climáticos y la capacidad efectiva de los instrumentos de mercado empleados para inducir cambios reales en las decisiones de inversión y consumo de los agentes del sistema energético.

Sin embargo, la transición energética europea ha sido ampliamente estudiada, especialmente en relación con la evolución de las políticas y el grado de cumplimiento de los objetivos de

descarbonización y de impulso a las energías renovables. En este contexto, (Márquez-Sobrino et al. 2023) realizan una revisión de veinte años de política energética en la Unión Europea, identificando los principales objetivos establecidos, su nivel de cumplimiento y las limitaciones del enfoque adoptado.

Aunque muchos países alcanzaron los objetivos de eficiencia energética y ahorro, la disminución del consumo total de energía no se consolidó a largo plazo, ya que estuvo influenciada en gran medida por factores externos como la pandemia de COVID-19 y crisis económicas, lo que pudo haber generado una percepción sobreestimada de los logros. Así mismo, la dependencia energética externa no disminuyó significativamente, lo que indica que el aumento de la producción de energía renovable no se traduce automáticamente en independencia energética (Márquez-Sobrino et al., 2023) .

La literatura reciente ha comenzado a analizar no solo la formulación de los objetivos climáticos y energéticos de la Unión Europea, sino también su efectividad real en términos de reducción de emisiones. En relación con esto, (Nagaj et al., 2024) realizan un análisis econométrico para los 27 Estados miembros de la Unión Europea en el período 1990–2022, evaluando el impacto de tres ejes centrales de la política de descarbonización europea:

1. La mejora de la eficiencia energética,
2. El aumento de la participación de las energías renovables y,
3. La reducción del consumo de combustibles fósiles.

Los resultados muestran que las mejoras en eficiencia energética y el aumento de la participación de energías renovables tienen un impacto estadísticamente significativo y generalizado en la reducción de emisiones. En cambio, la disminución directa del consumo de combustibles fósiles presenta un efecto menos consistente, ya que en muchos casos se produce como consecuencia indirecta del crecimiento de las energías renovables. Este hallazgo respalda la importancia de distinguir entre los objetivos declarados y los impactos reales al evaluar instrumentos concretos de política energética.

Así mismo, se evidencia que no todos los instrumentos vinculados a los objetivos climáticos tienen el mismo potencial transformador. Por ello, resulta necesario evaluar las políticas públicas no solo en función de sus metas declaradas, sino también de su capacidad para generar cambios reales en el sistema energético. Esta diferencia es especialmente relevante al analizar instrumentos de mercado y mecanismos de certificación, como las garantías de origen, cuya eficacia no depende únicamente del cumplimiento formal de la normativa, sino de su verdadera alineación con los objetivos de descarbonización y de su capacidad para producir efectos adicionales.

En un contexto en el que los objetivos climáticos europeos requieren reducciones sostenidas y significativas de emisiones, su cumplimiento no puede depender de factores coyunturales que

reduzcan temporalmente la actividad económica o el consumo energético. Por el contrario, exige instrumentos capaces de modificar de forma duradera las decisiones de inversión y los patrones de consumo. En este sentido, los mecanismos de mercado deben diseñarse y evaluarse según su capacidad para generar señales económicas sólidas y coherentes con las metas climáticas, promoviendo tanto el desarrollo de energías bajas en carbono como reducciones reales y persistentes del consumo intensivo en emisiones.

Por ello, el análisis de los instrumentos de política pública en la transición energética europea debe considerar al menos tres aspectos:

1. Coherencia con los objetivos climáticos
2. Capacidad para generar incentivos efectivos
3. Contribución real a la reducción de emisiones

Estos criterios servirán como referencia para el análisis posterior de mecanismos específicos de política energética. No se presentan como conclusiones previas, sino como marcos analíticos necesarios para evaluar instrumentos concretos.

6.2 Describir y analizar el funcionamiento del sistema de garantías de origen gestionado por ENAGAS GTS como instrumento de política pública

6.2.1 Definición y función de las garantías de origen

De acuerdo con la normativa europea y la literatura especializada, una garantía de origen es un certificado electrónico que acredita que una cantidad determinada de energía ha sido producida a partir de fuentes renovables (Gkarakis & Dagoumas, 2016a; Hamburger, 2019a). Su función principal no es regular los flujos físicos de energía, sino proporcionar información verificable a los consumidores finales sobre su origen renovable, en un contexto en el que la trazabilidad física individualizada de la electricidad a través de la red no es técnicamente posible debido a la naturaleza interconectada y no direccionable del sistema eléctrico.

En este sentido, las garantías de origen permiten diferenciar entre dos aspectos del suministro energético que, en la práctica, no pueden separarse físicamente: por un lado, la energía eléctrica como flujo físico que circula por la red y, por otro, la información relativa a las características de su producción, en particular su origen renovable. Como la electricidad producida por distintas fuentes se mezcla en la red y no puede separarse físicamente, el sistema de garantías de origen permite identificar su origen mediante certificados. Esta separación conceptual permite que los atributos de origen renovable sean certificados, transferidos y asignados a determinados consumos finales, facilitando así la comercialización de productos eléctricos diferenciados y el cumplimiento de las obligaciones de información establecidas en la normativa europea sobre energy disclosure (Gkarakis & Dagoumas, 2016a; Kelava et al., 2023a). Esta separación, si bien es funcional desde el punto de vista informativo, introduce una separación entre lo que se declara consumir y lo que realmente circula por el sistema energético, cuya relevancia será central para la evaluación crítica del instrumento.

Junto a esta función informativa, el diseño del sistema de garantías de origen incorpora una dimensión económica al permitir que los certificados sean transferidos y comercializados entre distintos agentes del mercado. Tal como señalan (Delardas & Giannos, 2022; Hamburger, 2019a) este carácter transferible convierte a las garantías de origen en un instrumento de mercado de naturaleza voluntaria, cuyo objetivo teórico es generar incentivos económicos favorables a la producción de energía renovable, en la medida en que dichas señales sean suficientemente intensas y estén adecuadamente alineadas con las decisiones de inversión.

Si bien el desarrollo y la aplicación de las garantías de origen se han centrado históricamente en el sector eléctrico, esta lógica de certificación se ha ido extendiendo progresivamente a otros vectores energéticos, como el hidrógeno renovable, en el marco de la evolución de la política energética europea. Desde esta perspectiva, las garantías de origen se conciben como un mecanismo complementario a otros instrumentos regulatorios y de apoyo, cuya función económica y alcance real dependerán del marco normativo en el que se inserten.

6.2.2 Marco normativo europeo de las garantías de origen

El sistema de garantías de origen forma parte del marco jurídico de la política energética y climática de la Unión Europea, especialmente de la normativa destinada a impulsar las energías renovables y a aumentar la transparencia para el consumidor final en mercados energéticos liberalizados. En términos generales, las garantías de origen se conciben como certificados transferibles cuyo objetivo principal es informar a los consumidores sobre el origen de la electricidad suministrada, acreditando los atributos asociados a su producción (Gkarakis & Dagoumas, 2016a; Hamburger, 2019a). En esta lógica, las garantías de origen funcionan como un instrumento que combina información al consumidor con un componente de mercado, al permitir la circulación del atributo “renovable” mediante certificados comerciables (Hamburger, 2019a; Jansen, 2017).

La evolución normativa europea muestra un proceso progresivo de estandarización del instrumento. Desde un enfoque inicial más centrado en la promoción de renovables y la obligación de informar al consumidor, el marco europeo consolidó las garantías de origen como un certificado electrónico con unidad estandarizada y con un conjunto mínimo de atributos que permiten identificar el origen y características básicas de la energía certificada (Hamburger, 2019b; Kelava et al., 2023b). Este proceso de armonización responde a la necesidad de dotar al sistema de una base común que permita la comparabilidad entre países y su operatividad en un mercado interno de la energía cada vez más interconectado (Gkarakis & Dagoumas, 2016b; Jansen, 2017).

En cuanto a las obligaciones para los estados miembros, la normativa europea exige la existencia de sistemas nacionales que permitan emitir, gestionar y cancelar garantías de origen bajo condiciones de integridad y control. Ello implica, entre otros aspectos, la designación de entidades competentes, la existencia de registros que permitan el seguimiento de los

certificados y la implementación de medidas para evitar usos múltiples del mismo atributo ambiental (Gkarakis & Dagoumas, 2016b; Jansen, 2017). Así mismo, el marco europeo establece que las garantías de origen contengan información mínima armonizada, relativa a la fuente energética, el período de producción y la identificación de la instalación, entre otros; como base para garantizar trazabilidad y credibilidad del sistema (Hamburger, 2019b; Kelava et al., 2023b). No obstante, el cumplimiento de estos requisitos formales no implica necesariamente que el sistema genere incentivos económicos efectivos o impactos adicionales en términos de descarbonización, cuestión que queda fuera del alcance estrictamente normativo y remite al análisis del funcionamiento real del instrumento.

Un componente central del diseño normativo de las garantías de origen es el reconocimiento mutuo entre estados miembros. La lógica del mercado interno es que, si una garantía de origen se emite conforme a los requisitos europeos, los demás estados deben reconocerla, facilitando así el uso transfronterizo de certificados y la formación de un mercado europeo de atributos renovables (Hamburger, 2019b; Jansen, 2017). Sin embargo, su aplicación práctica depende del grado de homogeneidad y control efectivo en la implementación nacional (Gkarakis & Dagoumas, 2016b; Groza, 2022). En este sentido, la ausencia de una homogeneidad plena en la implementación nacional podría llevar a que las garantías de origen, aun siendo formalmente reconocidas, funcionen de manera desigual en la práctica, introduciendo potenciales elementos de fragmentación, asimetría y cuestionamientos sobre su credibilidad.

En conjunto, estos elementos normativos no solo definen el “¿para qué?” de las garantías de origen, sino que también establecen las bases para su funcionamiento operativo, que se describirá a continuación en el apartado 2.3, con el objetivo de analizar no solo como opera el sistema en la práctica, sino también qué tipo de incentivos y resultados genera. (Gkarakis & Dagoumas, 2016b; Hamburger, 2019b).

6.2.3 Funcionamiento del sistema de garantías de origen

A partir del marco normativo descrito, este apartado explica de forma ordenada el funcionamiento del instrumento:

1. El ciclo de vida del certificado
2. Los actores y registros que permiten su gestión
3. La dinámica de mercado derivada de la transferibilidad del atributo renovable

Esta secuencia permite conectar la descripción operativa del sistema con los criterios de adicionalidad e integridad ambiental, que se utilizarán como marco de evaluación crítica del instrumento.

6.2.3.1 Ciclo de vida de una garantía de origen

El funcionamiento del sistema de garantías de origen se organiza en torno a un ciclo de vida definido que permite vincular la producción de energía renovable con su certificación, transferencia y utilización para acreditar consumos finales. Este ciclo comienza con la emisión

de la garantía de origen, que tiene lugar una vez que una instalación de generación renovable acredita la producción de una cantidad determinada de energía, generalmente equivalente a un megavatio/hora. La emisión se apoya en información de medida y verificación disponible en los sistemas de registro y control aplicables en cada estado miembro. En consecuencia, el certificado no se genera únicamente por declaración del productor, sino en el marco de un procedimiento administrado por la entidad competente designada a nivel nacional. La competencia para emitir las garantías de origen recae en entidades designadas por los estados miembros, normalmente autoridades públicas u organismos con mandato regulatorio, responsables de garantizar la correspondencia entre la producción real de energía renovable y los certificados emitidos (Gkarakis & Dagoumas, 2016c; Kelava et al., 2023c).

Una vez emitida, la garantía de origen se inscribe en un registro electrónico oficial, gestionado por el organismo emisor, en el que cada certificado queda asociado a un identificador único. Este registro no constituye un documento individual, sino una plataforma digital que permite el seguimiento de la garantía de origen a lo largo de todo su ciclo de vida, incluyendo su titularidad, transferencias y eventual cancelación. La función principal del registro es asegurar la trazabilidad y unicidad de cada certificado, de modo que los atributos ambientales asociados a un megavatio/hora de energía renovable no puedan ser utilizados simultáneamente por más de un agente. A partir de su inscripción, la garantía de origen puede ser transferida entre distintos participantes del sistema, con independencia del suministro físico de electricidad, lo que habilita la existencia de un mercado específico de garantías de origen separado del mercado eléctrico propiamente dicho (Hamburger, 2023; Hulshof et al., 2019a).

El ciclo de vida de la garantía de origen concluye con su cancelación, que se produce cuando un agente decide utilizar el certificado para acreditar el origen renovable de un consumo energético determinado. La cancelación implica que la garantía queda definitivamente retirada del registro, por lo que ya no puede transferirse ni volver a utilizarse. Aunque una misma garantía de origen puede ser transferida varias veces a lo largo de su existencia, solo puede ser cancelada una única vez, siendo este acto el que habilita la realización de declaraciones o compromisos vinculados al consumo de energía renovable. Así mismo, las garantías de origen están sujetas a límites temporales de validez, lo que obliga a su cancelación dentro de un plazo determinado tras su emisión y refuerza la correspondencia temporal entre la producción certificada y su utilización para fines de acreditación (Hamburger, 2019c; Kelava et al., 2023c).

En conjunto, este ciclo de vida (emisión, registro, transferencia y cancelación) constituye la base operativa del sistema de garantías de origen y permite materializar los objetivos de trazabilidad y transparencia definidos en el marco normativo europeo. No obstante, esta arquitectura operativa describe las condiciones formales de funcionamiento del sistema, sin prejuzgar aún su capacidad para generar incentivos económicos efectivos o impactos adicionales en términos de descarbonización.

La operativa descrita solo adquiere sentido práctico a través de la interacción entre los distintos actores que participan en el sistema, cuya configuración institucional se analiza a continuación.

6.2.3.2 Actores, registros y dinámica de mercado en el sistema de garantías de origen

El funcionamiento del sistema de garantías de origen se basa en una estructura institucional y operativa en la que intervienen distintos actores, cada uno con funciones diferenciadas en el proceso de emisión, gestión, transferencia y cancelación de los certificados. La correcta articulación entre estos actores resulta fundamental para garantizar la trazabilidad, la fiabilidad del sistema y el cumplimiento de los objetivos definidos en el marco normativo europeo.

En primer lugar, participan los productores de energía renovable, que constituyen el origen material de las garantías de origen. Estos agentes solicitan la emisión de los certificados una vez acreditada la producción de energía renovable, sin que ello implique necesariamente que mantengan la titularidad de las garantías de origen a lo largo de todo su ciclo de vida. En muchos casos, las garantías de origen se transfieren de forma separada del suministro físico de energía, lo que permite a los productores obtener ingresos adicionales derivados de la comercialización de los atributos ambientales asociados a su producción (Hamburger, 2023; Hulshof et al., 2019a).

Junto a los productores, intervienen comercializadoras, intermediarios y agentes de mercado, que actúan como compradores, vendedores o gestores de garantías de origen en función de sus estrategias comerciales o de las necesidades de sus clientes. En este contexto, las garantías de origen pueden ser adquiridas por agentes que no participan directamente en la generación de energía renovable, pero que buscan acreditar el origen renovable del consumo que suministran o representan (Kelava et al., 2023c).

Un tercer grupo relevante lo constituyen los consumidores finales, especialmente aquellos que realizan declaraciones voluntarias de consumo de energía renovable. En estos casos, el consumidor, directamente o a través de su comercializadora, es quien decide la cancelación de la garantía de origen, acto que permite otorgar el atributo ambiental certificado a un consumo determinado y es el paso clave que permite realizar este tipo de declaraciones (Hamburger, 2019c). Este uso de las garantías de origen adquiere especial relevancia en el contexto de los sistemas de reporte de emisiones, donde la cancelación del certificado opera como base para la contabilización del consumo renovable. No obstante, el hecho de que la cancelación dependa de una decisión voluntaria del consumidor abre la posibilidad de que, en ausencia de dicha decisión, la garantía de origen pueda ser objeto de nuevas transacciones, situación que invita a reflexionar sobre el grado de alineación entre la lógica de mercado del instrumento y los objetivos de coherencia en la contabilización del consumo renovable a nivel nacional.

La gestión de todo este entramado de actores se articula a través de registros electrónicos nacionales, administrados por los organismos designados por cada estado miembro. Estos registros funcionan como plataformas oficiales en las que se inscriben las garantías de origen desde su emisión hasta su cancelación, permitiendo el seguimiento de la titularidad y las

transferencias de cada certificado. A nivel europeo, los registros nacionales se encuentran interconectados mediante sistemas de reconocimiento mutuo, lo que posibilita la transferencia transfronteriza de garantías de origen y refuerza la integración del mercado interior de la energía (Gkarakis & Dagoumas, 2016c).

En este contexto institucional, el organismo gestor del sistema en cada estado miembro desempeña un papel central como garante del funcionamiento operativo del sistema, asegurando la correcta aplicación de las reglas de emisión, registro y cancelación de las garantías de origen. No obstante, su función se circunscribe al marco normativo vigente, lo que implica que los incentivos y resultados generados por el sistema dependen en gran medida del diseño del propio instrumento y de la interacción entre los distintos actores que participan en él, aspectos que condicionan el tipo de incentivos económicos y resultados ambientales que el sistema puede generar.

6.2.3.3 La dinámica de mercado derivada de la transferibilidad del atributo renovable

La posibilidad de intercambiar el atributo renovable de forma independiente al suministro físico de energía da lugar a un mercado específico con una lógica económica distinta de la del mercado energético mayorista. En este contexto, el objeto de intercambio no es la energía en sí misma, sino el derecho a atribuir un determinado consumo a una fuente renovable, lo que transforma el atributo ambiental en un bien transable autónomo (Hamburger, 2023; Hulshof et al., 2019a).

Esta configuración implica que la formación de precios de las garantías de origen no depende directamente de los costes de producción de electricidad o gas renovable, sino a la interacción entre la oferta disponible de certificados y la demanda de acreditación ambiental. En consecuencia, el valor económico del certificado refleja principalmente la disposición a pagar por la diferenciación ambiental del consumo, frecuentemente asociada a obligaciones de reporte o compromisos voluntarios, y no necesariamente la necesidad de financiar nueva capacidad renovable (Paris et al., 2024; Wimmers & Madlener, 2020).

Los estudios basados en datos reales y observación, señalan que esta estructura tiende a generar situaciones de sobreoferta estructural, derivadas de la amplia disponibilidad de certificados procedentes de instalaciones ya existentes y de la ausencia de criterios estrictos de adicionalidad en su emisión (Holzapfel, Bánk, et al., 2024; Hulshof et al., 2019b). Cuando la oferta supera de forma persistente la demanda, los precios se mantienen en niveles reducidos, lo que limita la intensidad de la señal económica transmitida por el instrumento.

En términos económicos, ello configura un mercado en el que el atributo ambiental opera principalmente como un mecanismo de asignación y redistribución de valor entre agentes, más que como un instrumento capaz de alterar de forma sostenida las decisiones de inversión en el sistema energético. La señal generada por el precio del certificado puede influir en la estrategia

comercial o reputacional de determinados actores, pero no necesariamente modifica las condiciones estructurales de rentabilidad que determinan la inversión en nueva capacidad renovable.

Esta dinámica no invalida la función informativa del instrumento ni su capacidad para facilitar la diferenciación contractual del suministro energético. Sin embargo, sí introduce una distinción relevante entre la circulación del atributo renovable y la transformación material del sistema energético. En la medida en que el precio del certificado se determina fundamentalmente por la demanda de acreditación y no por la escasez relativa de nueva capacidad renovable, la contribución del mercado de garantías de origen a la expansión adicional de energías bajas en carbono puede resultar limitada.

En consecuencia, el análisis de la dinámica de mercado asociada a la transferibilidad del atributo renovable plantea una cuestión central para la evaluación del instrumento: ¿hasta qué punto el intercambio de certificados genera incentivos económicos capaces de modificar decisiones de inversión y consumo, o si opera predominantemente como un mecanismo de valorización contractual de atributos ambientales ya existentes?, Esta cuestión será retomada en el análisis crítico posterior.

6.2.4 Sistema español de garantías de origen de gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

Una vez expuesto el marco normativo europeo y el funcionamiento general del instrumento, el análisis se centra en el caso español del sistema de garantías de origen para gases renovables, gestionado por ENAGAS GTS como entidad designada. Este apartado busca examinar cómo el diseño europeo del instrumento se materializa en el ámbito gasista nacional y en qué medida su configuración institucional y operativa se alinea con los objetivos de la transición energética, especialmente en relación con la descarbonización del consumo de gas.

Más allá de una descripción netamente procedimental, el estudio del caso español permite valorar el alcance real del instrumento como mecanismo de certificación transferible en un sector históricamente dependiente de combustibles fósiles. Con este propósito, se analizarán la base jurídica del sistema, su estructura institucional y su dimensión económica, a fin de identificar las señales e incentivos que genera en el mercado gasista.

6.2.4.1 Base jurídica y designación institucional

El sistema español de garantías de origen para gases renovables se configura a partir de un conjunto de disposiciones que delimitan la autoridad competente, la entidad emisora y el procedimiento de gestión aplicable. En particular, el marco normativo establece la designación transitoria de ENAGAS GTS como autoridad competente y entidad emisora del sistema, así como el procedimiento específico para la gestión de las garantías de origen del gas procedente de fuentes renovables (Orden TED/1026/2022; AIB, 2023).

Desde el punto de vista institucional, esta designación es relevante porque sitúa a ENAGAS GTS no solo como gestor técnico del sistema gasista, responsable de la operación física de la red, sino también como entidad encargada de administrar el registro y la certificación del atributo renovable del gas. En consecuencia, la misma institución que coordina el funcionamiento técnico del sistema, asume también la gestión contable de las garantías de origen, integrando en una única arquitectura regulada tanto la dimensión física del suministro como la dimensión registral del certificado. De este modo, el sistema español reproduce los principios europeos de trazabilidad, unicidad y transferibilidad dentro de un esquema institucional centralizado. No obstante, la concentración de funciones técnicas y registrales en un mismo actor plantea interrogantes sobre la configuración óptima de la gobernanza del instrumento y sobre el grado de separación institucional deseable entre operación de infraestructuras y certificación ambiental, cuestión que adquiere relevancia en la evaluación crítica del sistema.

6.2.4.2 Configuración operativa

El sistema se articula a través de una plataforma electrónica gestionada por ENAGAS GTS, en la que se registran, emiten, transfieren y cancelan los certificados correspondientes a la producción de gases renovables. Esta infraestructura actúa como soporte operativo del mecanismo y permite vincular la producción acreditada con la emisión de garantías individualizadas, expresadas en unidades energéticas equivalentes, en línea con el modelo europeo de certificación de atributos.

6.2.4.3 Particularidades del sistema gasista en relación con el modelo eléctrico

Aunque el sistema español de garantías de origen de gas renovable reproduce los principios operativos generales del modelo europeo (registro, expedición, transferencia y cancelación), su aplicación al vector gasista introduce una serie de particularidades estructurales que condicionan su alcance como instrumento de política energética.

En primer lugar, el desarrollo del mercado de gases renovables en España presenta una fase de madurez distinta a la del sector eléctrico. Mientras que las garantías de origen eléctricas operan en un contexto de elevada participación de energías renovables y elevada liquidez de certificados, el sistema gasista parte de una base productiva significativamente más reducida, centrada principalmente en biometano y, de manera incipiente, en otros gases renovables. Esta diferencia estructural implica que la dinámica de oferta y demanda de certificados puede presentar comportamientos distintos en términos de volumen, formación de precios y profundidad de mercado (Holzapfel, Bunsen, et al., 2024; Hulshof et al., 2019c).

En segundo lugar, el vector gasista mantiene una vinculación más estrecha con sectores difíciles de electrificar, como determinados usos industriales o térmicos, lo que sitúa a las garantías de origen de gas en una posición potencialmente estratégica dentro de las trayectorias de descarbonización. Sin embargo, al igual que en el caso eléctrico, la certificación

del atributo renovable no modifica la composición física del sistema gasista, sino que opera en el plano contable, permitiendo atribuir origen renovable a consumos determinados sin alterar necesariamente la estructura material del suministro.

En tercer lugar, la interacción entre el sistema de garantías de origen de gas y los esquemas de sostenibilidad europeos introduce una dimensión adicional. A diferencia del modelo eléctrico tradicional, el gas renovable, en particular el biometano y el hidrógeno, se encuentra sujeto a requisitos específicos de sostenibilidad y trazabilidad establecidos en la normativa europea, lo que genera una superposición entre certificación de origen y certificación de sostenibilidad (Abad & Dodds, 2020).

La coincidencia de distintos marcos regulatorios refuerza los mecanismos de control, pero también aumenta la complejidad del sistema. Así mismo, la coexistencia de múltiples esquemas de verificación plantea dudas sobre la coherencia entre los distintos instrumentos y sobre si las garantías constituyen realmente una prueba suficiente del desempeño ambiental, cuestión que se retomará en el análisis crítico posterior.

En conjunto, estas particularidades muestran que, aunque el diseño operativo del sistema gasista se alinea con el modelo general de garantías de origen, su eficacia como instrumento de política pública depende en mayor medida de factores estructurales externos, como el nivel de desarrollo del mercado de gases renovables, la interacción con otros instrumentos regulatorios y la intensidad de la señal económica que el sistema sea capaz de generar.

6.2.4.4 Dimensión económica y evolución del sistema español de garantías de origen de gas

La evaluación del sistema español de garantías de origen de gas renovable exige complementar la descripción institucional con un análisis de su comportamiento económico efectivo. En este punto, el interés no radica únicamente en constatar la existencia del registro o el volumen de certificados emitidos, sino en examinar qué tipo de dinámica de mercado se está configurando y qué señal económica emerge de dicha dinámica.

A diferencia del mercado eléctrico, caracterizado por una trayectoria consolidada y por una liquidez significativa de certificados, el sistema gasista español se encuentra en aún en una fase inicial de desarrollo. Esta condición estructural introduce una variable relevante: la señal económica generada por el instrumento depende no solo de su diseño normativo, sino también del tamaño real del mercado, de la estructura de oferta y de la intensidad de la demanda por acreditación ambiental.

Los datos agregados publicados por el registro gestionado por ENAGAS GTS (Gdo, s. f.) permiten observar tres dimensiones interrelacionadas del funcionamiento económico del sistema: el volumen de garantías expedidas, el nivel de cancelación efectiva y la intensidad de las transferencias nacionales e internacionales. Estas variables no son meramente cuantitativas; constituyen indicadores indirectos del grado en que el instrumento está siendo

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

utilizado como mecanismo de asignación contable o como señal económica capaz de alterar comportamientos.

6.2.4.5 Volumen de emisión y escala del mercado

El volumen de garantías de origen emitidas refleja la producción acreditada de gases renovables e, indirectamente, la capacidad instalada existente. En una fase temprana de despliegue, es de esperar que los volúmenes sean reducidos en comparación con el sector eléctrico. Sin embargo, más allá de la magnitud absoluta, lo relevante es analizar si el crecimiento de la emisión responde a una expansión estructural del biometano o si se limita a la certificación de instalaciones ya operativas.

En este sentido, el tamaño del mercado no debe interpretarse únicamente como indicador de éxito institucional, sino como expresión del grado de penetración real del gas renovable en un sistema históricamente dominado por combustibles fósiles.

6.2.4.6 Relación emisión - cancelación y utilización efectiva

La comparación entre volumen emitido y volumen cancelado introduce una dimensión económica clave. La cancelación constituye el momento en el que el atributo renovable es efectivamente utilizado para respaldar un consumo determinado. Por tanto, la tasa de cancelación permite aproximarse al grado de demanda real por acreditación ambiental en el mercado gasista.

Una brecha persistente entre emisión y cancelación podría indicar acumulación de certificados en el sistema, fenómeno que en otros mercados europeos ha estado asociado a presiones a la baja sobre los precios y al debilitamiento de la señal económica (Hamburger, 2019b; Hulshof et al., 2019c). En cambio, una convergencia elevada entre ambas variables sugeriría una utilización activa del instrumento.

Más allá del dato puntual, lo relevante es si el patrón observado configura una dinámica capaz de sostener un valor económico suficiente como para influir en decisiones de inversión futuras.

6.2.4.7 Transferencias e integración en el mercado europeo

Las transferencias nacionales e internacionales permiten analizar el grado de inserción del sistema español en el mercado europeo de atributos renovables. La circulación transfronteriza de certificados evidencia el funcionamiento del principio de reconocimiento mutuo y la existencia de arbitraje entre jurisdicciones.

No obstante, desde una perspectiva económica, esta integración puede responder tanto a estrategias de optimización contable como a diferencias estructurales de oferta y demanda entre países. En este punto, la movilidad del atributo renovable no equivale necesariamente a

una expansión adicional de producción, sino que puede reflejar reasignaciones contractuales dentro del mercado interior.

6.2.4.8 Intensidad de la señal económica

En conjunto, la evolución observada en emisión, cancelación y transferencias permite aproximarse a una cuestión central: si el sistema opera predominantemente como un mecanismo de valorización contractual de producción existente o si comienza a configurarse como una señal económica capaz de modificar expectativas de inversión en nuevas instalaciones de biometano.

La literatura especializada en el tema ha señalado que, cuando la emisión de certificados no se encuentra vinculada a criterios estrictos de adicionalidad, los mercados de garantías de origen tienden a generar sobre oferta estructural y precios reducidos, limitando su capacidad para inducir expansión renovable adicional (Hamburger, 2019b; Hulshof et al., 2019c). En este sentido, el caso español ofrece un terreno empírico relevante para observar si la fase inicial del sistema reproduce estas dinámicas o si presenta comportamientos diferenciados.

Este análisis económico no pretende aún formular una evaluación definitiva sobre la eficacia del instrumento, sino identificar los patrones que permitirán, en el capítulo siguiente, examinar con mayor profundidad la cuestión de la adicionalidad y la integridad ambiental del sistema.

En conjunto, el sistema español de garantías de origen de gas renovable presenta una arquitectura institucional y operativa coherente con el diseño europeo del instrumento, sustentada en principios de trazabilidad, unicidad y transferibilidad del atributo renovable. La designación de ENAGAS GTS como entidad emisora y gestora del registro permite integrar el mecanismo en la infraestructura regulada del sistema gasista, conforme a las condiciones formales establecidas en el marco comunitario.

No obstante, las características propias del sector gasista, como su base productiva aún limitada, su uso en sectores difíciles de electrificar y la coexistencia con otros esquemas de sostenibilidad, condicionan el alcance económico del instrumento. La evolución de los volúmenes emitidos, las cancelaciones y las transferencias permite observar las primeras dinámicas de mercado del sistema. Sin embargo, su eficacia como señal económica dependerá del desarrollo del mercado y del nivel de demanda de acreditación ambiental.

En este sentido, el análisis del caso español no solo permite describir el funcionamiento técnico del mecanismo, sino también delimitar las variables clave que condicionan su potencial contribución a los objetivos de descarbonización del sector gasista.

6.2.5 Contabilidad, trazabilidad y riesgos de doble cómputo

El sistema de garantías de origen se basa en mecanismos de contabilidad y trazabilidad destinados a asegurar que los atributos ambientales asociados a la producción de energía renovable puedan ser asignados de manera verificable a consumos finales concretos. Desde

el punto de vista operativo, la trazabilidad se garantiza mediante la existencia de registros electrónicos y la cancelación única de cada certificado. Sin embargo, la forma en que las garantías de origen se integran en los sistemas de contabilidad energética y climática plantea desafíos relevantes, especialmente en relación con la atribución de beneficios ambientales y el riesgo de doble cómputo (Holzapfel et al., 2023; Kelava et al., 2023d). Este enfoque introduce una separación entre la realidad física del sistema eléctrico y su representación contable, lo que explica por qué los riesgos de atribución climática pueden aparecer incluso cuando la trazabilidad del certificado funciona correctamente.

Uno de los elementos centrales de este debate es la distinción entre enfoques location-based y market-based para la contabilidad del consumo eléctrico. Mientras que el enfoque location-based atribuye las emisiones en función de la matriz energética media del sistema eléctrico en el que se consume la energía, el enfoque market-based permite a los consumidores ajustar esa contabilidad en función de los instrumentos contractuales que respaldan su consumo, como las garantías de origen. En este segundo enfoque, la cancelación de la garantía de origen permite declarar un consumo de electricidad renovable con independencia de la composición física real de la matriz eléctrica, siempre que los atributos ambientales hayan sido adquiridos y retirados del sistema de forma adecuada (Holzapfel, Bunsen, et al., 2024; Lezhniuk et al., 2022).

El riesgo de doble cómputo no se limita al uso simultáneo de una misma garantía de origen, algo que el sistema evita de forma explícita mediante la cancelación única, sino que se manifiesta de forma más sutil en la atribución de impactos climáticos. En particular, la coexistencia de distintos marcos de contabilidad (regulatorios, corporativos y voluntarios) puede dar lugar a una sobreestimación de los beneficios ambientales reales si no se delimitan claramente los ámbitos en los que las garantías de origen pueden utilizarse como prueba válida de reducción de emisiones (Müller & Michaelowa, 2019; Siemons & Schneider, 2021)

En este contexto, las garantías de origen cumplen una función relevante como herramienta de trazabilidad y transparencia, pero su integración en los sistemas de contabilidad climática requiere cautela. La utilización de certificados para respaldar declaraciones de consumo renovable no implica, por sí misma, un impacto adicional en términos de emisiones a nivel del sistema energético, sino una reasignación contable de los atributos ambientales asociados a la producción renovable existente. Esta distinción resulta esencial para comprender los límites operativos del instrumento en el plano contable y sirve como base para examinar, en el análisis posterior, su desempeño en términos de integridad ambiental y contribución efectiva a la descarbonización.

6.2.6 Síntesis del funcionamiento y transición al análisis crítico

El análisis desarrollado a lo largo del capítulo permite entender las garantías de origen como un instrumento que cumple de manera consistente su función formal de certificación y trazabilidad del atributo renovable, tanto en el ámbito eléctrico como en el gasista. Desde el

punto de vista normativo e institucional, el sistema presenta una arquitectura coherente con los principios europeos de unicidad, transferibilidad y cancelación única, asegurando la integridad registral del certificado y evitando su uso múltiple.

En el caso español del gas renovable, la designación de ENAGAS GTS como entidad gestora integra en una misma estructura regulada tanto la operación técnica del sistema gasista como la administración del registro de garantías de origen. Esta configuración refuerza la coherencia operativa y facilita la gestión del instrumento, pero también evidencia que el sistema actúa fundamentalmente en el plano contable, sin modificar la composición física de la matriz gasista. La certificación del atributo renovable permite asignar contractualmente un origen renovable a determinados consumos, pero no altera por sí misma la estructura material del suministro energético.

Desde una perspectiva económica, la evidencia teórica y empírica revisada indica que la capacidad informativa del mercado de certificados depende de factores estructurales como el volumen de producción renovable disponible, el grado de desarrollo del mercado y la relación entre emisión y cancelación. En fases tempranas de implantación, como la observada en el sistema gasista, el instrumento puede funcionar principalmente como un mecanismo de valorización contractual de la producción existente, sin constituir necesariamente un incentivo suficiente para promover nuevas inversiones en capacidad renovable.

A ello se suma la superposición parcial entre las garantías de origen y los esquemas europeos de certificación de sostenibilidad aplicables al biometano y al hidrógeno, lo que introduce una capa adicional de complejidad regulatoria. Si bien esta convergencia puede reforzar los mecanismos de control, también plantea interrogantes sobre la coherencia entre instrumentos y sobre el alcance real de las garantías como prueba suficiente de desempeño ambiental.

En conjunto, el sistema de garantías de origen se consolida como un instrumento eficaz de información, trazabilidad y asignación contractual del atributo renovable. Sin embargo, la distinción entre certificación contable y transformación estructural del sistema energético emerge como elemento central para evaluar su contribución efectiva a los objetivos de descarbonización.

A partir de lo anterior, el capítulo siguiente analizará con mayor detalle el análisis de la adicionalidad como criterio decisivo para determinar si el funcionamiento formalmente correcto del instrumento se traduce en impactos reales y adicionales en términos de transición energética.

6.3 Análisis crítico del sistema de garantías de origen

Una vez descritos el marco normativo, el funcionamiento operativo y la implementación nacional del sistema de garantías de origen, corresponde evaluar en qué medida contribuye realmente a los objetivos de la transición energética y climática europea. Este capítulo va más allá de la

descripción realizada hasta ahora y se centra en evaluar el impacto real del sistema, no pretende describir el instrumento, sino examinar sus efectos reales sobre el sistema energético.

La cuestión central no radica en la validez del mecanismo como herramienta de certificación o transparencia, sino en su potencial para inducir cambios estructurales en la producción y el consumo de energía. En particular, se trata de determinar si el sistema permite asegurar de manera efectiva la procedencia renovable del gas consumido y si genera incentivos de mercado capaces de promover la expansión sostenida de alternativas bajas en carbono dentro del sector gasista.

Este enfoque resulta especialmente relevante en el contexto del gas renovable, cuya sustitución del gas fósil requiere inversiones significativas, desarrollo de infraestructuras específicas y señales económicas estables a largo plazo. En consecuencia, la evaluación del sistema gestionado por ENAGAS GTS no puede limitarse a su funcionamiento administrativo o a su coherencia normativa, sino que debe considerar su impacto sobre las decisiones reales de inversión, producción y consumo.

6.3.1 Marco analítico de evaluación

Para abordar esta evaluación se utiliza un marco de análisis centrado en tres dimensiones claves ampliamente utilizadas en el análisis de instrumentos de política climática: la adicionalidad, la integridad ambiental y la eficacia económica. Estas categorías permiten examinar no solo si el sistema funciona conforme a su diseño, sino si produce resultados coherentes con los objetivos de descarbonización profunda exigidos por la política energética europea.

La adicionalidad se refiere a la capacidad del instrumento para impulsar nueva producción de energía renovable que no se habría desarrollado en su ausencia. La integridad ambiental evalúa la correspondencia entre las declaraciones de consumo renovable y las reducciones efectivas de emisiones. Por último, la eficacia económica analiza la intensidad y orientación de las señales de mercado generadas y su capacidad para modificar el comportamiento de los agentes.

El análisis de estas tres dimensiones permite valorar si las garantías de origen constituyen un instrumento transformador o si su contribución se limita principalmente a la certificación y asignación contractual de atributos ambientales. En el caso del gas renovable, esta distinción resulta especialmente relevante debido al carácter incipiente del sector y a la magnitud de los cambios necesarios para sustituir el gas fósil.

A partir de este marco, los apartados siguientes examinan críticamente el desempeño del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS, con el objetivo de determinar su contribución real, más allá de cómo está diseñado en teoría, a la descarbonización del sector gasista.

6.3.2 Adicionalidad: certificación de producción existente más que incentivo para nueva oferta

La adicionalidad constituye el criterio clave para evaluar si un instrumento de política climática contribuye efectivamente a la expansión de energías renovables o si se limita a redistribuir atributos ambientales asociados a producción ya existente. En el caso de las garantías de origen del gas renovable, la evidencia disponible sugiere que el sistema presenta una capacidad limitada para generar nueva oferta de biometano u otros gases bajos en carbono.

El modelo de funcionamiento permite emitir certificados tanto para instalaciones nuevas como para infraestructuras previamente operativas, lo que implica que la adquisición de garantías de origen no necesariamente financia ni desencadena inversiones adicionales. En contextos caracterizados por elevados costes de capital y largos periodos de recuperación de la inversión, como ocurre en la producción de gas renovable, los ingresos derivados de la venta de certificados suelen representar una fracción marginal de la rentabilidad total del proyecto. La viabilidad económica de estas instalaciones depende fundamentalmente de subsidios públicos, mecanismos regulatorios de apoyo o estrategias empresariales vinculadas a compromisos de sostenibilidad, no del mercado de certificados en sí mismo.

Desde la perspectiva de la demanda, el sistema permite a comercializadoras y grandes consumidores declarar consumo de gas renovable mediante la compra de certificados transferibles, sin necesidad de establecer vínculos contractuales directos con productores ni de modificar su aprovisionamiento físico. Esta característica reduce significativamente los incentivos para promover inversiones adicionales, ya que los objetivos de sostenibilidad corporativa pueden alcanzarse a través de un mercado secundario de atributos ambientales disponible a bajo costo.

En consecuencia, el sistema gestionado por ENAGAS GTS tiende a operar como un mecanismo de valorización de producción renovable existente más que como un motor de expansión del sector. La desconexión entre el precio del certificado y el coste real de desarrollar nueva capacidad indica que la señal económica generada es insuficiente para alterar decisiones de inversión intensivas en capital. Desde una perspectiva de política pública, ello implica que las garantías de origen no funcionan como un instrumento transformador, sino como complemento informativo dentro de un marco regulatorio más amplio.

6.3.3 Integridad ambiental: brecha entre certificación contable y descarbonización real

La integridad ambiental de un instrumento climático se mide por su capacidad para reflejar reducciones reales y verificables de emisiones, evitando que los resultados declarados respondan únicamente a reasignaciones contables. En el sistema de garantías de origen, esta cuestión adquiere especial relevancia debido a la separación estructural entre el flujo físico de gas y el atributo renovable certificado.

El diseño permite que el carácter renovable del consumo sea acreditado mediante certificados independientes del gas efectivamente suministrado a través de la red. Como resultado, una

empresa puede declarar el uso de gas renovable desde el punto de vista contable mientras continúa consumiendo físicamente una mezcla dominada por combustibles fósiles. Esta separación, reduce la relación entre las declaraciones ambientales y las emisiones reales asociadas a la actividad económica.

Si bien el sistema mejora la trazabilidad documental y la transparencia de las transacciones, no garantiza que la adquisición de certificados se traduzca en una sustitución efectiva de combustibles fósiles ni en una reducción directa de emisiones. En ausencia de vínculos obligatorios entre certificación y consumo físico, las garantías de origen pueden facilitar estrategias corporativas orientadas principalmente al cumplimiento reputacional o al reporte climático, más que a transformaciones sustanciales en los procesos productivos.

En este contexto, el instrumento puede facilitar las prácticas de greenwashing, al permitir que organizaciones presenten como renovable un consumo energético cuya base material permanece esencialmente inalterada. El problema no radica únicamente en un uso indebido por parte de actores individuales, sino en las características estructurales del propio sistema, que prioriza la contabilización de atributos ambientales sobre la transformación del suministro energético.

6.3.4 Eficacia económica: señales de mercado débiles y beneficios asimétricos

La eficacia económica de un instrumento de mercado se relaciona con su capacidad para generar señales de precio suficientemente robustas y estables como para modificar el comportamiento de productores y consumidores. En el caso de las garantías de origen del gas renovable, dichas señales presentan una intensidad limitada y una distribución de beneficios claramente asimétrica.

Los productores reciben ingresos adicionales derivados de la venta de certificados, pero estos suelen representar una pequeña parte del coste total de inversión necesario para desarrollar nuevas instalaciones. La volatilidad de los precios y la abundancia potencial de certificados procedentes de instalaciones preexistentes limitan su capacidad para actuar como incentivo fiable para la financiación de nuevos proyectos.

Por el contrario, los consumidores corporativos pueden obtener beneficios reputacionales, comerciales o regulatorios significativos mediante la adquisición de certificados a un coste relativamente bajo. Esta relación coste-beneficio favorece estrategias centradas en cumplir formalmente en lugar de inversiones estructurales en eficiencia energética o sustitución tecnológica. La transferibilidad de los certificados facilita además la participación de intermediarios y mercados secundarios, reforzando la dimensión financiera y contractual del instrumento.

Como resultado, el sistema redistribuye valor principalmente hacia los actores capaces de capitalizar el atributo renovable desde una perspectiva reputacional o de reporting, mientras

que la señal económica dirigida a la expansión de la oferta permanece débil. Esta configuración limita la capacidad del mercado para desempeñar un papel transformador en el desarrollo del gas renovable.

6.3.5 Evaluación global: certificar sin transformar

El análisis conjunto de la adicionalidad, la integridad ambiental y la eficacia económica permite concluir que, en su estado actual, el sistema de garantías de origen del gas renovable constituye un instrumento eficaz para la certificación del origen renovable declarado, pero insuficiente para impulsar por sí mismo la descarbonización del sector gasista.

La lógica de funcionamiento basada en la separación entre energía física y atributo ambiental ha permitido crear un mercado flexible y compatible con redes energéticas interconectadas, pero también limita su impacto material sobre la producción y el consumo de energía. Las garantías de origen facilitan la asignación contractual de atributos renovables y la transparencia informativa, pero no aseguran una correspondencia directa entre certificación y reducción efectiva de emisiones.

En términos de política pública, el sistema puede entenderse como un mecanismo complementario que depende de la existencia de instrumentos más coercitivos o económicamente potentes (subsidios a la inversión, regulaciones sectoriales o precios del carbono) para producir cambios estructurales. Por sí solo, el mercado de certificados no genera los incentivos necesarios para sustituir de forma significativa el gas fósil ni para desencadenar una expansión sostenida de la producción renovable.

En consecuencia, el sistema gestionado por ENAGAS GTS puede interpretarse como un instrumento que permite certificar el carácter renovable del gas sin transformar realmente el sistema gasista: facilita la contabilización y comercialización de atributos ambientales renovables, pero no garantiza la procedencia renovable efectiva del gas consumido ni produce señales de mercado suficientemente intensas como para reconfigurar el sector. Esta distinción resulta crucial para evaluar su contribución real a los objetivos climáticos europeos y para no confundir la transparencia informativa con descarbonización material.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

7 CONCLUSIONES

El estudio realizado permite concluir que los objetivos de la transición energética y climática europea se orientan a la reducción sostenida de emisiones mediante transformaciones estructurales en los sistemas de producción y consumo de energía, lo que implica sustituir de forma efectiva los combustibles fósiles por alternativas bajas en carbono.

En este sentido, el análisis del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS muestra que se trata de un instrumento diseñado principalmente para certificar el origen renovable del consumo energético y facilitar su trazabilidad dentro del mercado, más que para producir cambios reales en el suministro del gas o sobre la estructura del sector gasista.

De esta manera, el sistema permite declarar que el gas consumido es de origen renovable, pero no garantiza que dicho consumo corresponda a una sustitución física efectiva del gas fósil. En consecuencia, su capacidad para asegurar la procedencia renovable del combustible desde un punto de vista material resulta limitada.

Así mismo, los incentivos económicos generados por el sistema no parecen suficientes para impulsar por sí solos la expansión significativa de la producción de gas renovable. La rentabilidad de estos proyectos depende principalmente de otros mecanismos regulatorios y de apoyo público, lo que indica que el mercado de certificados actúa como un complemento y no como un motor de inversión.

En conjunto, las garantías de origen constituyen un instrumento útil de política pública para la transparencia y la acreditación del origen energético, pero su contribución efectiva a los objetivos de descarbonización depende de su integración con políticas más eficaces que incidan directamente sobre la producción, la infraestructura y el consumo energético.

Por lo tanto, el sistema permite certificar que el gas es renovable, pero por sí solo no cambia el sector ni garantiza el cumplimiento de los objetivos climáticos europeos. “Certificar sin transformar” resume esta limitación fundamental: la certificación puede respaldar compromisos ambientales en términos formales, pero no sustituye la necesidad de cambios reales en el sistema energético.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

8 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio abre la puerta a futuras investigaciones orientadas a evaluar a partir de información verificable el impacto real del sistema de garantías de origen del gas renovable sobre las emisiones y sobre el desarrollo efectivo de nueva capacidad productiva.

En particular, resultaría relevante analizar el comportamiento de los agentes del mercado y el uso de estos certificados en las estrategias de sostenibilidad corporativa, con el fin de determinar en qué medida contribuyen a transformaciones reales o a objetivos principalmente reputacionales. Así mismo, sería pertinente examinar si las empresas que adquieren estos certificados se presentan como ambientalmente sostenibles sin que ello se corresponda con cambios sustanciales en sus procesos productivos, especialmente en el caso de organizaciones consideradas referentes o modelos en materia de sostenibilidad.

Así mismo, la evolución del sector del gas renovable, incluyendo el biometano y el hidrógeno, plantea nuevos retos regulatorios y económicos que podrían modificar el papel de las garantías de origen en el futuro. El estudio de estas nuevas fuentes de energía permitiría comprender mejor la función que estos mecanismos de certificación pueden desempeñar en escenarios de descarbonización a largo plazo.

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

9 BIBLIOGRAFÍA

Abad, A. V., & Dodds, P. (2020). Green hydrogen characterisation initiatives: Definitions, standards, guarantees of origin, and challenges. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111300>

Delardas, O., & Giannos, P. (2022). Towards Energy Transition: Use of Blockchain in Renewable Certificates to Support Sustainability Commitments. *Sustainability*. <https://doi.org/10.3390/su15010258>

European Environment Agency (EEA). (2022). *What are the sources of greenhouse gas emissions in the EU?* European Environment Agency. <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/maps-and-charts/what-are-the-sources-of/cuales-son-las-fuentes-de-infografias>

Gdo. (s. f.). Recuperado 1 de marzo de 2026, de <https://www.gdogas.es/es/public-portal/announcements/GOs-data>

Gkarakis, K., & Dagoumas, A. (2016c). *Assessment of the implementation of Guarantees of Origin (GOs) in Europe*. <https://doi.org/10.22618/tp.ei.20163.389011>

Groza, A. (2022). The principle of mutual recognition: From the internal market to the European area of freedom, security and justice. *Juridical Tribune*. <https://doi.org/10.24818/tbj/2022/12/1.07>

Hafner, M., & Raimondi, P. (2020). Priorities and challenges of the EU energy transition: From the European Green Package to the new Green Deal. *Russian Journal of Economics*. <https://doi.org/10.32609/j.ruje.6.55375>

Hamburger, A. (2019c). Is guarantee of origin really an effective energy policy tool in Europe? A critical approach. *Society and Economy*. <https://doi.org/10.1556/204.2019.41.4.6>

Hamburger, A. (2023). *Evaluation of guarantees of origin as a regulatory tool for sustainable energy*. <https://doi.org/10.14267/phd.2023032>

Holzapfel, P., Bach, V., & Finkbeiner, M. (2023). Electricity accounting in life cycle assessment: The challenge of double counting. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 1-17. <https://doi.org/10.1007/s11367-023-02158-w>

Holzapfel, P., Bánk, J., Bach, V., & Finkbeiner, M. (2024). Relevance of guarantees of origin for Europe's renewable energy targets. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2024.114850>

Holzapfel, P., Bunsen, J., Schmidt-Sierra, I., Bach, V., & Finkbeiner, M. (2024). Replacing location-based electricity consumption with market-based residual mixes in background data to avoid possible double counting: A quantitative analysis of effects and challenges. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 29, 1279-1289. <https://doi.org/10.1007/s11367-024-02294-x>

Hulshof, D., Jepma, C., & Mulder, M. (2019a). Performance of markets for European renewable energy certificates. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.051>

Hulshof, D., Jepma, C., & Mulder, M. (2019c). Performance of markets for European renewable energy certificates. *Energy Policy*. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.01.051>

Jansen, J. (2017). Does the EU Renewable Energy Sector Still Need a Guarantees of Origin Market? *SRPN: Other Renewable Energy (Topic)*. <https://consensus.app/papers/does-the-eu-renewable-energy-sector-still-need-a-guarantees-jansen/ea3ffe36275a57c2b62b307171f93106/>

Kelava, M., Vajdić, M., & Dokmanović, B. (2023d). The progression of Guarantees of Origin trading in Croatia amidst the European framework. *Journal of Energy - Energija*. <https://doi.org/10.37798/2022714457>

Lezhniuk, P., Burykin, O., Kulyk, V., Malogulko, J., Polishchuk, A., & Sytnyk, A. (2022). Devising a method for estimating the share of electricity consumption by a given consumer, which is provided from renewable energy sources. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.265749>

Márquez-Sobrino, P., Díaz-Cuevas, P., Pérez-Pérez, B., & Gálvez-Ruiz, D. (2023). Twenty years of energy policy in Europe: Achievement of targets and lessons for the future. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 25, 2511-2527. <https://doi.org/10.1007/s10098-023-02543-x>

Müller, B., & Michaelowa, A. (2019). How to operationalize accounting under Article 6 market mechanisms of the Paris Agreement. *Climate Policy*, 19, 812-819. <https://doi.org/10.1080/14693062.2019.1599803>

Nagaj, R., Gajdzik, B., Wolniak, R., & Grebski, W. (2024). The Impact of Deep Decarbonization Policy on the Level of Greenhouse Gas Emissions in the European Union. *Energies*. <https://doi.org/10.3390/en17051245>

Paris, A., Hechelmann, R.-H., & Buchenau, N. (2024). Exploring the effect of Guarantees of Origin on the decarbonization of corporate electricity procurement: A case study of Germany and Norway. *Journal of Industrial Ecology*, 28, 1657-1669. <https://doi.org/10.1111/jiec.13553>

Siemons, A., & Schneider, L. (2021). Averaging or multi-year accounting? Environmental integrity implications for using international carbon markets in the context of single-year targets. *Climate Policy*, 22, 208-221. <https://doi.org/10.1080/14693062.2021.2013154>

Tagliapietra, S., Zachmann, G., Edenhofer, O., Glachant, J.-M., Linares, P., & Loeschel, A. (2019). The European union energy transition: Key priorities for the next five years. *Energy Policy*, 132, 950-954. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2019.06.060>

Unión Europea, C. E. (2019). *El Pacto Verde Europeo*. Comisión Europea.

Unión Europea, U. E. (2021). *Reglamento (UE) 2021/1119 del Parlamento Europeo y del Consejo por el que se establece el marco para lograr la neutralidad climática* (No. 2021/1119). Diario Oficial de la Unión Europea.

Unión Europea, U. E. (2023a). *Directiva (UE) 2023/1791 del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la eficiencia energética* (No. 2023/1791). Diario Oficial de la Unión Europea.

Unión Europea, U. E. (2023b). *Directiva (UE) 2023/2413 del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva (UE) 2018/2001* (No. 2023/2413). Diario Oficial de la Unión Europea.

Wimmers, A., & Madlener, R. (2020). The European Market for Guarantees of Origin for Green Electricity: A Scenario-Based Evaluation of Trading under Uncertainty. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3830442>

Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2022). *Orden TED/1026/2022, de 28 de octubre, por la que se regula el sistema de garantías de origen del gas procedente de fuentes renovables*. BOE.

Association of Issuing Bodies (AIB). (2023). *European Energy Certificate System (EECS) Rules*

Certificar sin transformar: análisis crítico del mercado de garantías de origen y su contribución real a la transición energética. El caso del sistema de garantías de origen del gas renovable gestionado por ENAGAS GTS.

10 ANEXOS

No se incorporan anexos al tratarse de un estudio basado exclusivamente en fuentes documentales públicas.