

Proyecto Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Industrial

Análisis comparativo de propuestas para limitación  
del precio de la energía eléctrica

Autor: Gilberto Saldaña Pizarraya

Tutor: José Luis Martínez Ramos

**Dpto. Ingeniería Eléctrica**  
**Escuela Técnica Superior de Ingeniería**  
**Universidad de Sevilla**

Sevilla, 2023





Proyecto Fin de Máster  
Máster en Ingeniería Industrial

# **Análisis comparativo de propuestas para limitación del precio de la energía eléctrica**

Autor:

Gilberto Saldaña Pizarra

Tutor:

José Luis Martínez Ramos

Catedrático de Universidad

Dpto. de Ingeniería Eléctrica  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2023



Proyecto Fin de Máster: Análisis comparativo de propuestas para limitación del precio de la energía eléctrica

Autor: Gilberto Saldaña Pizarra

Tutor: José Luis Martínez Ramos

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2023

El Secretario del Tribunal



# Agradecimientos

---

A mis compañeros y amigos, a mi tutor José Luis, por su atención, sus consejos y el genial trato ofrecido, y sobre todo a mi familia, mi apoyo diario.



# Resumen

---

Este proyecto se basa en el estudio y desarrollo de dos tecnologías que se implementan con el objetivo de limitar el precio de la energía eléctrica.

La primera de ellas será el tope al gas. Una medida analizada para ser implementada dentro del ámbito peninsular, la cual, se basa en “sustituir” los precios generados por las tecnologías de ciclos combinados que marcan el precio límite del mercado para cualquier hora del día. De modo que el precio a pagar al resto de tecnologías no será el precio límite de casación, sino el precio marcado por la siguiente tecnología diferente de los ciclos combinados.

La segunda medida será la limitación de retribución a las tecnologías inframarginales. Esta medida, estudiada para su ejecución dentro del ámbito europeo, se centra en limitar los beneficios que obtienen dichas tecnologías. Para ello, se marca un límite máximo de retribución para estas tecnologías, de modo que la diferencia entre el precio de mercado y este límite supondrá un ahorro.

Por último, se realizará una comparativa entre estas dos propuestas y se analizarán varias casuísticas, en las que se mostrarán resultados favorecedores para la segunda medida, ya que se genera un ahorro mayor. Esto vendrá dado por la posibilidad de generar beneficios durante todo el día, en vez de unas pocas horas, y por el alto precio de casación en el que se encuentra el mercado eléctrico.



# Abstract

---

This project is based on the study and development of two technologies that are implemented with the objective of limiting the price of electricity.

The first of them will be the gas cap. A measure analyzed to be implemented within the peninsular area, which is based on "replacing" the prices generated by the combined cycle technologies that set the market price limit for any time of the day. Thus, the price to be paid to the rest of the technologies will not be the matching limit price, but the price set by the next technology other than combined cycles.

The second measure will be the limitation of remuneration to infra-marginal technologies. This measure, studied for implementation within the European scope, focuses on limiting the benefits obtained by these technologies. To this end, a maximum limit is set for the remuneration of these technologies, so that the difference between the market price and this limit will represent a saving.

Finally, a comparison will be made between these two proposals and several cases will be analyzed, showing favorable results for the second measure, since it generates greater savings. This will be due to the possibility of generating benefits during the whole day, instead of just a few hours, and to the high price of the electricity market.



# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>vii</b>
<b>Resumen</b>	<b>ix</b>
<b>Abstract</b>	<b>xi</b>
<b>Índice</b>	<b>xiii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>xv</b>
<b>Índice de Figuras</b>	<b>xvii</b>
<b>Notación</b>	<b>xix</b>
<b>1 Tope al precio del gas</b>	<b>1</b>
1.1 <i>Propuestas</i>	1
1.1.1 Objetivo principal	1
1.1.2 Cálculo y funcionamiento del mecanismo	2
1.1.3 Proceso de ajuste	4
1.1.4 Influencia de las renovables en el precio del gas	5
1.1.5 Principales impactos en los agentes del sector energético	5
1.1.6 Beneficios del mecanismo	6
1.2 <i>Metodología y datos</i>	6
1.2.1 Desarrollo	7
1.3 <i>Resultados</i>	11
1.3.1 Marzo (estudio diario)	11
1.3.2 Enero (estudio diario)	15
1.3.3 Estudio mensual y anual	18
<b>2 Retribución fija a tecnologías de generación inframarginales</b>	<b>23</b>
2.1 <i>Propuestas</i>	23
2.1.1 Pros y contras	24
2.1.2 Posibles medidas complementarias	25
2.2 <i>Metodología y datos</i>	26
2.2.1 Desarrollo	26
2.3 <i>Resultados</i>	29
2.3.1 Marzo	29
2.3.2 Enero	32
<b>3 Comparativa entre medidas</b>	<b>35</b>
3.1 <i>Introducción</i>	35
3.1.1 Marzo	35
3.1.2 Enero	39
<b>4 Conclusión</b>	<b>43</b>
4.1 <i>Diferencia entre ambas medidas</i>	43



# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1. Ofertas lanzadas al mercado eléctrico durante un día completo.

Tabla 2. Listado de unidades ofertantes.

Tabla 3. Beneficios obtenidos por días en el año 2022.

Tabla 4. Beneficios totales obtenidos por mes.

Tabla 5. Beneficios obtenidos en marzo según metodología.

Tabla 6. Beneficios obtenidos en enero según metodología.



# ÍNDICE DE FIGURAS

---

- Figura 1. Gráfico indicativo de precios según MIBGAS.
- Figura 2. Datos de precios medios diario, mensual y anual del gas en el mercado ibérico.
- Figura 3. Precio de la luz con y sin el tope del gas.
- Figura 4. Precios máximos, mínimos y medios de casación del mercado diario.
- Figura 5. Tecnologías que marcan el precio marginal en el mercado diario.
- Figura 6. Precios máximos de casación durante el mes de marzo.
- Figura 7. Beneficios obtenidos los días 7, 8 y 9 de marzo.
- Figura 8. Beneficios obtenidos los días 2, 10, 28 y 29 de marzo.
- Figura 9. Beneficios obtenidos los días 4, 13, 17 y 18 de marzo.
- Figura 10. Tecnologías que marcan el precio marginal en el mercado diario II.
- Figura 11. Precios máximos de casación durante el mes de enero.
- Figura 12. Beneficios obtenidos los días 11 y 12 de enero.
- Figura 13. Beneficios obtenidos los días 14 y 23 de enero.
- Figura 14. Beneficios obtenidos los días 5 y 17 de enero.
- Figura 15. Beneficios obtenidos durante todos los meses del año 2022.
- Figura 16. Generación media de las tecnologías inframarginales por cada Estado Miembro en 2022.
- Figura 17. Beneficios obtenidos los días 7, 8, 9 de marzo II.
- Figura 18. Beneficios obtenidos los días 2 y 29 de marzo.
- Figura 19. Beneficios obtenidos los días 4 y 17 de marzo.
- Figura 20. Beneficios obtenidos los días 11 y 12 de enero II.
- Figura 21. Beneficios obtenidos los días 14 y 23 de enero II.
- Figura 22. Beneficios obtenidos los días 5 y 17 de enero II.
- Figura 23. Precios medios de casación durante el mes de marzo.
- Figura 24. Beneficios obtenidos los días 7, 8 y 9 de marzo III.
- Figura 25. Beneficios obtenidos los días 2 y 29 de marzo II.
- Figura 26. Beneficios obtenidos los días 4 y 17 de marzo II.
- Figura 27. Precios medios de casación durante el mes de enero.
- Figura 28. Beneficios obtenidos los días 11 y 12 de enero III.
- Figura 29. Beneficios obtenidos los días 14 y 17 de enero.



# Notación

---

MIBGAS	Mercado Ibérico del Gas
OMIE	Operador del Mercado Ibérico de Energía
MWh	Megavatio hora.
PVPC	Precio Voluntario para el Pequeño Consumidor
PPA	Acuerdo de Compraventa de Energía (Power Purchase Agreement)
RECORE	Renovables, Cogeneración y Residuos



# 1 TOPE AL PRECIO DEL GAS

---

*Las cosas no se hacen siguiendo caminos distintos para que no sean iguales, sino para que sean mejores.*

*- Elon Musk -*

El precio de la electricidad es uno de los temas que más preocupa hoy en día debido al gran impacto que genera en la economía del país. Es por ello que, debido a la situación actual existente, se han comenzado a desarrollar diversas metodologías o propuestas para controlar los precios en el mercado eléctrico.

En España, una de las propuestas más interesantes ha sido el topar el precio del gas, ya que esta tecnología es la principal causante del incremento de los precios a la hora de la casación final en el mercado ibérico. Por ello, uno de los objetivos de este proyecto se basa en el estudio de esta propuesta, y de las implicaciones que genera en el mercado. Así pues, para alcanzar este objetivo se diseñará un programa que nos permitirá evaluar los cambios que produce este tope al precio del gas.

## 1.1 Propuestas

Debido a la preocupante escalada de precios en el ámbito energético que se estaba dando a nivel europeo, el propio Consejo Europeo invitó a los Estados miembros a desarrollar diversas propuestas con carácter regulatorio, para así contribuir a una mitigación en la subida de dichos precios.

Para hacer frente a estos acontecimientos, surgieron una serie de negociaciones a nivel peninsular entre España, Portugal y la Comisión Europea, las cuales terminaron dando forma al Real Decreto Ley 10/2022, el cual, entró en vigor a mediados de junio de 2022.

Este Real Decreto Ley establece, con carácter temporal, un mecanismo de ajuste de costes de producción para así lograr una reducción del precio de la electricidad en el mercado mayorista. Más concretamente, esta medida se diseñó como un instrumento de regulación cuya finalidad no es más que la de reducir el precio marginal de la electricidad en el mercado mayorista peninsular, pero que al mismo tiempo, también permita promover una reducción de los precios minoristas que son soportados por los consumidores finales de electricidad [1].

Debido a la escasa interconexión que presenta la Península Ibérica con el resto de Europa (lo que supone una desventaja para su integración en el mercado europeo), esta medida está justificada y es de aplicación exclusiva en los mercados energéticos español y portugués. Además, a nivel español, la medida no afecta a los contratos del mercado libre en territorios extrapeninsulares como Ceuta, Melilla, Baleares y Canarias.

### 1.1.1 Objetivo principal

La Excepción Ibérica o Mecanismo de ajuste, que es como también se conoce al mecanismo de tope al gas, presenta un objetivo principal que se centra en desacoplar el precio del gas del precio final de la electricidad, debido principalmente al grandísimo incremento que se sufrió a lo largo del pasado año y medio.

De este modo, lo que se logra es una reducción en la factura de la electricidad, ya que al disminuir el precio de la luz por horas también se produce una reducción en el coste final de las facturas de luz del suministro eléctrico

en los consumidores finales.

En cierta manera se puede decir que este mecanismo financia una parte del precio del gas, de modo que es más barato producir la energía con esta tecnología. No obstante, se debe tener en cuenta que esta medida no afecta a las facturas del gas, solo a las de luz.

Por último, cabe mencionar que dicho sistema está enfocado en la limitación del precio del gas en las centrales generadoras de electricidad, en especial en las de ciclo combinado, las cuales utilizan gas natural para la producción de energía eléctrica [2].

### 1.1.2 Cálculo y funcionamiento del mecanismo

En primer lugar, para comprender cómo se calcula el tope al gas es necesario entender cuál es el funcionamiento del mercado energético en España y cómo se fija el precio de la luz, ya que en España, el precio de la electricidad forma parte de un sistema marginalista, lo que quiere decir que dicho precio estará determinado por la tecnología más cara que sea casada.

En este caso, una de las tecnologías que suele marcar el límite no es otra que los ciclos combinados de gas, los cuales representaban el 16% del total en el año 2020. Es por ello que, durante estos últimos años, se han estado pagando en torno a 300 y 400 €/MWh a centrales de tecnología hidráulica, nuclear o renovables, cuyos costes de producción se encontraban entre los 30 y 40 €/MWh, de modo que, se estaba pagando en demasía a numerosas tecnologías [3].

En segundo lugar, se deberán tener en cuenta los siguientes factores:

- El precio de la luz en España se fija en base a un sistema de oferta y demanda que controla el operador económico OMIE. Las unidades energéticas que se van a producir y el coste que estas van a tener para satisfacer la demanda, se definirán en el propio mercado mayorista (pool).
- Las empresas generadoras de electricidad van lanzando sus ofertas, generalmente empezando por las ofertas más baratas (nuclear), a continuación, le siguen las renovables, y por último, las ofertas más caras por sus costes de producción (ciclos combinados de gas y carbón). El precio final, en MWh, para cada día lo fija la oferta más cara.
- Las subastas se llevan a cabo diariamente, de manera que cada día la luz presenta un precio diferente. Además, al precio final de la luz hay que añadirle una serie de impuestos y peajes de acceso, que representan casi el 40% del coste total de la factura de luz.

Del mismo modo que ocurre con el precio de la luz, el coste del tope del gas varía cada hora y cada día, por lo tanto, es imposible saber exactamente el valor que alcanza este coste en cada factura. El cálculo de esta medida se obtiene a partir del porcentaje de electricidad producida por gas natural y el precio que han pagado las empresas productoras por la materia prima, así pues, cuánto más gas se queme, más caro será el tope al gas [4].

Por último, cabe resaltar que la medida se centra en topar el precio del gas que aplicarán las plantas térmicas cuando hacen sus ofertas en el mercado mayorista. Haciendo así referencia al gas natural necesario para que las centrales de ciclo combinado produzcan electricidad, lo que a su vez, repercute finalmente en el proceso de fijación del precio diario de la luz.

Sabiendo esto, se puede confirmar que el tope del gas presenta fluctuaciones en su valor, ya que este mismo se calcula como la diferencia entre el precio medio diario del gas (según MIBGAS) y un valor límite denominado "precio de referencia del gas natural". Así pues, si un día el gas natural empleado para producir luz tiene un precio de 60 €/MWh (según MIBGAS), y el tope del gas que deben pagar los consumidores es de 40 €/MWh, la diferencia entre ambos precios (20 €/MWh), es la deuda que hay que compensar a las empresas productoras, las cuales, seguirán comprando el gas natural en los mercados internacionales al precio que se establece en dicho mercado [2].

Para llevar a cabo esta compensación a las centrales generadoras, se trasladará el coste a las comercializadoras, y estas, a su vez, lo repercutirán a los consumidores finales mediante un concepto agregado al término de energía que haga referencia al ajuste que finalmente se pagó a este tipo de centrales de generación. En otras palabras, se traspasarán los costes del mecanismo de ajuste del gas a las comercializadoras y éstas, a su vez, lo repercutirán en las facturas eléctricas de los consumidores. Así como también se trasladarán los ajustes del sistema, incluidos los costes asociados a esas pérdidas y la tasa del 1,5%.

Estos costes, se publican diariamente en la página de OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía).

En cuanto al precio de referencia, mencionado anteriormente, que se aplica para determinar el tope, tendrá un valor de 40 €/MWh durante los 6 primeros meses de la aplicación (junio de 2022), y posteriormente, se irá incrementando de 5 € en 5 € a partir del séptimo mes. Por lo que el mecanismo llegará hasta los 70 €/MWh. Y si en algún momento el precio del gas es inferior al precio de referencia, el mecanismo de ajuste no se aplicaría.



Figura 1. Gráfico indicativo de precios según MIBGAS.

Producto	Entrega	Precio (€/MWh)		
Intradiario	16/01	52,00	▼	
Diario	17/01	52,90	▼	+
Fin de semana	21/01 - 22/01	52,38	▼	
Resto de mes	Enero 2023	66,00	▶	
Mes	Febrero 2023	52,00	▼	+
Trimestre	Q2 2023	52,33	▼	+
Semestre	Summer 2023	53,41	▼	+
Año	2024	54,90	▼	+

Figura 2. Datos de precios medios diario, mensual y anual del gas en el mercado ibérico.

### 1.1.3 Proceso de ajuste

Todo lo mencionado anteriormente, implica que el precio de la electricidad del mercado mayorista podría quedar en niveles inferiores a 130 €/MWh. No obstante, hay que tener en cuenta que al precio de mercado habrá que sumarle el coste del ajuste o “sobrecoste”, el cual se antoja necesario para financiar la diferencia entre el precio del gas que se fija en el mecanismo y su precio real en el mercado, multiplicado por la energía generada por las plantas térmicas afectadas.

Para su cálculo, se tiene en cuenta la diferencia entre el precio del gas en el mercado, menos el precio del gas de referencia que marca el Gobierno, dividido por un coeficiente de eficiencia del 0,55. Y como resultado de esta fórmula se obtiene el ajuste que se les pagará a las centrales que generen electricidad bajo este mecanismo.

Además, este sobrecoste se pagará entre todos los consumidores que se beneficien de la medida, ya sea porque estos adquieran la energía a un precio directamente referenciado al valor del mercado mayorista (como son los casos de la tarifa regulada o PVPC y las tarifas indexadas de mercado libre) o bien, porque hayan firmado o renovado un contrato teniendo en cuenta previamente el efecto beneficioso del mecanismo sobre los precios mayoristas (como pueden ser los contratos firmados después del 26 de abril de 2022). Por lo tanto, la demanda que no se beneficie de la medida porque haya suscrito instrumentos de cobertura, no deberá pagar dicho sobrecoste [5].

Resumiendo, la idea principal de dicho mecanismo se centra en la limitación del precio del gas natural, para así reducir el precio de oferta de las tecnologías fósiles y, por tanto, el peso que suponen como fijadoras del precio final del mercado en la subasta diaria. En otras palabras, lo que se busca con este mecanismo es que no se pague a todas las tecnologías como si fuesen ciclos combinados de gas [3].

### 1.1.4 Influencia de las renovables en el precio del gas

Es importante destacar que el tope del gas resulta ser más caro durante las horas valle, las cuales normalmente se establecen como las más económicas, y más barato en las horas centrales del día. Esto se debe fundamentalmente a que, durante la noche, la producción de energías renovables (tanto eólica como solar) es muy reducida, por lo que las centrales eléctricas emplean el gas natural para su producción. Sin embargo, el coste de este mecanismo se reduce durante el mediodía debido a la alta producción de este tipo de energías (especialmente la solar).

### 1.1.5 Principales impactos en los agentes del sector energético

Otro de los aspectos importantes a tener en cuenta con la inclusión del mecanismo son los impactos que este genera sobre los diferentes agentes del sector energético:

- Consumidores domésticos e industrias: “tanto los consumidores domésticos que se acogen a la tarifa regulada (PVPC), como la industria con contratos indexados al pool, serán los principales beneficiarios de esta medida. Por su parte, aquellos consumidores que tengan contratos de precio fijo o acuerdos de compra a plazo (PPAs), deberán incorporar el coste de financiación del ajuste al renovar sus respectivos contratos, por lo que su suministro energético se variabilizará.

Por lo tanto, al decidir entre las ofertas de mercado libre (contratos a precio fijo, PPAs, etc.) y la tarifa regulada o la exposición directa al mercado mayorista, es fundamental tener en cuenta que habrá que añadir el coste del ajuste al precio del pool. Este podrá situarse entre los 20 y 45 €/MWh, en función del precio del gas, del nivel del cap y de las unidades de demanda que lo financien, ya que cuanto mayor sea la demanda obligada a pagar, menor será el coste unitario. No obstante, si el precio del gas se vuelve a disparar este sobre coste podría alcanzar cotas bastante altas.

Asimismo, la medida de limitar los precios de la electricidad permitirá reducir la inflación, lo que será positivo para la economía en su conjunto”.

- Generadores de electricidad: “en este caso, el mecanismo afectará a todos los generadores, dado que las instalaciones afectadas (centrales de ciclo combinado de gas natural, plantas de carbón y cogeneradoras que no se beneficien de un régimen retributivo específico), deberán internalizar el tope al precio del gas en sus ofertas, limitando a un máximo de unos 130€/MWh el precio marginal que se fije en el mercado mayorista”.
- Comercializadores: “este sector podrá estar exento del pago del ajuste por aquella parte de su energía que se encuentre sujeta a instrumentos de cobertura a plazo, firmados antes del 26 de abril de 2022. Para hacer esto posible, será necesario presentar ante OMIE la energía asociada a su posición neta compradora que se beneficia de coberturas a plazo, así como una declaración responsable firmada por el consejero delegado o cargo de responsabilidad análoga.

Para las compañías verticalmente integradas (generación y comercialización de un mismo grupo), las comercializadoras podrán presentar la energía asociada a los contratos de suministro con los consumidores finales como medio de declaración de la exención de la energía. Para ello, disponen de cinco días hábiles a contar desde la entrada en vigor del Real Decreto-ley.

También, deberán ajustar sus garantías para dar cobertura a las obligaciones económicas que se puedan derivar de la liquidación del mecanismo de ajuste”.

- Renovables, cogeneración y residuos con régimen regulado (RECORE): “por último, cabe mencionar la introducción de una modificación del Real Decreto 413/2014, para así incentivar la participación en los mercados a plazo de las instalaciones renovables, cogeneración y residuos acogidas al régimen retributivo específico (RECORE). Esta participación deberá hacerse de forma escalonada a partir de 2023, quedando exentas de este requisito las instalaciones de pequeño tamaño” [5].

### 1.1.6 Beneficios del mecanismo

Tras el estudio realizado sobre la nueva medida del tope al gas, se puede llegar a la conclusión de que dicha medida incrementa las facturas de luz, pero al mismo tiempo, retiene el verdadero coste que tendría la luz sin esta ayuda. Es por ello que en un principio, este sistema parece tener la capacidad de ofrecer cierta estabilidad al mercado eléctrico, y a pesar de que los precios de referencia siguen siendo altos, si se comparan con los precios de otros años, ya no se dan las cifras tan elevadas que se tenían anteriormente [3].

A continuación, se muestra un gráfico en el que se distingue la diferencia entre la aplicación o la no aplicación del tope del gas sobre el precio de mercado:

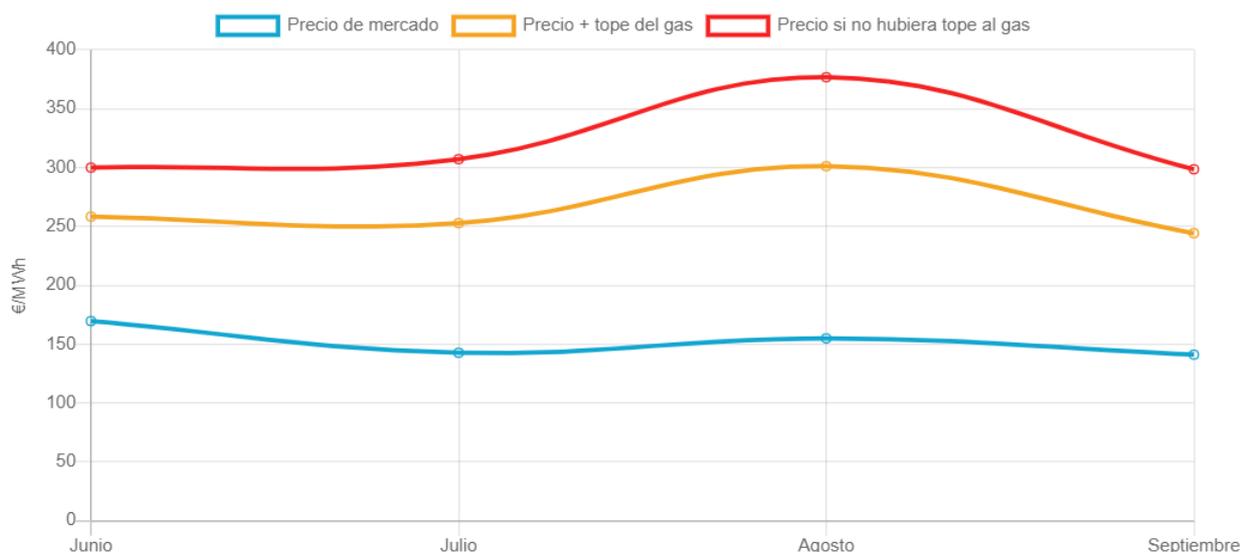


Figura 3. Precio de la luz con y sin el tope del gas.

## 1.2 Metodología y datos

Una vez sentadas las bases del mecanismo se llevará a cabo un estudio sobre como afecta esta medida, y que influencia tiene el “tope al gas” en el propio mercado eléctrico. Para ello, se obtendrán datos de todos los días del año (tomando 2022 como referencia), lo cual nos permitirá analizar el comportamiento del mercado antes y después de la aplicación del Real Decreto Ley 10/2022.

Para realizar el estudio, se ha diseñado un fichero en Python, a través del cual, se pueden leer todos los datos de las ofertas que se lanzan al mercado por parte de las diferentes tecnologías. Estos datos se obtienen a través de OMIE (Operador del Mercado Ibérico de Energía), el cual, se encarga de gestionar los mercados eléctricos existentes y organizar a todos los agentes que participan en el propio mercado, ya sean generadores, comercializadores, consumidores directos o incluso representantes.

En cuanto a los datos anteriormente mencionados, caben ser destacados:

- El valor del precio medio del mercado, tanto español como portugués, ya que cada día se puede conocer el precio medio fijado para el día siguiente. Además, también se conoce como variará dicho precio por horas, y como ha sido la evolución del mismo durante el año.
- El valor de compra y venta neta de energía diaria, así como la recaudación obtenida por dichas ventas cada día.
- La cantidad de energía que produce cada tecnología, ya sean tecnologías fósiles o renovables. De hecho, se podrá ver cuanta energía se ha producido durante el periodo de tiempo que se desee.

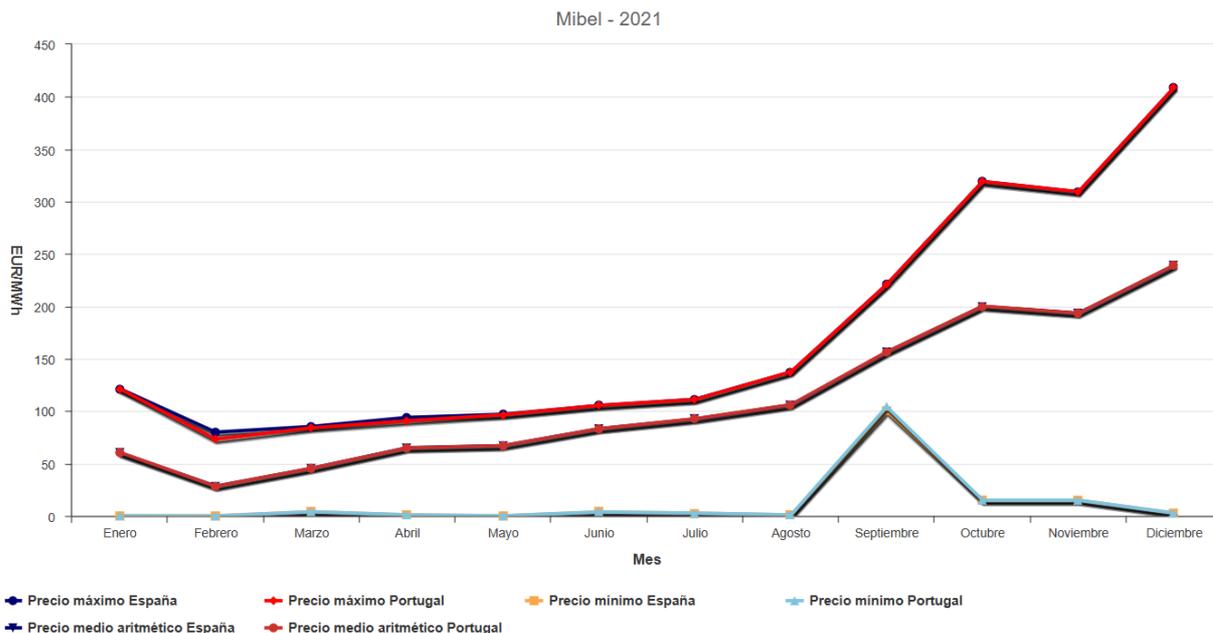


Figura 4. Precios máximos, mínimos y medios de casación del mercado diario.

### 1.2.1 Desarrollo

Para comenzar con el estudio, en primer lugar, se descargan los archivos de OMIE. Estos archivos se suben diariamente, y contienen diferentes datos sobre las ofertas que se lanzan al mercado.

OMIE - Merca		Fecha Emisión :31/03/2022	01/04/2022	Mercado diario			
Hora	Fecha	Pais	Unidad	Tipo Oferta	Energía Co	Precio Com	Ofertada ((
1	01/04/2022	MI	GTGPLC1	C	697,9	1.500,00	O
1	01/04/2022	MI	EDPUC2	C	400,7	1.200,00	O
1	01/04/2022	MI	WMARC02	C	3,5	1.002,00	O
1	01/04/2022	MI	BPC01	C	2,8	1.002,00	O
1	01/04/2022	MI	BPRM01	C	34,7	1.002,00	O
1	01/04/2022	MI	WMARC01	C	32,8	1.002,00	O
1	01/04/2022	MI	REPEC01	C	106,5	1.000,00	O
1	01/04/2022	MI	VIEECA1	C	15,4	1.000,00	O
1	01/04/2022	MI	REPPC02	C	18,5	1.000,00	O
1	01/04/2022	MI	GREPSC1	C	268,8	1.000,00	O

Tabla 1. Ofertas lanzadas al mercado eléctrico durante un día completo.

Como se puede apreciar, estos archivos ofrecen la posibilidad de filtrar las ofertas según varios criterios:

- Hora: permite seleccionar las horas concretas en las que se quiera analizar la oferta
- País: permite diferenciar entre mercado español, portugués o su conjunto (mercado ibérico)
- Tipo Oferta: permite elegir si las ofertas son de compra o de venta
- Energía Compra/Venta: muestra la cantidad de energía que se pretende comprar o vender
- Precio Compra/Venta: muestra el precio por el que se pretende comprar o vender dicha energía

- Ofertada (O)/Casada (C): permite seleccionar si la oferta ha sido finalmente casada o no
- Unidad: permite diferenciar según el tipo de unidad productora de energía

Este último apartado será de vital importancia, ya que será el que permita identificar cada tecnología (ciclo combinado, renovables, hidráulica...) en función de su código. Dicho código se recoge en otro documento, llamado "Listado de Unidades".

CODIGO	DESCR	AGENTE	PORCENTAJE PROPIEDAD	TIPO UNIDAD	ESTADO	ZONA/F	TECNOLOGÍA				
APCSE01	AUTOPRO	ENDESA	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APEND01	AUTOPRO	ENDESA	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APERZ01	AUTOPRO	ENDESA	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APEV01	AUTOPRO	E.ON DIST	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APFEN01	AUTOPRO	ENDESA	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APHC01	AUTPROD	HIDROCA	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APIB01	AUTOPRO	IBERDROL	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
APUF01	AUTOPRO	UNIÓN FE	100	AUTOPRO	BAJA	ZONA ESF					
ACAVADB	BOMBAS	EDP-ENE	100	BOMBEO		ZONA POF	Consumo Bombeo Mixto				
ADOUNAB	BOMBA D	EDP-ENE	100	BOMBEO	BAJA	ZONA POF	Consumo Bombeo Mixto				
ADOUROB	BOMBA D	EDP-ENE	100	BOMBEO		ZONA POF	Consumo Bombeo Mixto				
AGUB	C.H.B. AG	REPSOL S	100	BOMBEO		ZONA ESF	Consumo de bombeo				
BRENAB	UNIDAD O	IGNIS ENE	100	BOMBEO		ZONA ESF	Consumo Bombeo Puro				

Tabla 2. Listado de unidades ofertantes.

Una vez recopilados todos los datos se desarrolla el fichero en Python que nos permitirá analizar la influencia del tope al gas en el mercado eléctrico.

Para comenzar, se leerán los archivos obtenidos anteriormente y se guardan como data frame, para poder trabajar posteriormente con ellos con mayor comodidad. Al mismo tiempo, se leerá también el archivo con el listado de unidades.

A continuación, se analizan todas las horas del día y se seleccionan aquellas en las que los ciclos combinados marcan límites, es decir, se muestran como la última tecnología casada y por ende fijan el precio a pagar a todas las demás tecnologías por la energía ofertada.

```

8   import pandas as pd
9   import matplotlib.pyplot as plt
10
11  #Leemos los ficheros correspondientes y los guardamos en un df
12  doc_excel=pd.read_excel('curvas30_Julio.xlsx',skiprows=2)
13  df=doc_excel
14
15  doc_excelbis=pd.read_excel('LISTA_UNIDADES.xls',skiprows=3)
16  dfbis=doc_excelbis
17  doc=dfbis.iloc[:,[0,1,2,3,4,5,6,7]]
18
19  #Seleccionamos las horas en las que el cc marca limites
20  horas1=df.loc[:, 'Hora']==1
21  df_horas1=df.loc[horas1]
22
23  horas2=df.loc[:, 'Hora']==2
24  df_horas2=df.loc[horas2]
25
26  horas3=df.loc[:, 'Hora']==3
27  df_horas3=df.loc[horas3]

```

Una vez hecho esto, se procede con la separación de tecnologías, de tal manera que por un lado se analizarán los ciclos combinados, y por otro, todas aquellas tecnologías que no lo sean (separando siempre por cada hora del día).

```

92  #Separamos entre los cc y los que no lo son para cada hora
93  df_cicloscomb=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Ciclo Combinado']
94  df_horas1cc=(df_horas1[df_horas1['Unidad'].isin(df_cicloscomb['CODIGO'])])
95  df_horas2cc=(df_horas2[df_horas2['Unidad'].isin(df_cicloscomb['CODIGO'])])
96  df_horas3cc=(df_horas3[df_horas3['Unidad'].isin(df_cicloscomb['CODIGO'])])
119 df_notcicloscomb=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']!='Ciclo Combinado']
120 df_horas1notcc=(df_horas1[df_horas1['Unidad'].isin(df_notcicloscomb['CODIGO'])])
121 df_horas2notcc=(df_horas2[df_horas2['Unidad'].isin(df_notcicloscomb['CODIGO'])])
122 df_horas3notcc=(df_horas3[df_horas3['Unidad'].isin(df_notcicloscomb['CODIGO'])])

```

Luego se procede a realizar la búsqueda del precio máximo marcado por los ciclos combinados para cada una de esas horas en las que ha sido la última tecnología casada. Al mismo tiempo, se busca cual sería el siguiente valor en ser casado, es decir, cual es la siguiente tecnología, distinta de los ciclos combinados, que ha establecido el mayor precio de casación, y una vez hallado el valor, se guarda.

```

145 #Obtenemos el precio maximo que marca un cc y la siguiente tecnologia para cada
146
147 p_limite1=float(df_horas1cc.loc[df_horas1cc['Tipo Oferta'].str.endswith("V") &
148 p_notlimite1=float(df_horas1notcc.loc[df_horas1notcc['Tipo Oferta'].str.endswit
149
150 p_limite2=float(df_horas2cc.loc[df_horas2cc['Tipo Oferta'].str.endswith("V") &
151 p_notlimite2=float(df_horas2notcc.loc[df_horas2notcc['Tipo Oferta'].str.endswit
152
153 p_limite3=float(df_horas3cc.loc[df_horas3cc['Tipo Oferta'].str.endswith("V") &
154 p_notlimite3=float(df_horas3notcc.loc[df_horas3notcc['Tipo Oferta'].str.endswit

```

```

145     hora
146
147     (df_horas1cc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Compra/Venta']]
148     h("V") & (df_horas1notcc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Comp
149
150     (df_horas2cc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Compra/Venta']]
151     h("V") & (df_horas2notcc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Comp
152
153     (df_horas3cc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Compra/Venta']]
154     h("V") & (df_horas3notcc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Comp

```

```

145
146
147     ].max()
148     npra/Venta']].max()
149
150     ].max()
151     npra/Venta']].max()
152
153     ].max()
154     npra/Venta']].max()

```

Por otra parte, se calcula también la energía que ha sido casada, tanto la total, como la que se ha casado a través de los ciclos combinados

```

219     #Obtenemos la energía total casada y la energía casada por los cc
220     energia_tot1=float(df_horas1.loc[df_horas1['Tipo Oferta'].str.endswith("V") & (
221     energia_cc1=float(df_horas1cc.loc[df_horas1cc['Tipo Oferta'].str.endswith("V") & (
222
223     energia_tot2=float(df_horas2.loc[df_horas2['Tipo Oferta'].str.endswith("V") & (
224     energia_cc2=float(df_horas2cc.loc[df_horas2cc['Tipo Oferta'].str.endswith("V") & (
225
226     energia_tot3=float(df_horas3.loc[df_horas3['Tipo Oferta'].str.endswith("V") & (
227     energia_cc3=float(df_horas3cc.loc[df_horas3cc['Tipo Oferta'].str.endswith("V") & (

```

```

219
220     df_horas1['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compra/Venta']].st
221     & (df_horas1cc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compra/Venta
222
223     df_horas2['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compra/Venta']].st
224     & (df_horas2cc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compra/Venta
225
226     df_horas3['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compra/Venta']].st
227     & (df_horas3cc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compra/Venta

```

```

219
220     um()
221     ']].sum()
222
223     um()
224     ']].sum()
225
226     um()
227     ']].sum()

```

Tras recoger todos estos datos se procede a calcular el ahorro que se obtiene al aplicar la medida. Primero se calcula la diferencia de precios entre el precio límite de casación fijado por el ciclo combinado y el precio que fijó la tecnología anterior. A continuación, esa diferencia se multiplica por la energía total casada para así obtener el ahorro que conseguido.

En paralelo, se multiplica de nuevo esa diferencia de precios por la energía casada únicamente por los ciclos combinados, para así conocer el valor de la indemnización a pagar a esta tecnología. Y finalmente se restan estos dos últimos valores calculados previamente para obtener el resultado final, el cual, muestra las ganancias totales tras la aplicación del tope al gas.

```

292 #Calculamos el ahorro final para cada hora
293
294 diferencia_lim1=p_limite1-p_notlimite1
295 ahorro1=diferencia_lim1*energia_tot1
296 indemniz1=diferencia_lim1*energia_cc1
297 resultado1=ahorro1-indemniz1
298
299 diferencia_lim2=p_limite2-p_notlimite2
300 ahorro2=diferencia_lim2*energia_tot2
301 indemniz2=diferencia_lim2*energia_cc2
302 resultado2=ahorro2-indemniz2
303
304 diferencia_lim3=p_limite3-p_notlimite3
305 ahorro3=diferencia_lim3*energia_tot3
306 indemniz3=diferencia_lim3*energia_cc3
307 resultado3=ahorro3-indemniz3

```

Por último, se grafican los resultados obtenidos para cada día. También se puede hacer extensible para cada mes, e incluso al año completo

```

450 #Por ultimo graficamos los ahorros del dia para cada hora
451 x=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24]
452 y=[0,0,0,0,0,0,0,0,resultado8,0,0,0,0,0,resultado14,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0]
453 plt.bar(x,y)
454 plt.show()

```

## 1.3 Resultados

Una vez realizadas las simulaciones correspondientes, se obtuvieron una serie de gráficas que muestran los resultados obtenidos, los cuales se analizarán a continuación.

Para ello, en primer lugar se hará un análisis de los efectos del mecanismo para todos los días de los meses de marzo y enero. El porqué de dicha elección se centra en los precios de casación que se dan en ambos meses. En el caso de marzo, se mantuvieron precios de casación muy altos a lo largo de todo el mes, con valores en torno a los 300€/MWh, y llegando a límites de hasta 700€/MWh (máximo anual). Por su parte, en el mes de enero, los precios de casación fueron algo más bajos, con valores en torno a los 250€/MWh.

Posteriormente se estudiarán estos mismos efectos tomando como referencia el mes al completo, y finalmente, se realizará esta misma evaluación para todo el año 2022.

### 1.3.1 Marzo (estudio diario)

Para analizar el mes de marzo se consultaron los datos recogidos en la página de OMIE, donde se muestra una tabla en la que se indican las diferentes tecnologías que marcan el precio límite en el mercado diario.

Con esta referencia se pueden localizar fácilmente las horas exactas en las que el ciclo combinado es la tecnología que marca el precio de mercado.

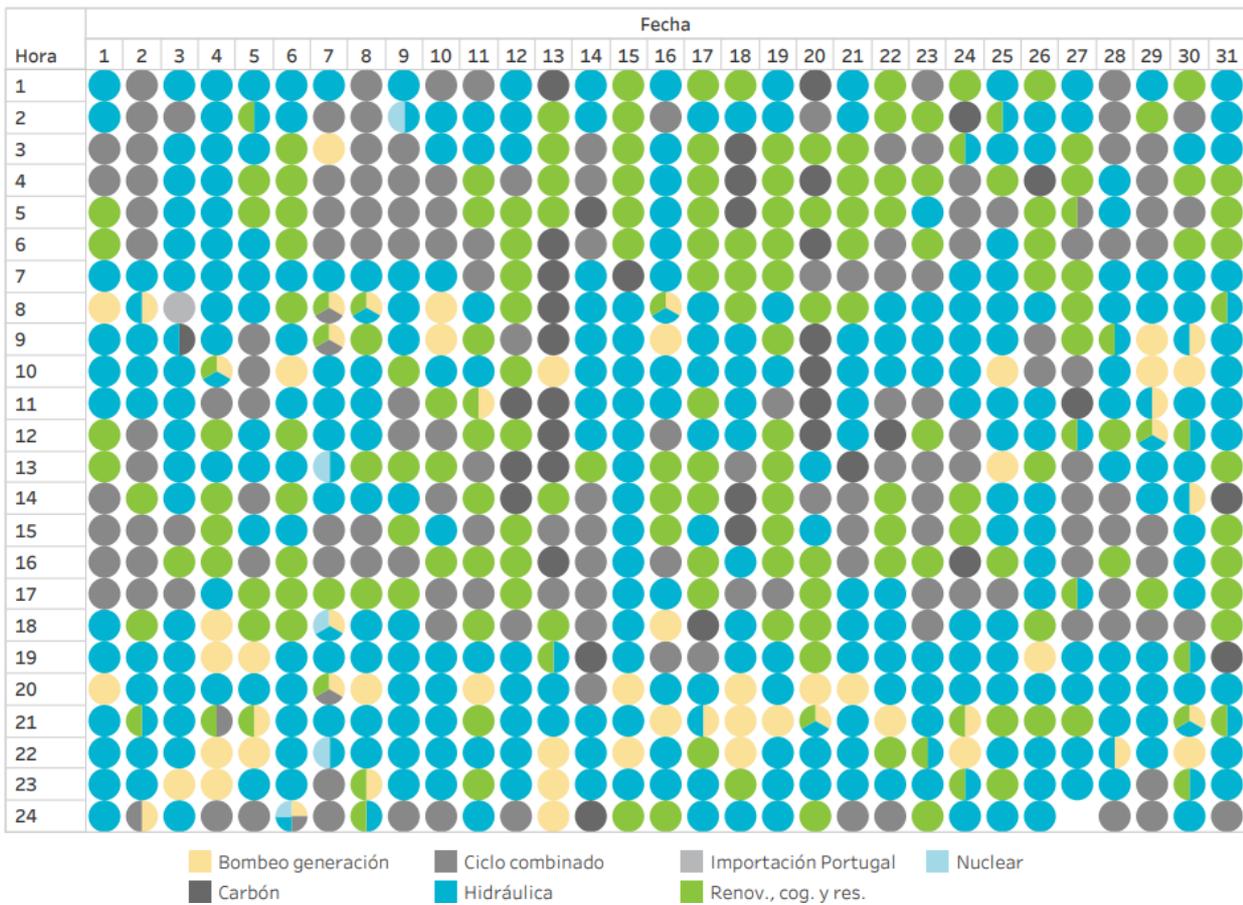


Figura 5. Tecnologías que marcan el precio marginal en el mercado diario.

Además, también se analizó otra gráfica en la que se indican los precios máximos de casación al día durante todo el mes, permitiendo así tener una estimación inicial de que días los resultados pueden ser más interesantes al implementar el mecanismo.

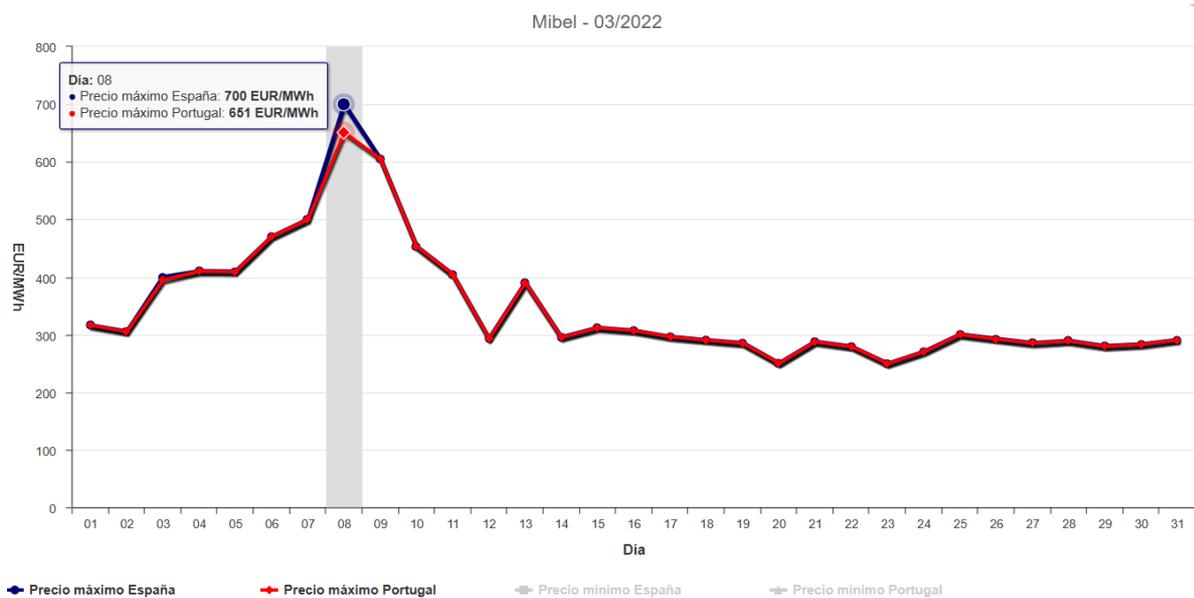


Figura 6. Precios máximos de casación durante el mes de marzo.

Así pues, para comenzar se muestran los beneficios obtenidos en ciertos días:

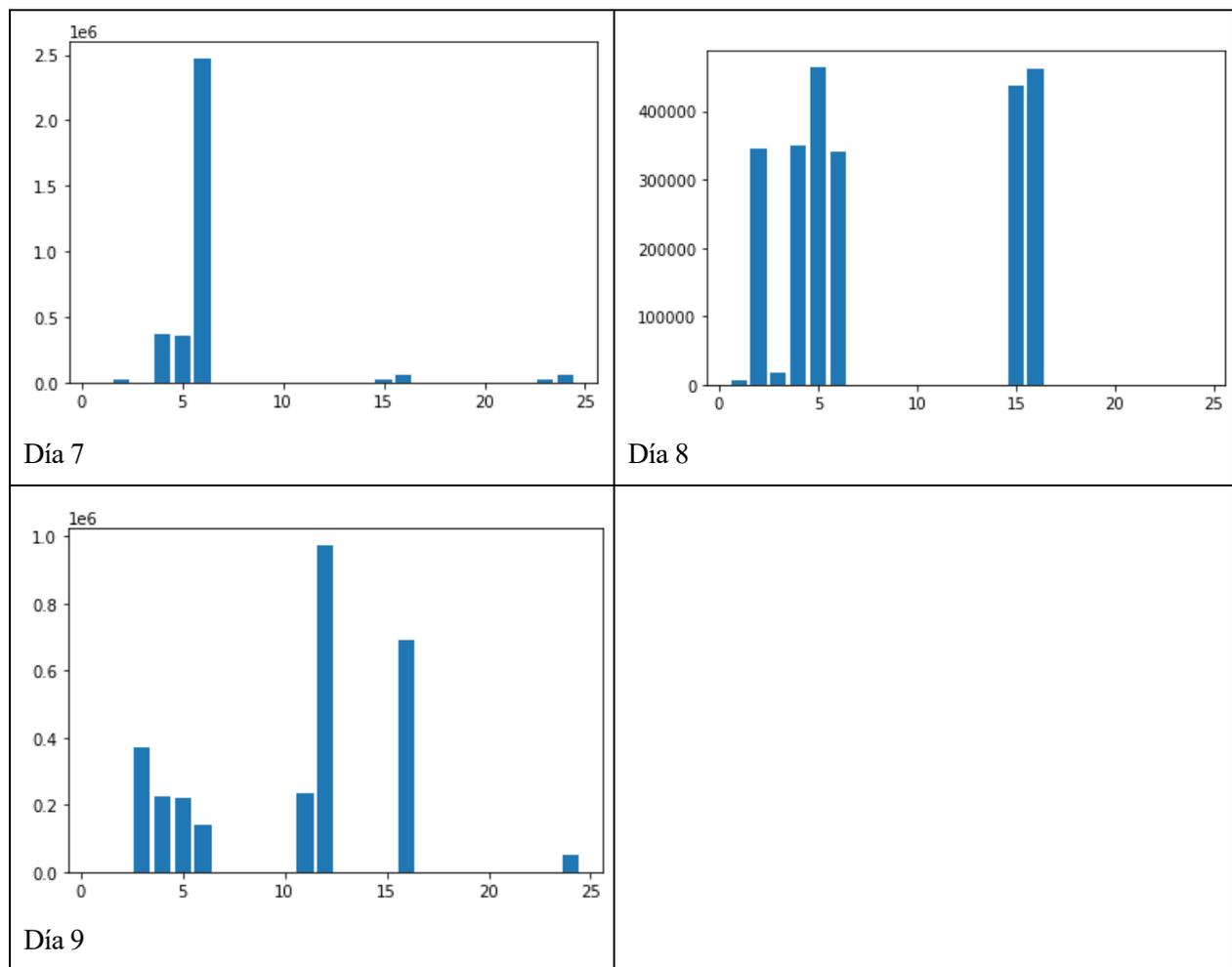


Figura 7. Beneficios obtenidos los días 7, 8 y 9 de marzo.

Estos tres casos, son los días de todo el mes, en los cuales el beneficio fue notoriamente mayor. Este se obtuvo tras conocer el precio marginal marcado por una central de ciclo combinado en el mercado diario, y a continuación, se buscó el precio más alto, marcado por cualquier otra tecnología distinta. Por lo tanto, puede observarse que cuanto mayor sea la diferencia entre estos dos valores, mayor será el beneficio obtenido, ya que la cantidad a pagar al resto de tecnologías (excluyendo los ciclos combinados) será mucho menor.

En el caso de los días 7 y 9 de marzo, se aprecia como la diferencia de precios en algunas horas del día (a las 06:00 y a las 12:00 respectivamente) es muy grande, lo que conlleva un ahorro bastante importante, ya que el precio a pagar al resto de tecnologías disminuiría significativamente. Por contrapartida, en el caso del día 8 de marzo, el beneficio también es grande, pero se logra a raíz de diferencias de precios algo menores, pero que se dan durante varias horas a lo largo del día.

En segundo lugar, se muestran los días en los que los ciclos combinados han marcado límite durante más horas (mínimo 9 horas):

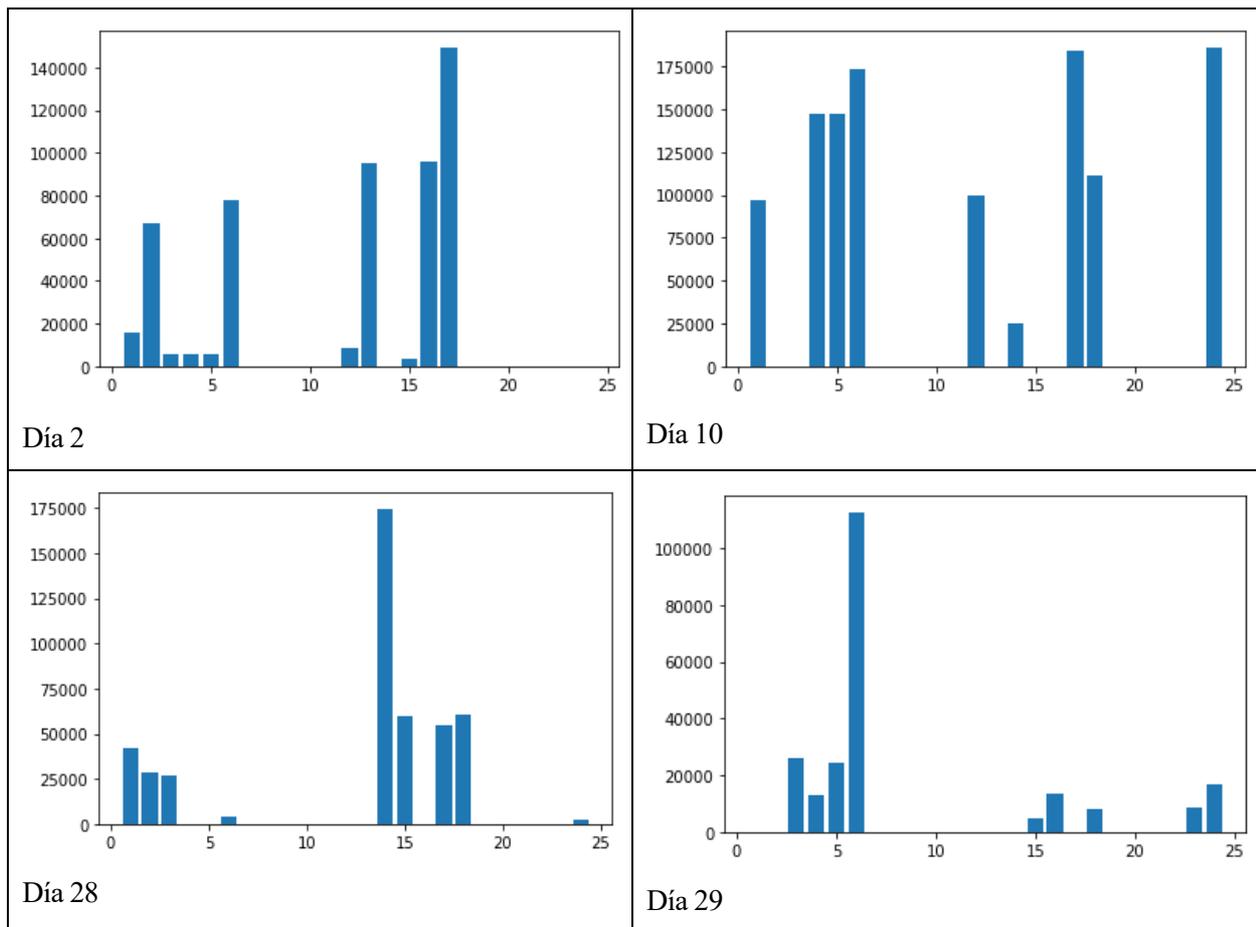


Figura 8. Beneficios obtenidos los días 2, 10, 28 y 29 de marzo.

Como se puede observar, el hecho de que durante el día haya muchas horas en las que los ciclos combinados marcan el precio de casación, no tiene porque implicar un beneficio muy alto, ya que esto último dependerá también de la diferencia entre precios entre el ciclo combinado y la siguiente tecnología más cara (como se mencionó anteriormente).

En este caso concreto se aprecia como para el día 10, los beneficios que se obtienen son relevantes, sin embargo, para el resto de días esa ganancia no es tan significativa, aunque sigue siendo positiva. Otro factor a analizar son las horas del día en las que el ciclo combinado marca dicho límite, las cuales se han agrupado en dos franjas horarias:

- Entre las 4:00 y las 6:00 de la mañana, a excepción del día 28, es la franja horaria en la que mayor diferencia de precios se ha tenido, y por ende, se ha generado un mayor beneficio.
- Entre las 13:00 y las 18:00, variando levemente en función del día, también se ha percibido un gran beneficio debido a esta diferencia en los precios de casación.

En tercer lugar, se muestran los días con menor beneficio:

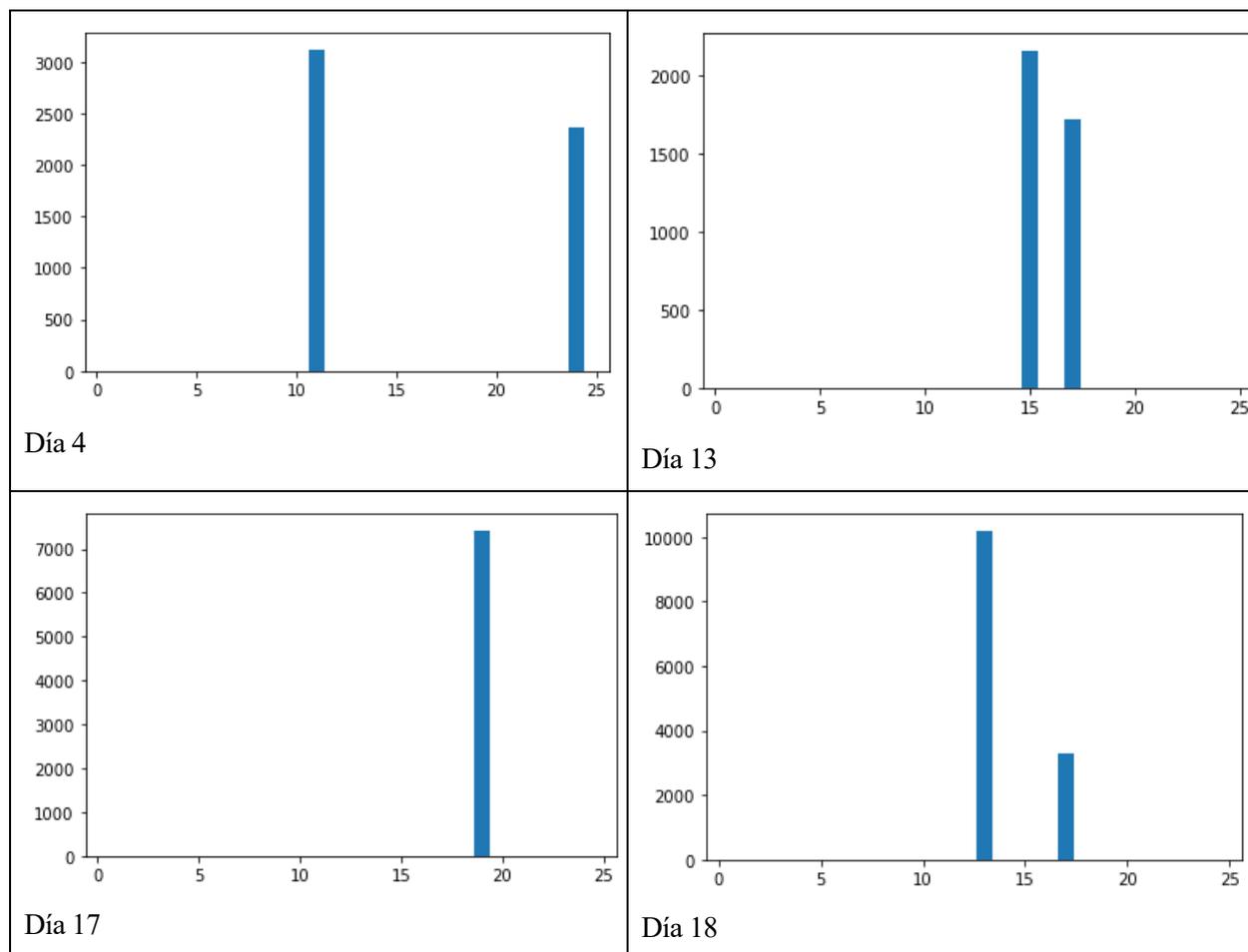


Figura 9. Beneficios obtenidos los días 4, 13, 17 y 18 de marzo.

En estos casos, se muestra como el beneficio que se obtiene con esta medida puede ser muy pequeño durante algunos días, lo cual se debe principalmente a que los ciclos combinados apenas marcan límites de casación durante el día, pudiendo incluso llegar a presentar un beneficio nulo, cuando no marcan el precio marginal para ninguna hora (como puede ser el caso de los días 6 y 14).

### 1.3.2 Enero (estudio diario)

Para el mes de enero se llevará a cabo el mismo procedimiento que se empleó para el mes de marzo. Para ello se modificará el fichero diseñado en Python, ajustándolo a este nuevo mes, y de nuevo se obtendrán todos los datos referentes a las ofertas que se lanzan al mercado por parte de las diferentes tecnologías.

Igualmente se consultaron los datos recogidos en la página de OMIE, para así localizar más fácilmente las horas exactas en las que el ciclo combinado es la tecnología que marca el precio de mercado.

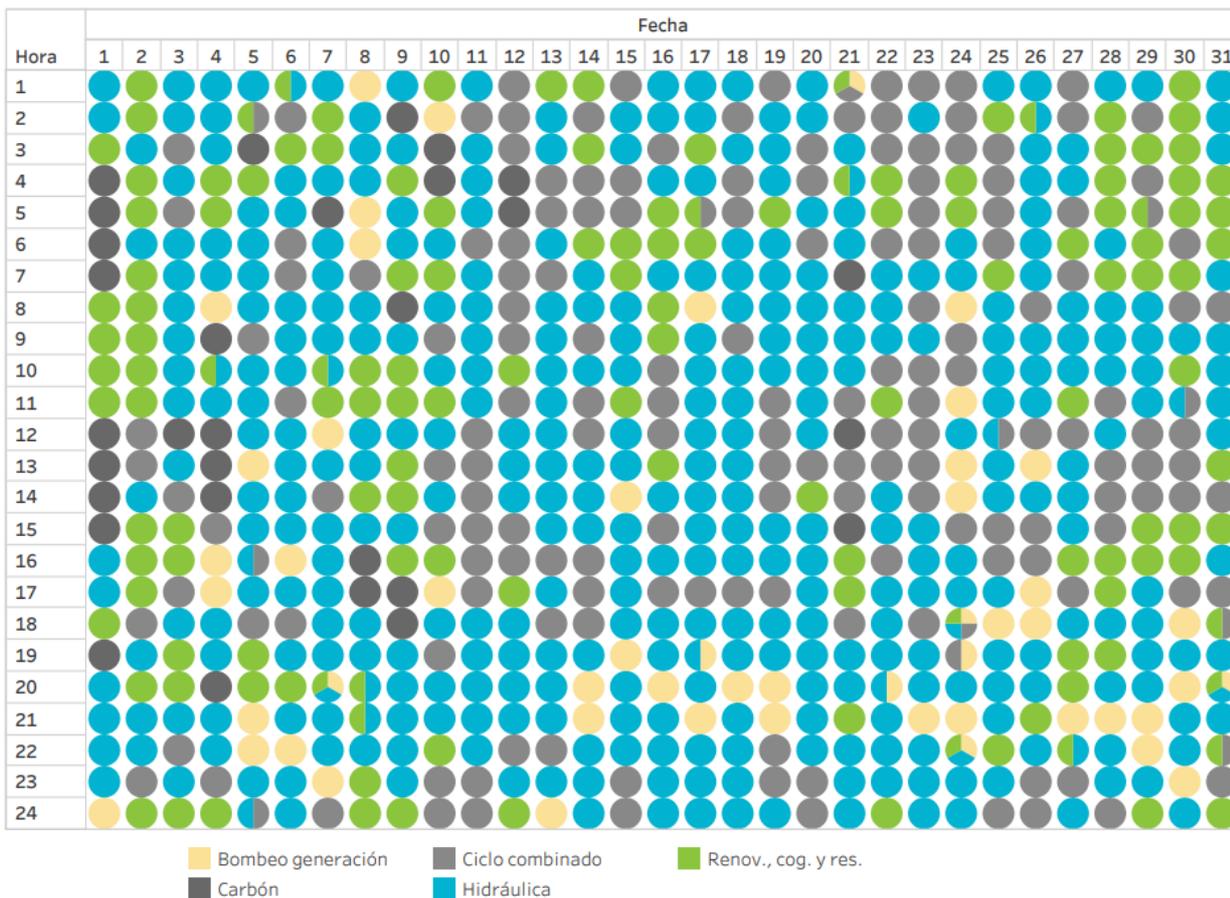


Figura 10. Tecnologías que marcan el precio marginal en el mercado diario II.

Así como, también se analizó la otra gráfica en la que se indican los precios máximos de casación diaria, durante todo el mes.

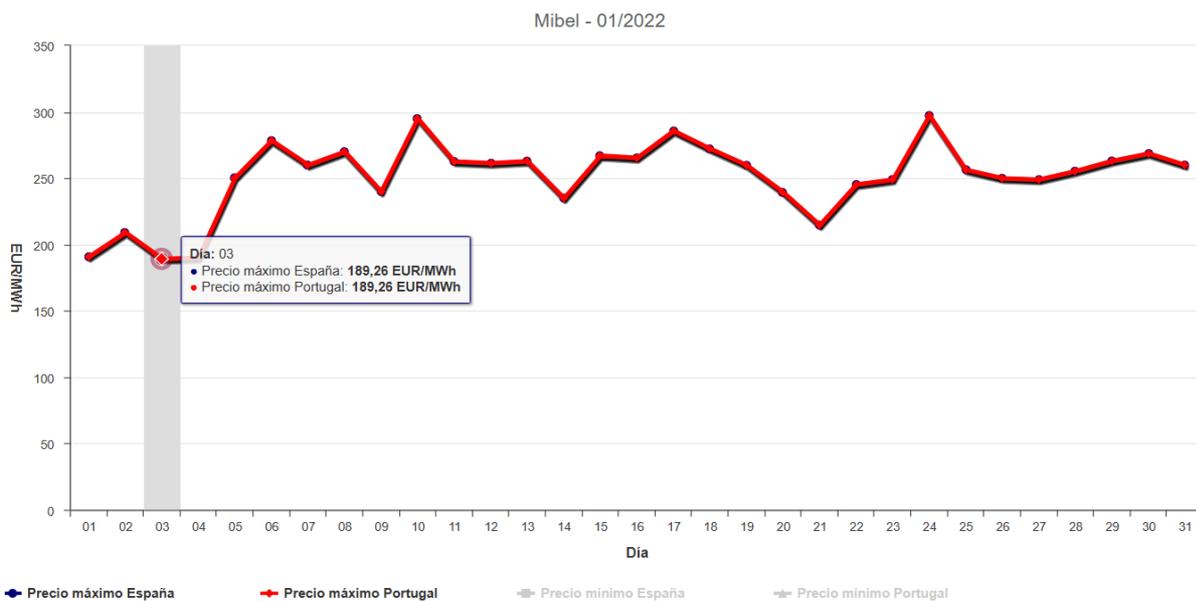
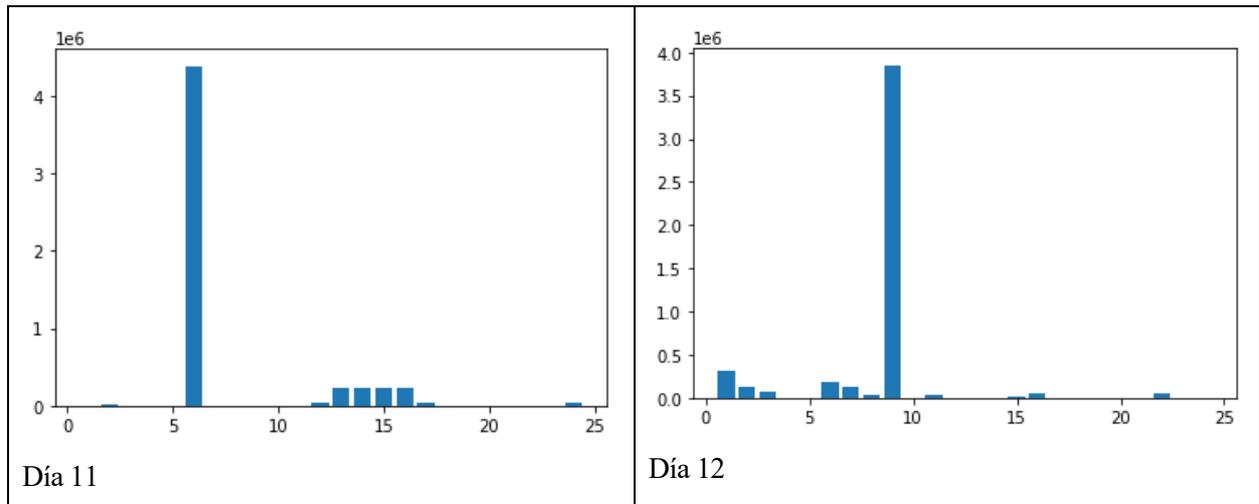


Figura 11. Precios máximos de casación durante el mes de enero.

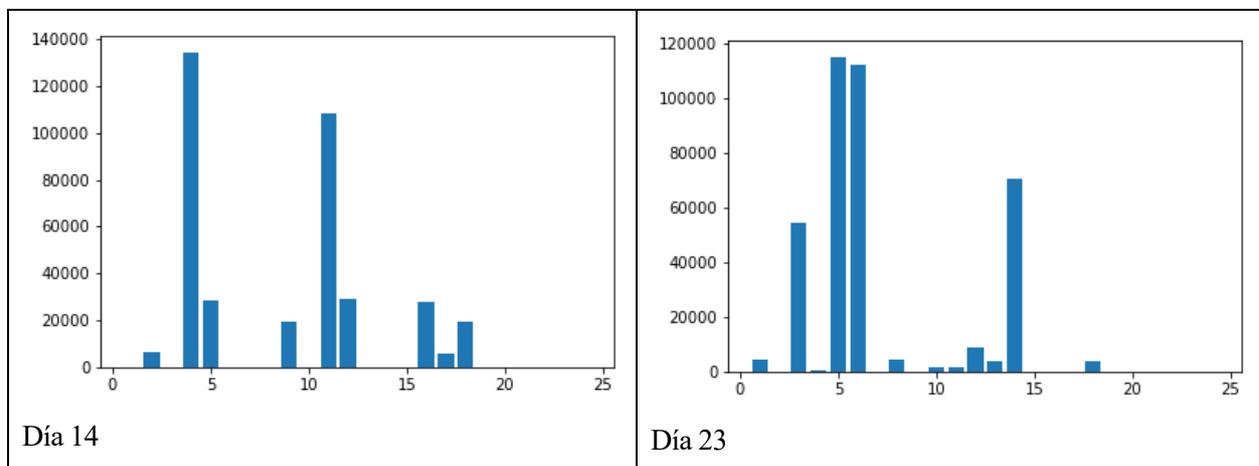
Tras llevar a cabo las simulaciones correspondientes, se obtuvieron una serie de gráficas que muestran los nuevos resultados obtenidos, los cuales se analizarán a continuación.

En primer lugar, se muestran los días con un mayor beneficio:



En estos días se observa que el beneficio es muy alto, pero no se debe exclusivamente a la cantidad de horas al día en las que el ciclo combinado marca el precio de mercado, sino que se debe principalmente a la diferencia de precios entre el ciclo combinado que marca el límite de casación, y el precio máximo marcado por la siguiente tecnología más cara. De hecho, en ambas gráficas se aprecia como una grandísima parte del beneficio a obtener proviene de una hora concreta en la que la diferencia de precios ha sido muy elevada (a las 6:00 el día 11 de enero, y a las 9:00 el día 12).

A continuación, se muestran otros días con un alto número de horas en las que el ciclo combinado marca el precio marginal (mínimo durante 9 horas).



Por último, se muestran los días con menor beneficio de todo el mes:

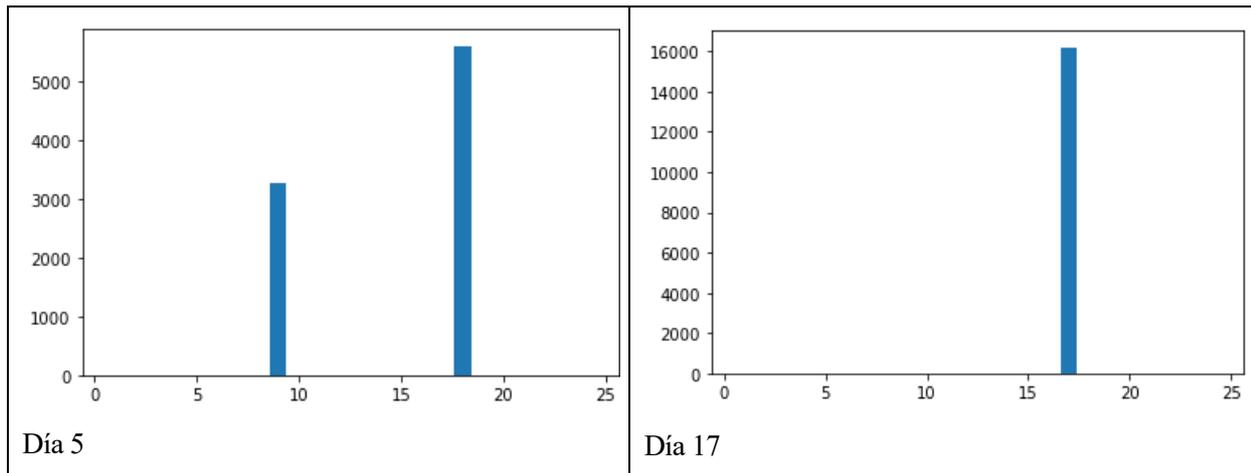


Figura 14. Beneficios obtenidos los días 5 y 17 de enero.

Con esto simplemente se pretende demostrar que, con esta medida, el mayor o menor beneficio obtenido a lo largo de cada mes, no solo dependerá del número de horas al día que el ciclo combinado marque el límite de precio, sino que también dependerá (y en gran medida) de la diferencia de precios límite entre dichos ciclos combinados y el resto de tecnologías.

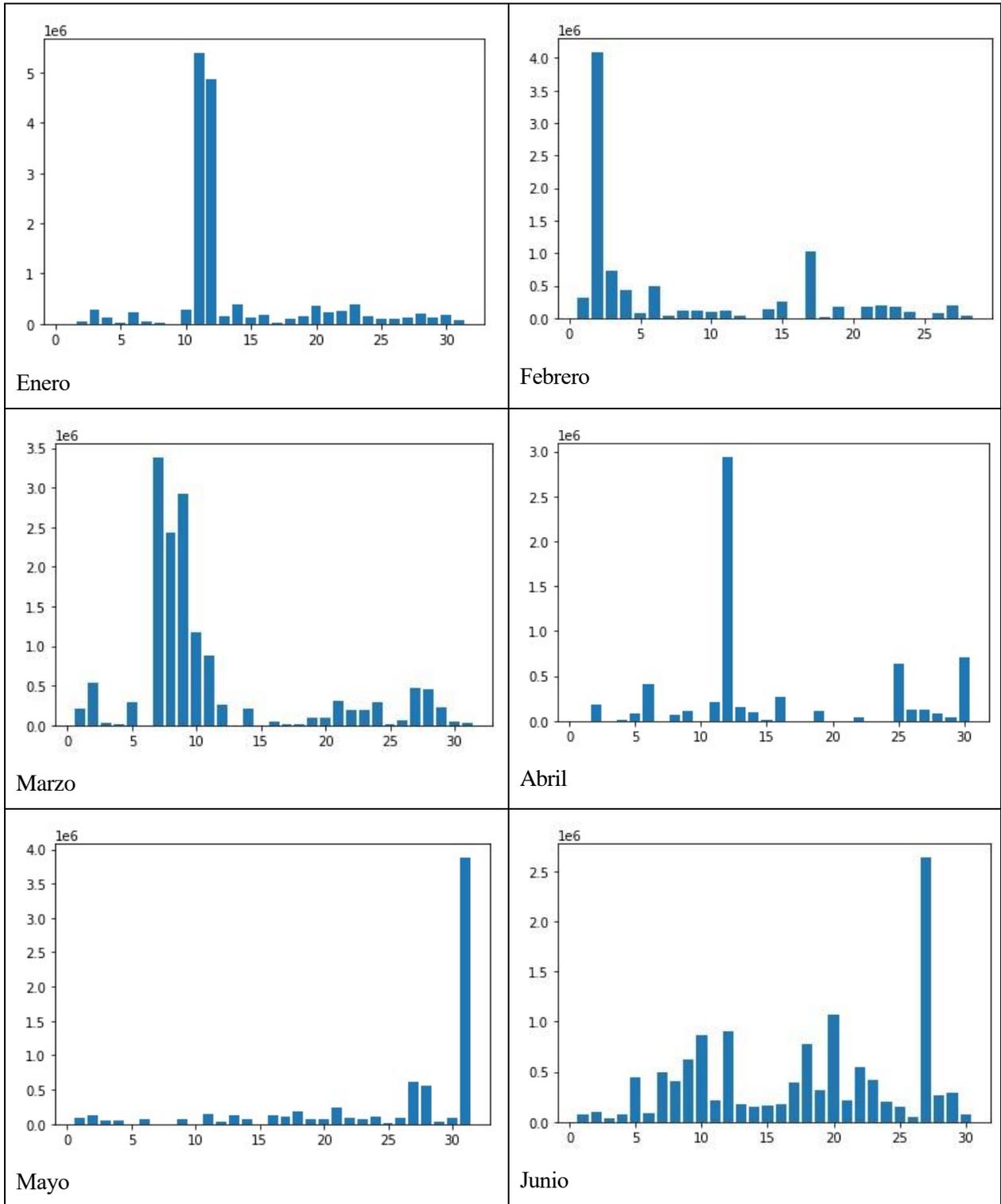
€/Mwh	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
1	0,00	303317,33	201634,46	0,00	82541,48	77699,40	265359,44	341129,17	670978,68	475735,57	576011,84	58904,71
2	47995,29	4092813,13	529724,64	181293,65	120607,86	105313,82	457375,08	124550,56	1081714,95	746985,76	99857,48	292474,63
3	285430,98	721291,86	22349,55	0,00	48033,50	31789,44	567768,12	1059866,49	851667,70	126502,49	455567,85	26259,68
4	134545,78	424194,54	5490,02	9399,15	48726,45	73267,52	1447429,50	562427,34	748014,57	320511,27	795961,10	38397,92
5	8863,74	74874,84	291011,18	85415,65	0,00	448229,34	882720,89	753985,53	1451925,27	557831,41	386598,31	243062,51
6	229624,43	493808,31	0,00	410723,51	80016,30	92576,11	560146,31	1024339,31	324614,15	191526,67	536562,82	240179,03
7	47407,23	37266,09	3382621,46	0,00	0,00	494046,76	160950,91	512279,30	454173,71	472053,37	602957,02	40928,06
8	24558,47	120276,66	2423301,66	63502,60	0,00	401537,08	569134,83	391757,31	92779,45	966905,69	1055699,51	0,00
9	0,00	106365,00	2912796,60	105477,94	63963,54	628143,67	591239,44	403488,17	92708,82	592084,42	468799,88	154172,19
10	274402,72	90706,23	1171126,17	0,00	405,24	868174,45	333206,89	509387,35	306971,69	179818,23	153897,92	93567,74
11	5402358,81	118569,63	886549,36	205995,00	141917,85	214563,49	200317,44	344966,16	1213955,74	223305,78	283763,86	300625,56
12	4860840,27	43381,71	259619,87	2942091,00	40481,42	899147,08	953375,41	135279,95	820670,45	605001,99	107135,17	0,00
13	157650,42	0,00	3875,27	155546,61	132408,61	172329,26	652638,37	170840,57	402187,88	207194,47	116638,33	286164,98
14	379148,31	126121,09	206960,21	95073,74	67784,46	147257,67	1223704,95	377374,45	363371,87	332943,10	397001,26	29391,66
15	124949,30	257053,47	0,00	6020,39	0,00	167774,78	712591,62	463879,15	180982,61	644789,38	34927,37	349633,66
16	164916,43	3281,19	42059,03	272167,66	123953,74	179698,17	805360,61	449505,07	58959,89	126508,23	256907,53	0,00
17	16204,24	1023468,19	7424,87	0,00	105243,67	389002,47	536145,79	369552,65	173389,35	421990,60	9025,55	238080,03
18	105676,08	14507,38	13486,49	0,00	184726,73	771414,89	144894,76	87462,31	398927,69	506814,61	27545,27	0,00
19	163983,08	179926,20	97670,08	114033,55	76887,63	317830,26	241320,30	713080,20	298539,72	169575,84	0,00	0,00
20	371098,69	0,00	87115,42	0,00	65391,61	1068108,75	242900,67	658776,94	289766,49	294632,37	0,00	0,00
21	223279,89	181484,94	303438,40	0,00	231097,46	208998,37	542000,90	130951,94	790128,84	229812,25	0,00	0,00
22	268442,07	191180,75	190475,01	43482,77	91827,27	543806,40	78747,81	1391408,99	88629,66	190424,35	0,00	0,00
23	381522,62	180718,02	186053,29	0,00	65546,34	412718,54	110046,08	895204,47	892779,09	3811,74	30535,79	0,00
24	155182,25	88213,73	283512,43	0,00	103731,23	207657,01	190564,48	851720,49	334059,88	593087,98	341440,77	0,00
25	100802,88	0,00	19844,36	637869,25	21320,20	151309,01	506079,00	1457424,15	175656,78	402983,73	145086,80	0,00
26	96062,86	68251,26	56409,84	130126,51	96084,06	42664,83	774651,40	1156877,12	119742,43	442957,94	2889,31	87506,25
27	116898,35	195004,65	469719,47	118651,38	620402,74	2642878,59	357038,64	1912325,61	344750,01	122715,54	27717,99	110902,03
28	208084,94	37973,08	453477,89	78632,54	565875,83	263969,08	190176,22	658915,56	57429,08	181403,51	16302,00	0,00
29	135909,00		227783,66	43577,79	34174,00	294015,62	694517,55	655299,19	377707,45	124587,97	87406,17	0,00
30	168861,03		43995,68	707671,83	98774,96	74078,81	18567,19	535128,42	456817,68	261757,56	96951,55	0,00
31	79264,20		21762,96		3883542,97		61092,25	470907,31		343393,36		0,00
	14733964,38	9174049,27	14801289,34	6406752,52	7195467,14	12390000,66	15072062,85	19570091,23	13914001,58	11059647,17	7113188,46	2590250,64

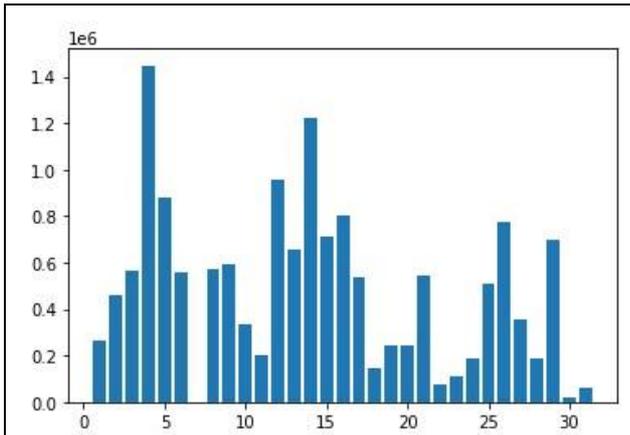
Tabla 3. Beneficios obtenidos por días en el año 2022.

En la tabla anterior se muestran todos los beneficios que se consiguen, para cada día del mes a lo largo del año 2022.

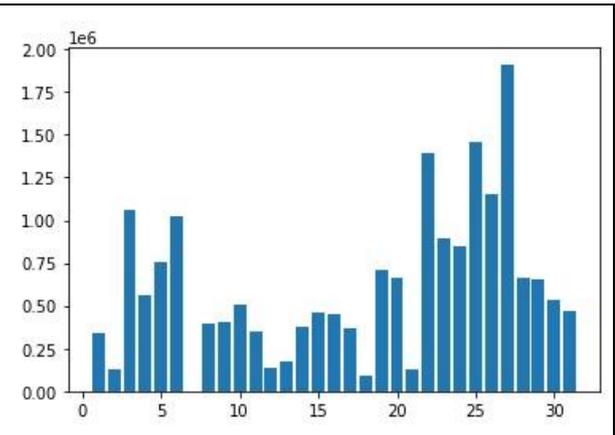
### 1.3.3 Estudio mensual y anual

En este apartado se mostrarán los resultados obtenidos para varios meses del año, permitiendo así analizar los beneficios a mayor escala.

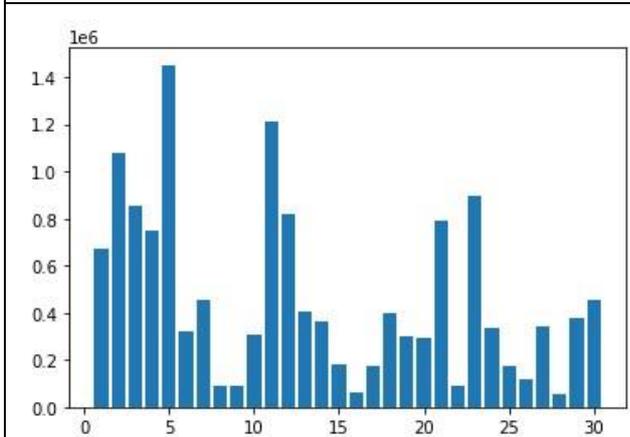




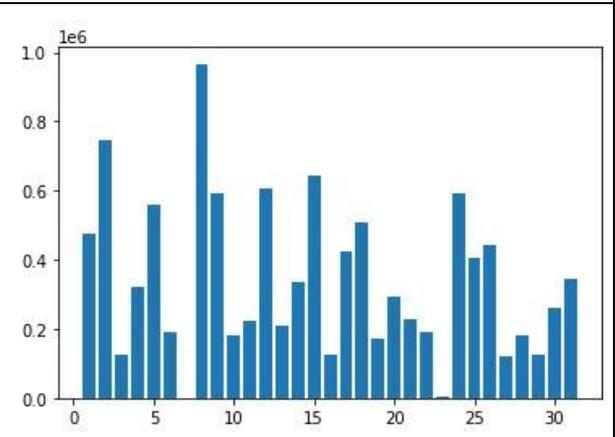
Julio



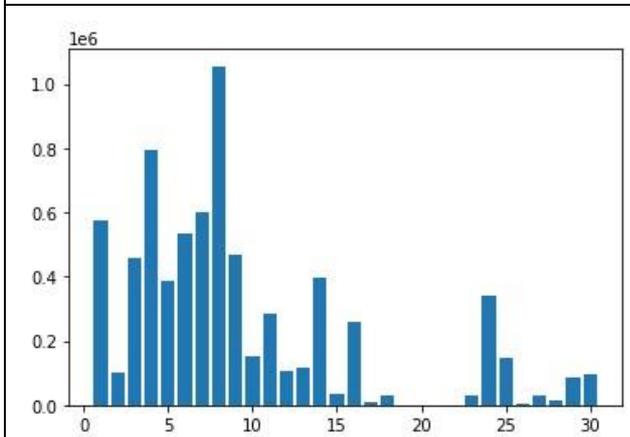
Agosto



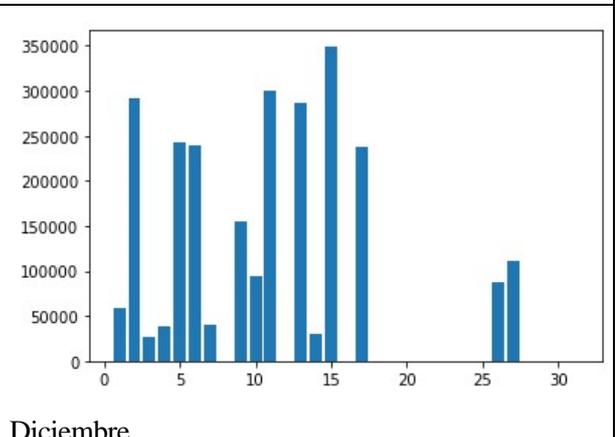
Septiembre



Octubre



Noviembre



Diciembre

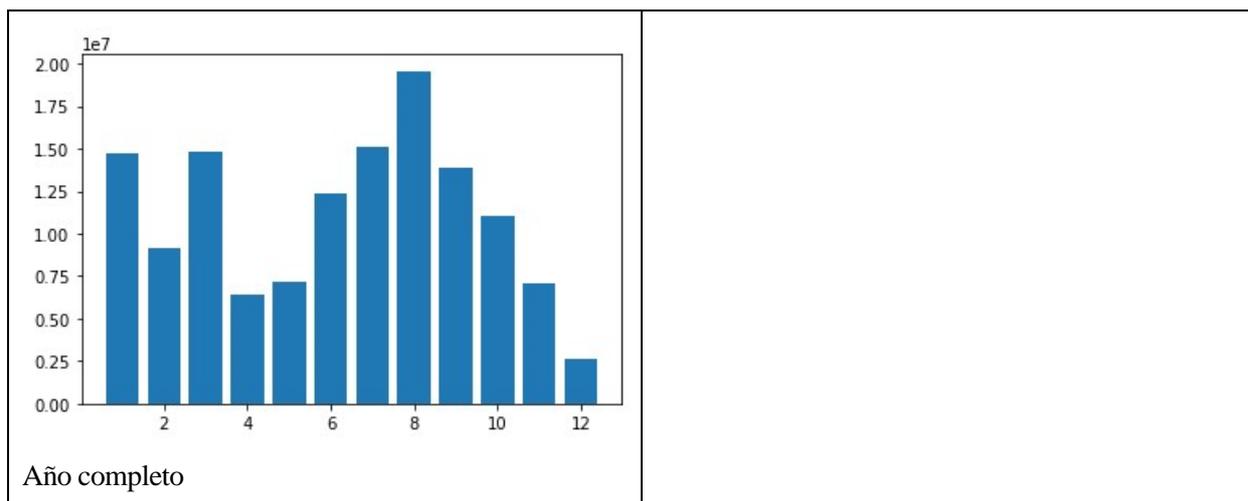


Figura 15. Beneficios obtenidos durante todos los meses del año 2022.

Tal y como se muestra en las gráficas, el ahorro obtenido varía significativamente en función del mes del año, de tal modo que durante los meses de enero, abril o mayo, los mayores beneficios se obtienen de manera puntual durante unos pocos días en el mes, mientras que en otros meses como julio, agosto o septiembre los beneficios se obtienen de manera mucho más repartida durante varios días.

Otro aspecto a tener en cuenta es el propio beneficio obtenido, el cual es mayor durante los meses de verano, sobre todo en agosto, y bastante menor durante el invierno, como es el caso concreto de diciembre, donde dicho beneficio es muy pequeño en comparación con el resto de meses.

Finalmente se muestra una tabla con los datos numéricos obtenidos, donde puede apreciarse la diferencia de ahorros entre unos meses y otros.

Enero	14.733.964	Mayo	7.195.467	Septiembre	13.914.002
Febrero	9.174.049	Junio	12.390.001	Octubre	11.059.647
Marzo	14.801.289	Julio	15.072.063	Noviembre	7.113.188
Abril	6.406.753	Agosto	19.570.091	Diciembre	2.590.251

Tabla 4. Beneficios totales obtenidos por mes.



## 2 RETRIBUCIÓN FIJA A TECNOLOGÍAS DE GENERACIÓN INFRAMARGINALES

---

*Las cosas no se hacen siguiendo caminos distintos para que no sean iguales, sino para que sean mejores.*

*- Elon Musk -*

El precio del gas y de la electricidad alcanzó niveles récord en 2021, lo cual, unido a la invasión sufrida en Ucrania por parte de Rusia, y las correspondientes consecuencias que esto presenta (sobre todo en lo referente al gas) hace preveer que los precios de la energía se mantendrán muy altos durante varios años. Por tanto, no estamos hablando de un tema que pueda reducirse al ámbito nacional, sino que se extiende a nivel continental.

Ante esta situación el Consejo Europeo se centra en promover la optimización del funcionamiento del mercado eléctrico europeo a través de una serie de medidas que permitan reducir el impacto de los precios elevados del gas, en los precios que pagan finalmente los consumidores. Una de estas medidas planteadas es la retribución fija a tecnologías de generación inframarginales, la cual se estudiará y desarrollará a lo largo de este punto.

### 2.1. Propuestas

La Comisión Europea, por su parte, también manejaba una serie de posibles escenarios para intervenir el mercado eléctrico y frenar definitivamente los precios de la electricidad en Europa.

Una de estas medidas se centraba en el establecimiento de un tope al precio del gas empleado en la generación eléctrica, es decir, el mismo mecanismo que la excepción ibérica (comentado anteriormente), pero en este caso se pretendía hacer extensible a todo el territorio de la Unión Europea.

No obstante, esta opción se terminó descartando, ya que, si bien es cierto que se logran unos precios más bajos, también es importante ser conscientes del aumento significativo de uso de gas al que se conduce, para la generación de energía. Además, este aumento en el consumo de gas podría concentrarse en aquellos países con una mayor flota de energía a gas, corriendo estos últimos el riesgo de verse fuertemente afectados por posibles interrupciones de suministro de gas por parte de Rusia.

Es por esto que la Comisión Europea optó por estudiar otras alternativas como la de establecer un mecanismo de ajuste que permita limitar las retribuciones obtenidas por las tecnologías inframarginales, entre las que se encuentran principalmente, las tecnologías renovables intermitentes (como la eólica o la solar), la nuclear y parte de la hidráulica.

Dicha medida, se centra en la fijación de un límite para el precio de la electricidad obtenido por los generadores inframarginales. De este modo, se garantiza que estas tecnologías no puedan obtener ingresos significativamente superiores a sus costes (los denominados beneficios caídos del cielo). Además, este tope de precios podrá hacerse extensible a esquemas de apoyo (subastas), en el caso de que estos esquemas generen ingresos por encima del

tope.

No obstante, el mecanismo propuesto no modificará las reglas de fijación de precios del mercado marginalista, ya que la tecnología más cara seguiría determinando el precio de mercado, el cual, se retribuiría a todas las tecnologías ofertantes.

Cabe mencionar que la medida se realizará tras la liquidación de la subasta del mercado diario. Además, al depender esta de la cuota de generación inframarginal y del diseño de las medidas de apoyo a las fuentes de energía renovable existentes, el impacto generado será distinto para cada país.

*(including wind, solar, nuclear, run-of-river hydropower and lignite-fired generation)*

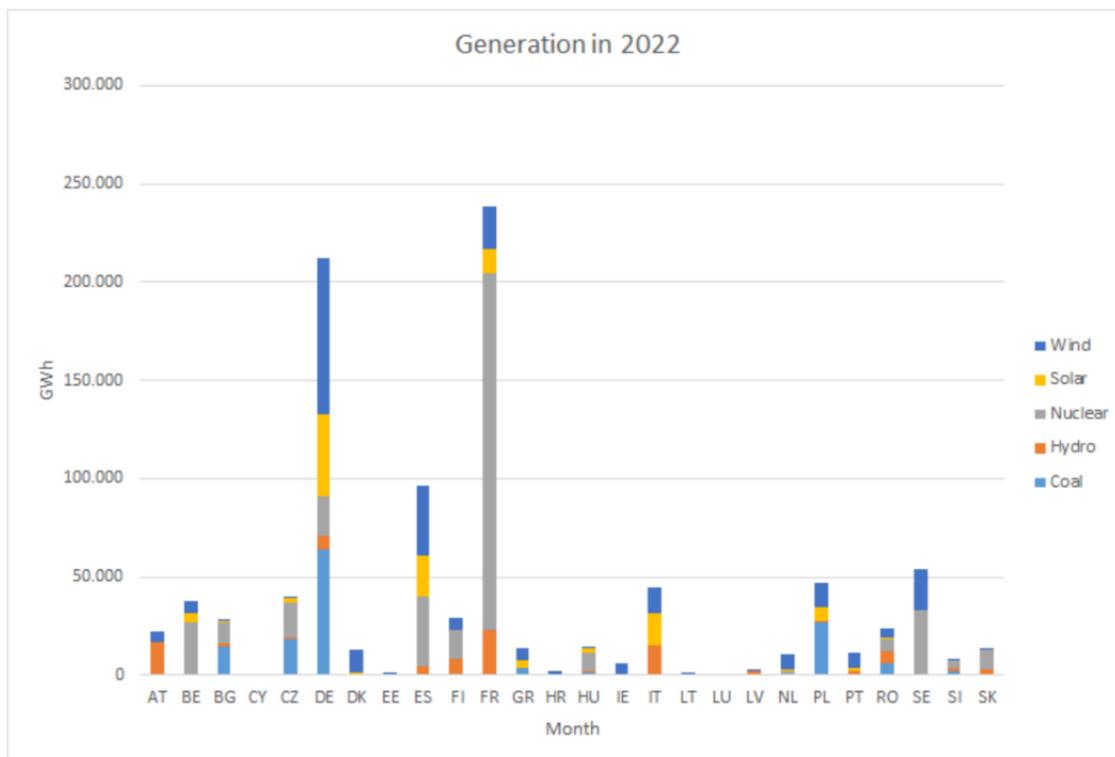


Figura 16. Generación media de las tecnologías inframarginales por cada Estado Miembro en 2022.

Con este mecanismo no se incrementarán las exportaciones de electricidad a terceros países ya que el tope se aplica para evitar que el despacho eficiente y el comercio transfronterizo se vean afectados por el mismo. Por ende, tampoco tendría por qué verse afectada la producción con ciclos combinados de gas.

No obstante, este límite de precios podría acarrear problemas ante los contratos ya cerrados, o bien podría hacer que los inversores dejasen de invertir. Es por esto que se buscará mitigar dicho riesgo estableciendo el tope a un cierto nivel que aún proporcione incentivos para invertir en tecnologías descarbonizadas [6].

### 2.1.1 Pros y contras

En definitiva, la idea se centra en reducir el beneficio de las eléctricas para así conseguir una disminución en el precio de la luz que pagan los consumidores. De hecho, el mecanismo funciona de forma similar a como lo haría un impuesto sobre estos beneficios caídos del cielo, pero en vez de gravar los ingresos a posteriori, como haría un tributo, el mecanismo actúa directamente dentro del mercado sobre la retribución de las tecnologías.

Sin embargo, esta propuesta sería incompatible con la de un impuesto sobre los ingresos de las compañías eléctricas, ya que presentarían una misma finalidad.

En cuanto a los aspectos positivos de la propuesta, cabe destacar que esta no altera las reglas básicas del mercado ni las señales que transmiten los precios, lo cual es una gran ventaja con respecto a otras alternativas. El gas se traslada en su integridad, y al mismo tiempo, se continúa repercutiendo sobre los precios mayoristas de la electricidad, por lo que no se enmascara la realidad.

Por otro lado, las tecnologías inframarginales aun obtienen ciertos beneficios, aunque estos pueden verse ligeramente reducidos. No obstante, debido a los elevados precios del gas que se tienen, muy superiores a los que existían en el momento en el que empezaron a funcionar muchas de las instalaciones activas, aun existe un margen elevado para situar un umbral razonable de retribución, manteniendo el beneficio, sin tener que alterar significativamente los incentivos para la inversión en tecnologías inframarginales, sobre todo en instalaciones de generación solar fotovoltaica y eólica.

No obstante, mientras el gas continúe siendo la tecnología marginal, seguirá siendo retribuida a su coste, lo que le permitirá cubrirlo, pero sin la necesidad de que exista una compensación automática previa que pueda alterar las estrategias de oferta de los diferentes operadores que participan en el mercado mayorista. Como es lógico, recortar el retorno esperado siempre afecta a las expectativas de inversión, pero aun así, en el escenario que se presenta actualmente todavía existe un recorrido para lograr una aproximación equilibrada.

En cuanto a los aspectos negativos, cabe mencionar la existencia de algunas limitaciones ya que la propuesta de la Comisión, al no alterar el proceso de formación de precios, tampoco podrá evitar que el mercado siga marcando cifras muy elevadas, e incluso es probable que durante algunos meses sean cada vez mayores. Por lo tanto, en términos de percepción, se corre el riesgo de mostrar la imagen de que la reforma no está dando resultado alguno [7].

### 2.1.2 Posibles medidas complementarias

Dado que el objetivo principal se centra en atajar la subida de los precios de la energía, además de la anterior, se estudian otras medidas que también puedan hacer frente a estos precios en el mercado eléctrico europeo. Para llevar esto a cabo, se plantea la elaboración de algún tipo de mecanismo de interrumpibilidad en el que se pueda pagar a cualquier industria para que estas dejen de consumir durante unos instantes concretos.

Por su parte, estas medidas de reducción de la demanda pueden tomar diferentes formas:

- La introducción de esquemas de licitación, a través de los cuales, los consumidores ofrecen detener o cambiar el consumo en los momentos de carga máxima.
- La introducción de objetivos de reducción de la demanda para ciertos consumidores por categoría.

Así pues, la idea se centra en aliviar el estrés en la generación de electricidad y reducir el consumo de gas, lo que supondría un efecto positivo en los precios. No obstante, será cada país el encargado de establecer sus propios objetivos de reducción de demanda [6].

Otras propuestas a tener en cuenta son:

- La creación de una tasa de solidaridad que permita poner a disposición de las industrias vulnerables los beneficios extraordinarios que obtienen las compañías productoras de electricidad a partir de combustibles fósiles, como el petróleo o el carbón. O bien, que estos beneficios se empleen para hacer reinversiones en tecnologías limpias.
- Generar liquidez para los productos energéticos en los mercados financieros. Aunque estos presentan el inconveniente de que no pueden ser intervenidos por reglamentación.

Es por ello que, la Comisión Europea propondrá establecer una serie de garantías estatales para los operadores del mercado de futuros, con la intención de mejorar dicha liquidez en los mercados financieros de la energía [8].

## 2.2. Metodología y datos

A continuación, tras conocer más en detalle el funcionamiento del mecanismo, se llavará a cabo un estudio sobre la influencia que tendrá esta medida en el mercado eléctrico. Para ello, se consultarán los mismos datos obtenidos anteriormente a través de OMIE.

Igualmente, para la realización del estudio, se ha diseñado un nuevo fichero en Python, con el que se podrán leer los datos de las ofertas que se lanzan al mercado por parte de las diferentes tecnologías.

### 2.2.1. Desarrollo

En primer lugar, se leerán los archivos de datos, tanto los referentes a las ofertas como los referentes a las listas de unidades, y ambos se guardan como data frames para poder trabajar posteriormente con ellos.

Tras realizar esto, se estructuran los datos según las horas del día que se vayan a estudiar.

```
8 import pandas as pd
9 import matplotlib.pyplot as plt
10
11 #Leemos los ficheros correspondientes y los guardamos en un df
12 doc_excel=pd.read_excel('curvas23_Marzo.xlsx',skiprows=2)
13 df=doc_excel
14
15 doc_excelbis=pd.read_excel('LISTA_UNIDADES.xls',skiprows=3)
16 dfbis=doc_excelbis
17 doc=dfbis.iloc[:,[0,1,2,3,4,5,6,7]]
18
19 #Dividimos los datos en funcion de las horas
20 horas1=df.loc[:, 'Hora']==1
21 df_horas1=df.loc[horas1]
22
23 horas2=df.loc[:, 'Hora']==2
24 df_horas2=df.loc[horas2]
25
26 horas3=df.loc[:, 'Hora']==3
27 df_horas3=df.loc[horas3]
```

Luego, se separan las distintas tecnologías que intervienen en el mercado, y posteriormente se reagrupan en cinco secciones diferentes:

- Ciclos combinados y carbón (ya sea carbón de importación, hulla, antracita o lignito).
- Mezcla de tecnologías renovables (como la eólica, la fotovoltaica, la térmica, etc).
- Tecnología nuclear.
- Tecnologías hidráulicas (tanto de generación, como de bombeo puro)
- Tecnologías de bombeo (pudiendo ser mixto, puro o consumo de bombeo)

```

93 #Separamos las diferentes tecnologías a tener en cuenta
94 df_cicloscomb=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Ciclo Combinado']
95 df_carbonimp=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Carbón de Importación']
96 df_hullantr=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Hulla Antracita']
97 df_lignit=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Lignito Negro']
98 df_ccyc=pd.concat([df_cicloscomb,df_carbonimp,df_hullantr,df_lignit])
99
100 df_bombmix=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Consumo Bombeo Mixto']
101 df_bombpuro=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Consumo Bombeo Puro']
102 df_bomb=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Consumo de bombeo']
103 df_mixb=pd.concat([df_bombmix,df_bombpuro,df_bomb])
104
105 df_hidrapur=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Hidráulica de Bombeo Puro']
106 df_hidragen=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Hidráulica Generación']
107 df_mixh=pd.concat([df_hidrapur,df_hidragen])
108
109 #df_nuclear=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Nuclear']
110 df_mixn=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='Nuclear']
111
112 df_eolica=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Eólica']
113 df_geoterm=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Geotérmica']
114 df_hidra=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Hidráulica']
115 df_solarPV=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Solar Fotovoltáica']
116 df_solarterm=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Solar Térmica']
117 df_termNR=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Térmica no Renovab. ']
118 df_termR=doc.loc[doc['TECNOLOGÍA']=='RE Mercado Térmica Renovable']
119 df_mixr=pd.concat([df_eolica,df_geoterm,df_hidra,df_solarPV,df_solarterm,df_term

```

Tras realizar la agrupación, por un lado, se obtienen los precios límites que fijan los ciclos combinados, o en su defecto el carbón, para cada hora del día. Estas tecnologías son aquellas que marcarán el límite de precio a tener en cuenta para el cálculo del ahorro final.

```

118 #Calculamos el precio limite marcado por el cc o el carbon para cada hora
119 df_horas1ccyc=(df_horas1[df_horas1['Unidad'].isin(df_ccyc['CODIGO'])])
120 pn_limite1=float(df_horas1ccyc.loc[df_horas1ccyc['Tipo Oferta'].str.endswith("V
121
122 df_horas2ccyc=(df_horas2[df_horas2['Unidad'].isin(df_ccyc['CODIGO'])])
123 pn_limite2=float(df_horas2ccyc.loc[df_horas2ccyc['Tipo Oferta'].str.endswith("V
124
125 df_horas3ccyc=(df_horas3[df_horas3['Unidad'].isin(df_ccyc['CODIGO'])])
126 pn_limite3=float(df_horas3ccyc.loc[df_horas3ccyc['Tipo Oferta'].str.endswith("V

```

```

118
119
120 /") & (df_horas1ccyc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Compra/V
121
122
123 /") & (df_horas2ccyc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Compra/V
124
125
126 /") & (df_horas3ccyc['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Precio Compra/V

```

```

118
119
120 'enta']] .max())
121
122
123 'enta']] .max())
124
125
126 'enta']] .max())

```

Por otra parte, se calcula la energía casada por cada mix de tecnologías elegido anteriormente. Lo cual permite diferenciar la cantidad de energía casada por las tecnologías renovables, por la hidráulica, la nuclear y el bombeo para cada una de las horas del día.

```

196 #Calculamos la energia casada por cada mix energetico elegido, para cada hora
197 #Bombeo
198 df_horas1mixb=(df_horas1[df_horas1['Unidad'].isin(df_mixb['CODIGO'])])
199 energia_mixb1=float(df_horas1mixb.loc[df_horas1mixb['Tipo Oferta'].str.endswith
200
201 df_horas2mixb=(df_horas2[df_horas2['Unidad'].isin(df_mixb['CODIGO'])])
202 energia_mixb2=float(df_horas2mixb.loc[df_horas2mixb['Tipo Oferta'].str.endswith
203
204 df_horas3mixb=(df_horas3[df_horas3['Unidad'].isin(df_mixb['CODIGO'])])
205 energia_mixb3=float(df_horas3mixb.loc[df_horas3mixb['Tipo Oferta'].str.endswith

```

```

196
197
198
199 ("V") & (df_horas1mixb['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compr
200
201
202 ("V") & (df_horas2mixb['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compr
203
204
205 ("V") & (df_horas3mixb['Ofertada (0)/Casada (C)'].str.endswith("C")),['Energía Compr

```

```

196
197
198
199 ra/Venta']] .sum())
200
201
202 ra/Venta']] .sum())
203
204
205 ra/Venta']] .sum())

```

Una vez recogidos todos estos datos se procederá a realizar el cálculo del ahorro obtenido con cada mix de tecnologías. Para ello, se fija el precio máximo que se retribuirá a cada grupo de tecnologías (para este caso se fija en 180 €/MWh), y se calcula la diferencia existente entre el precio límite marcado por los ciclos combinados o el carbón, y el precio fijado anteriormente. Tras esto, se multiplica dicha diferencia por la energía que ha casado dicho mix, obteniéndose así el ahorro obtenido para cada grupo de tecnologías.

```

561 #Calculamos el ahorro para cada hora segun cada mix energetico
562 #Bombeo
563 precio_sugb=float(140.0)
564 diferencia_ccycb1=pn_limite1-precio_sugb
565 ahorrosb1=diferencia_ccycb1*energia_mixb1
566
567 diferencia_ccycb2=pn_limite2-precio_sugb
568 ahorrosb2=diferencia_ccycb2*energia_mixb2
569
570 diferencia_ccycb3=pn_limite3-precio_sugb
571 ahorrosb3=diferencia_ccycb3*energia_mixb3

```

Finalmente, se agrupan los ahorros calculados para cada tecnología y se obtiene el ahorro total para cada hora del día.

```

931 #Calculamos el ahorro total por horas
932 ahorrostot1=ahorrosb1+ahorrosh1+ahorrosn1+ahorrosr1
933 ahorrostot2=ahorrosb2+ahorrosh2+ahorrosn2+ahorrosr2
934 ahorrostot3=ahorrosb3+ahorrosh3+ahorrosn3+ahorrosr3
935 ahorrostot4=ahorrosb4+ahorrosh4+ahorrosn4+ahorrosr4

```

Y al igual que en el apartado anterior, se graficarán los resultados obtenidos para cada día.

```

964 #Por ultimo graficamos los ahorros del dia para cada hora
965 x=[1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24]
966 y=[0,ahorrostot2,0,ahorrostot4,ahorrostot5,ahorrostot6,0,0,0,0,0,0,0,0,ahorrost
967 plt.bar(x,y)
968 plt.show()

```

## 2.3. Resultados

Tras llevar a cabo las simulaciones pertinentes, se obtuvieron nuevas gráficas que muestran los resultados obtenidos con esta propuesta, los cuales se analizarán a continuación.

### 2.3.1. Marzo

Para llevar a cabo el análisis del mes de marzo, se han obtenido los gráficos correspondientes a los mismos días que se trataron en el apartado anterior, para así poder ver con mayor facilidad los beneficios que se obtienen de aplicar una metodología u otra.

Además, el estudio se ha efectuado de dos formas diferentes, ya que por un lado se obtendrán los resultados correspondientes a los beneficios totales que se alcanzan diariamente con la aplicación de esta nueva medida, y por otra parte se calcularán los resultados correspondientes a los beneficios que se lograrían en el caso de que solo se tuviesen en cuenta las horas en las que los ciclos combinados marcan el límite de precio de casación. Esto último se lleva a cabo de esta manera para poder establecer a posteriori una mejor comparativa entre metodologías.

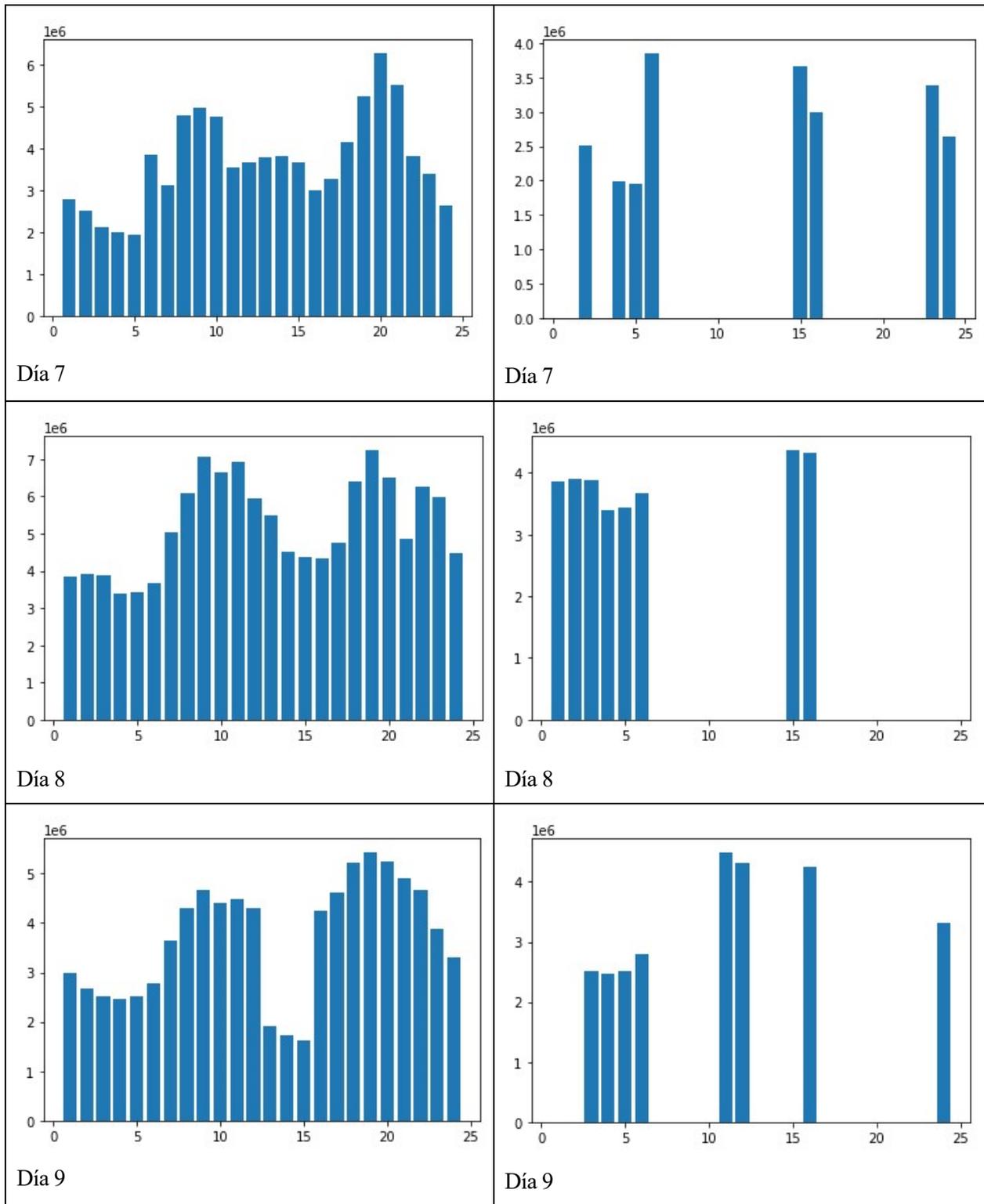


Figura 17. Beneficios obtenidos los días 7, 8 y 9 de marzo II.

Las gráficas anteriores nos muestran los beneficios obtenidos por horas a lo largo de cada día, para los días del mes de marzo en los que mayor beneficio se obtuvo anteriormente. A la izquierda se muestran los ahorros totales logrados durante el día completo, mientras que a la derecha se muestran los ahorros que se lograrían si la aplicación de la medida solo se hiciera efectiva durante las horas en las que los ciclos combinados marcan el límite de precio de casación.

Como puede apreciarse, el beneficio es considerablemente más grande que el obtenido con la medida del tope al gas, ya que la limitación de precio a las tecnologías inframarginales permite ahorrar durante cada una de las

horas del día en las que el precio de casación marcado por los ciclos combinados o el carbón sean superior al precio límite de retribución preestablecido, mientras que la medida del tope al gas, solo se activa en las horas en que el ciclo combinado marcó el límite de casación. No obstante, incluso particularizando para las horas concretas en las que se aplica el tope al gas, el beneficio obtenido por la limitación de retribución a tecnologías marginales sigue siendo superior, sobre todos si se tienen en cuenta aquellos días en los que los precios de la electricidad estaban muy altos.

A continuación, se obtuvieron las gráficas correspondientes a los días en los que más horas marcaban límites los ciclos combinados, y de nuevo se comprueba como el beneficio de esta nueva medida sigue siendo mucho mayor.

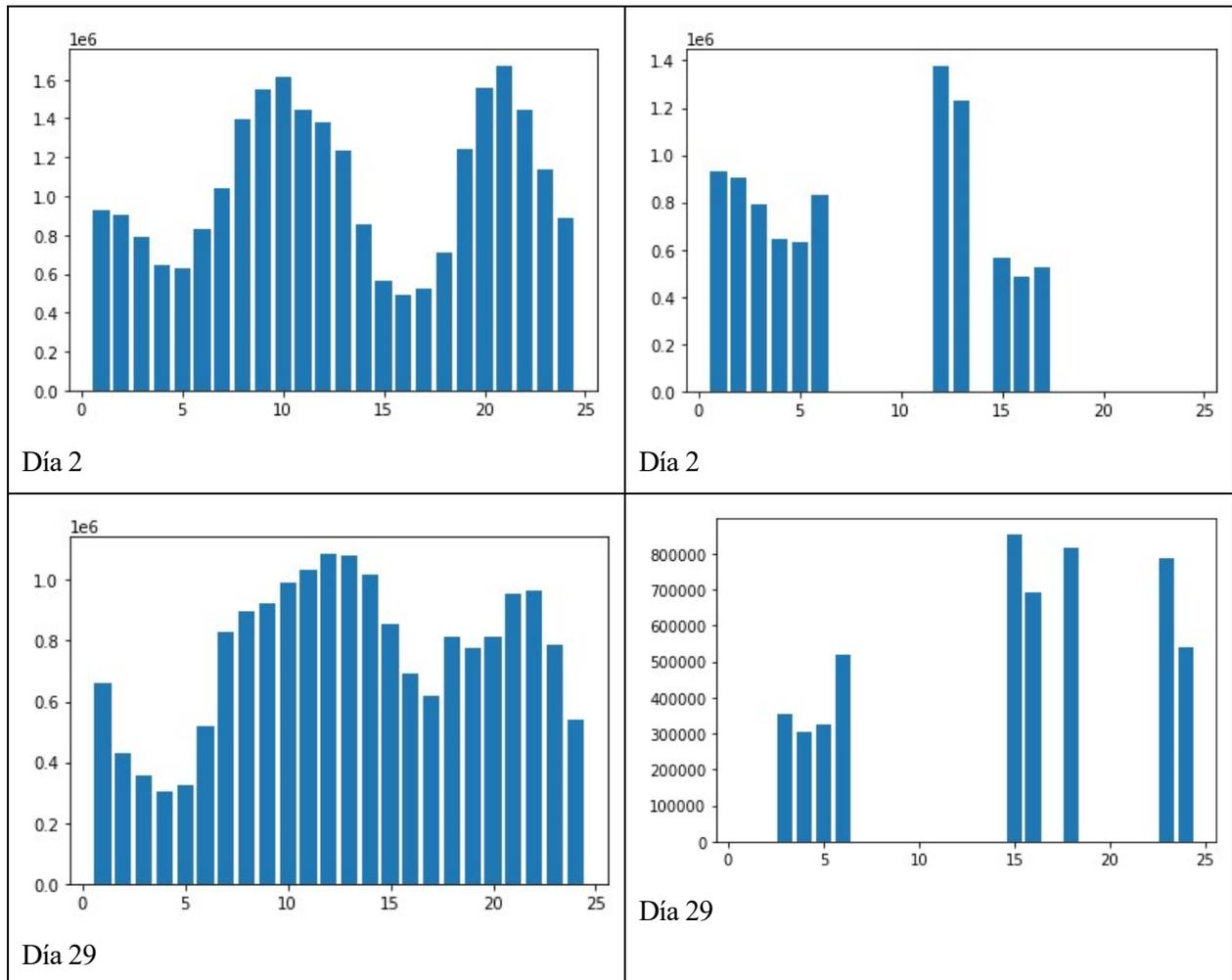


Figura 18. Beneficios obtenidos los días 2 y 29 de marzo.

Por último, se grafican los días en los que los ciclos combinados a penas marcan dichos precios límite.

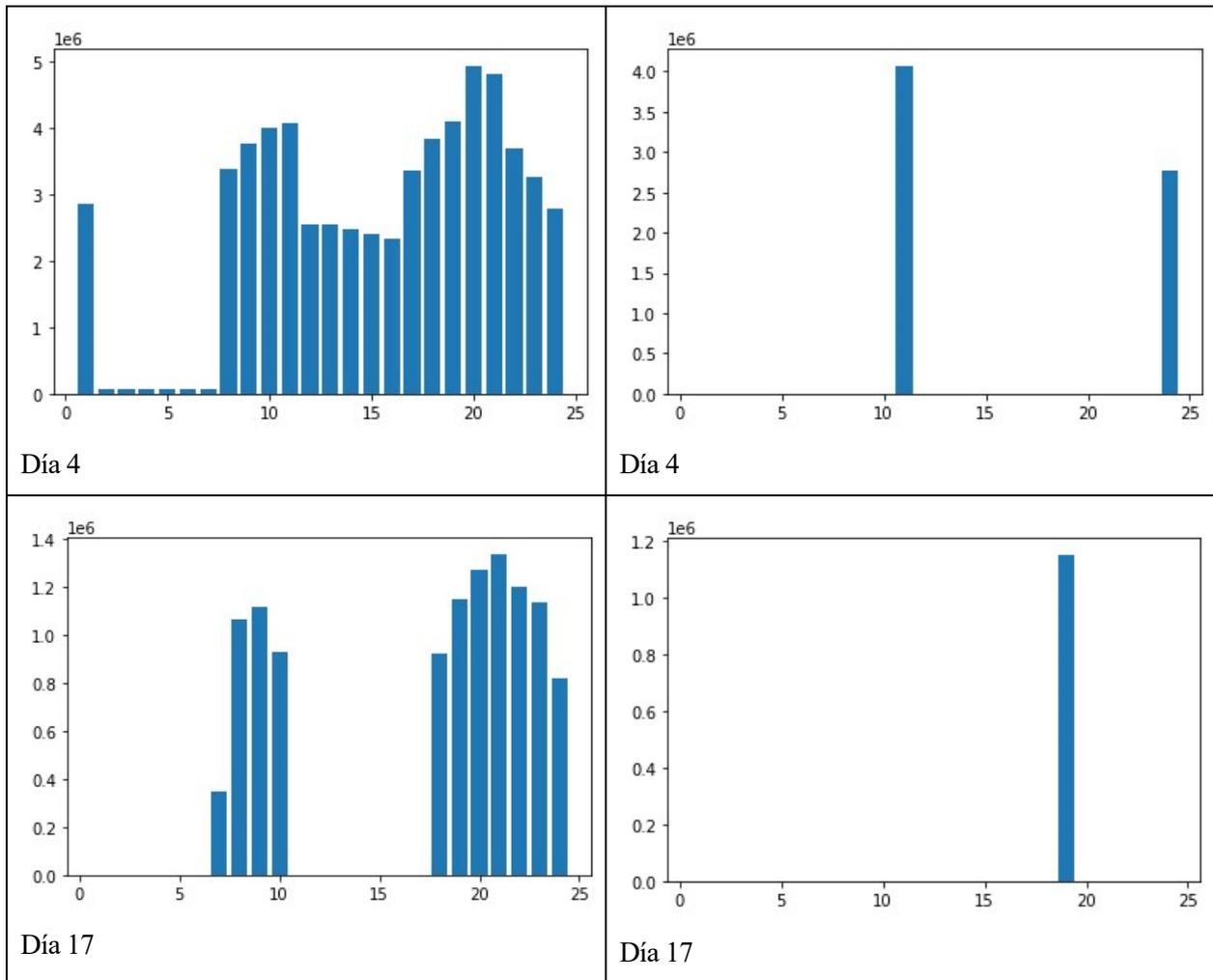
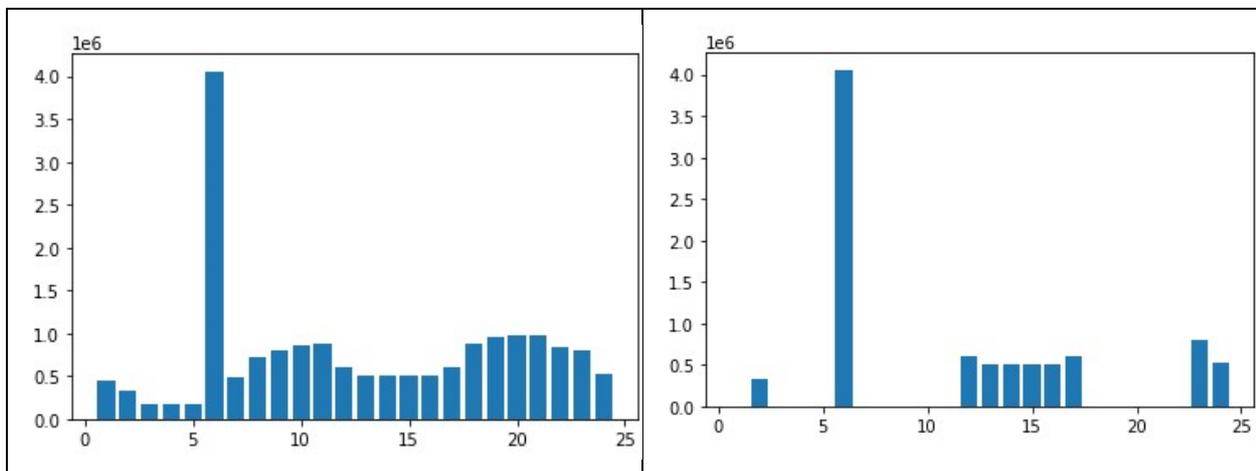


Figura 19. Beneficios obtenidos los días 4 y 17 de marzo.

En este último caso, aunque se aprecia como el ahorro final es menor al particularizar para unas pocas horas, si se tiene en consideración el día al completo, el beneficio total vuelve a ser muy superior al obtenido con la otra medida (tope al gas).

**2.3.2. Enero**

En el mes de enero se llevará a cabo el mismo procedimiento empleado anteriormente para el mes de marzo. Para ello, se modificó el fichero diseñado en Python, y se adecuó para la obtención estos nuevos valores a estudiar.



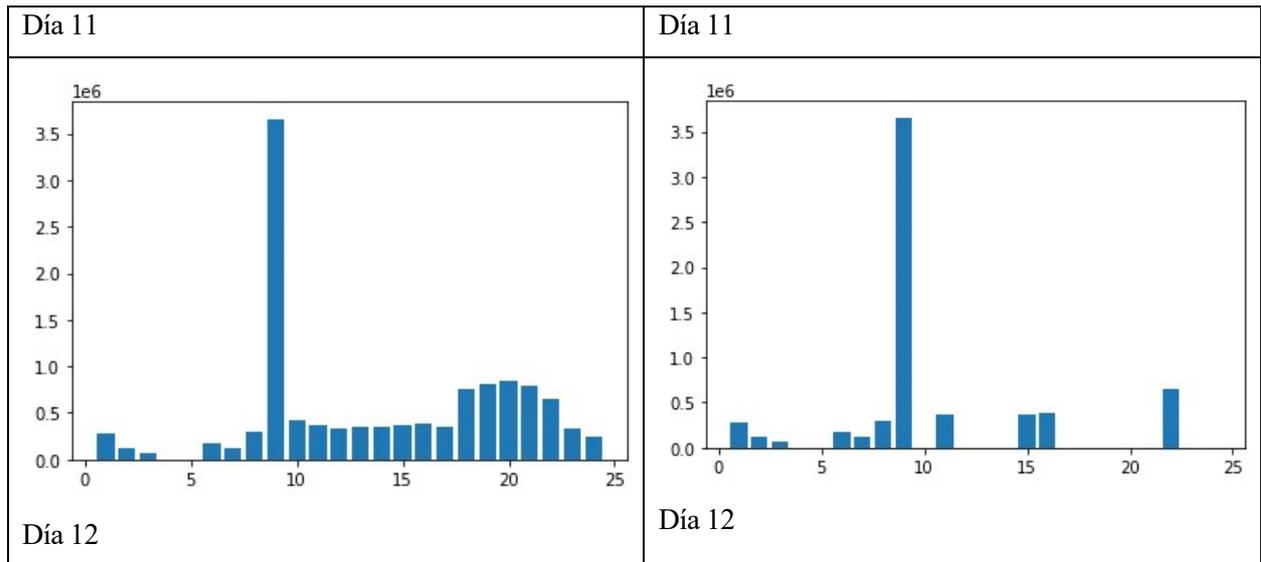


Figura 20. Beneficios obtenidos los días 11 y 12 de enero II.

Estas gráficas muestran los resultados de los días del mes en los que el beneficio fue más alto (según la medida del tope al gas), y de nuevo puede verse como el beneficio obtenido de limitar la retribución a las tecnologías marginales sigue siendo mucho más alto, especialmente cuando el precio de la electricidad en el mercado está alto.

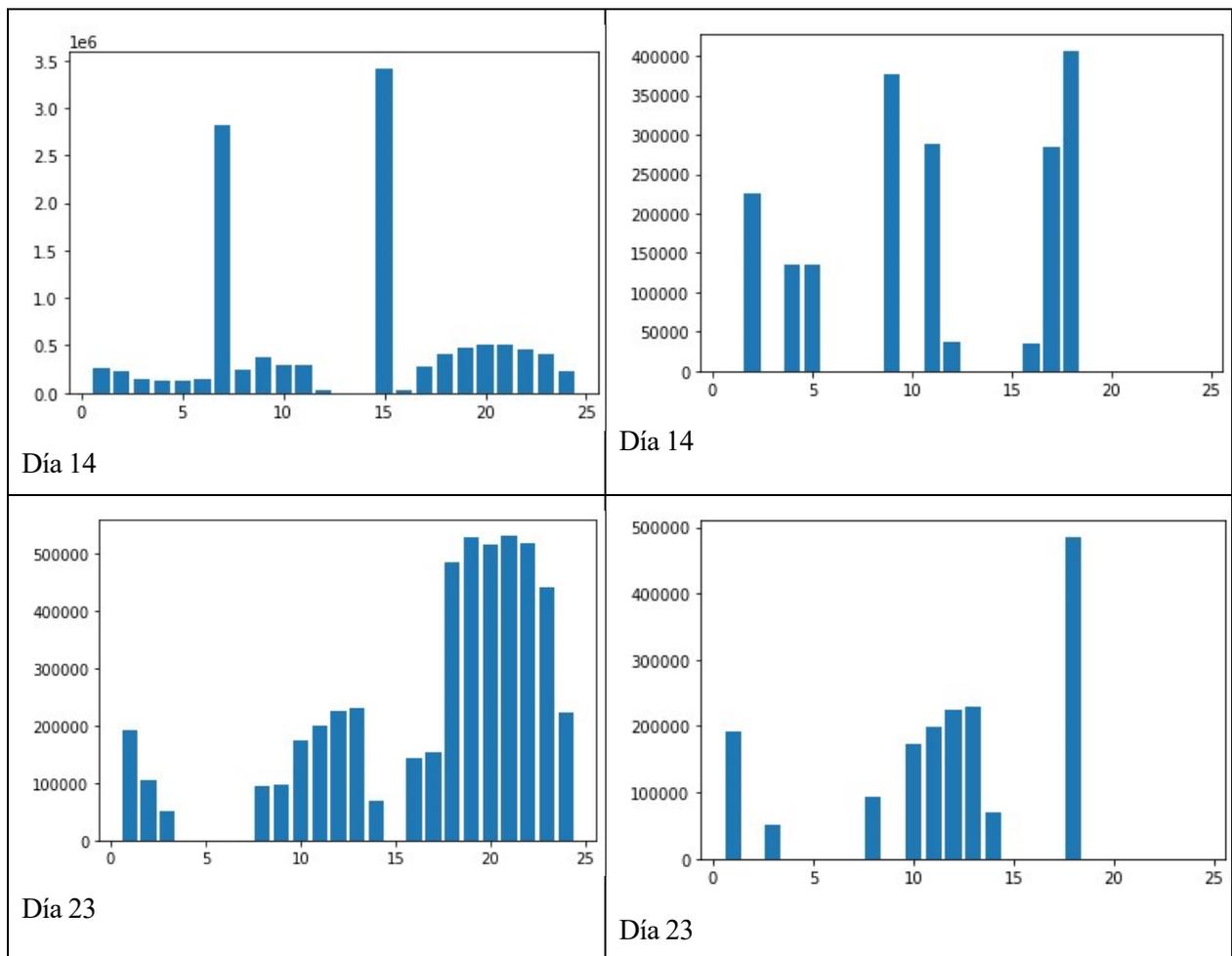


Figura 21. Beneficios obtenidos los días 14 y 23 de enero II.

Estas gráficas muestran los días en los que el ciclo combinado marcó el precio límite durante un mayor número

de horas.

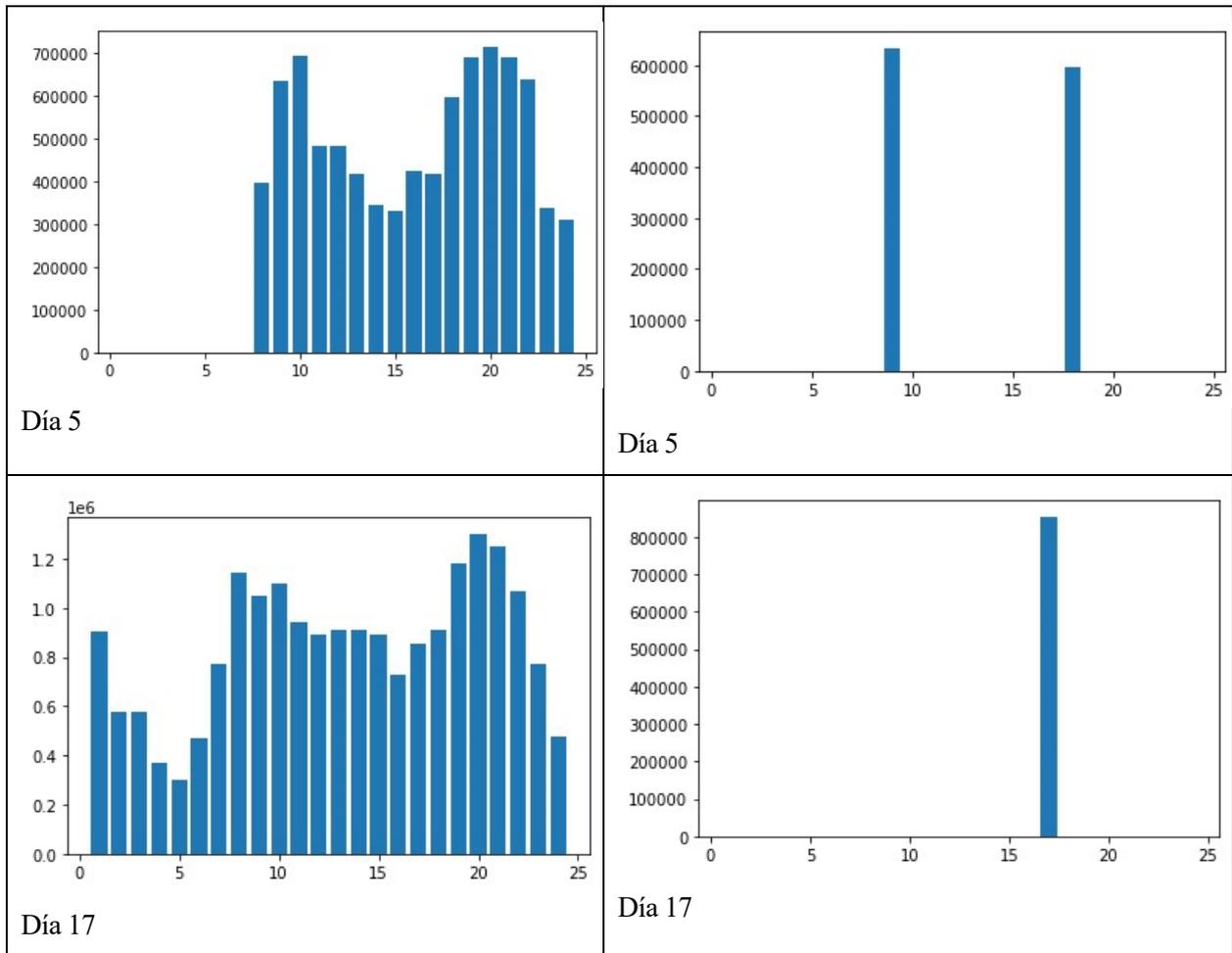


Figura 22. Beneficios obtenidos los días 5 y 17 de enero II.

Y en estas otras, de nuevo se observa como la tendencia es prácticamente idéntica a la mostrada en el mes de marzo, ya que los beneficios son mucho mayores con esta nueva medida, ya sea particularizando para las horas marcadas por el ciclo combinado, como para las que no.

# 3 COMPARATIVA ENTRE MEDIDAS

---

*La electricidad es el alma del universo.*

*- John Wesley -*

**T**ras llevar a cabo el estudio de ambas medidas se plantea una cuestión sobre cual de las dos tendría un mayor impacto sobre los precios en el mercado eléctrico y cual reportaría un mayor beneficio. Para ello se llevará a cabo una comparativa entre estas medidas, y se analizarán varios aspectos relacionados con los límites impuestos a cada una de las retribuciones.

## 3.1 Introducción

Para comenzar es importante tener en cuenta que son medidas de diferente aplicación, ya que la primera de ellas, el tope al precio del gas, se diseñó para un ámbito de aplicación centrado en el mercado eléctrico ibérico, mientras que la segunda, la limitación de retribuciones a las tecnologías inframarginales se aplica para todo el mercado eléctrico europeo, con cada una de las particularidades y diferencias que este presenta. No obstante, esta segunda medida la focalizaremos en España.

### 3.1.1 Marzo

En primer lugar, para poder establecer la comparativa se mostrarán los mismos días estudiados en los apartados anteriores, y a continuación se establecerán unos precios límite para las retribuciones a las tecnologías inframarginales en función de los precios de mercado.

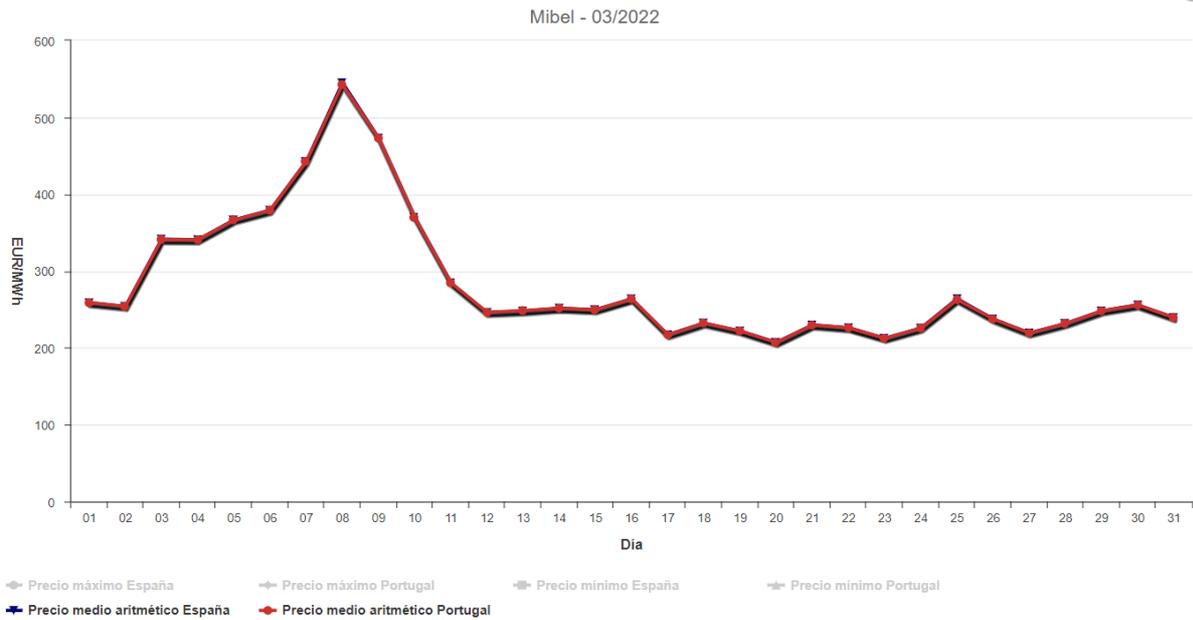
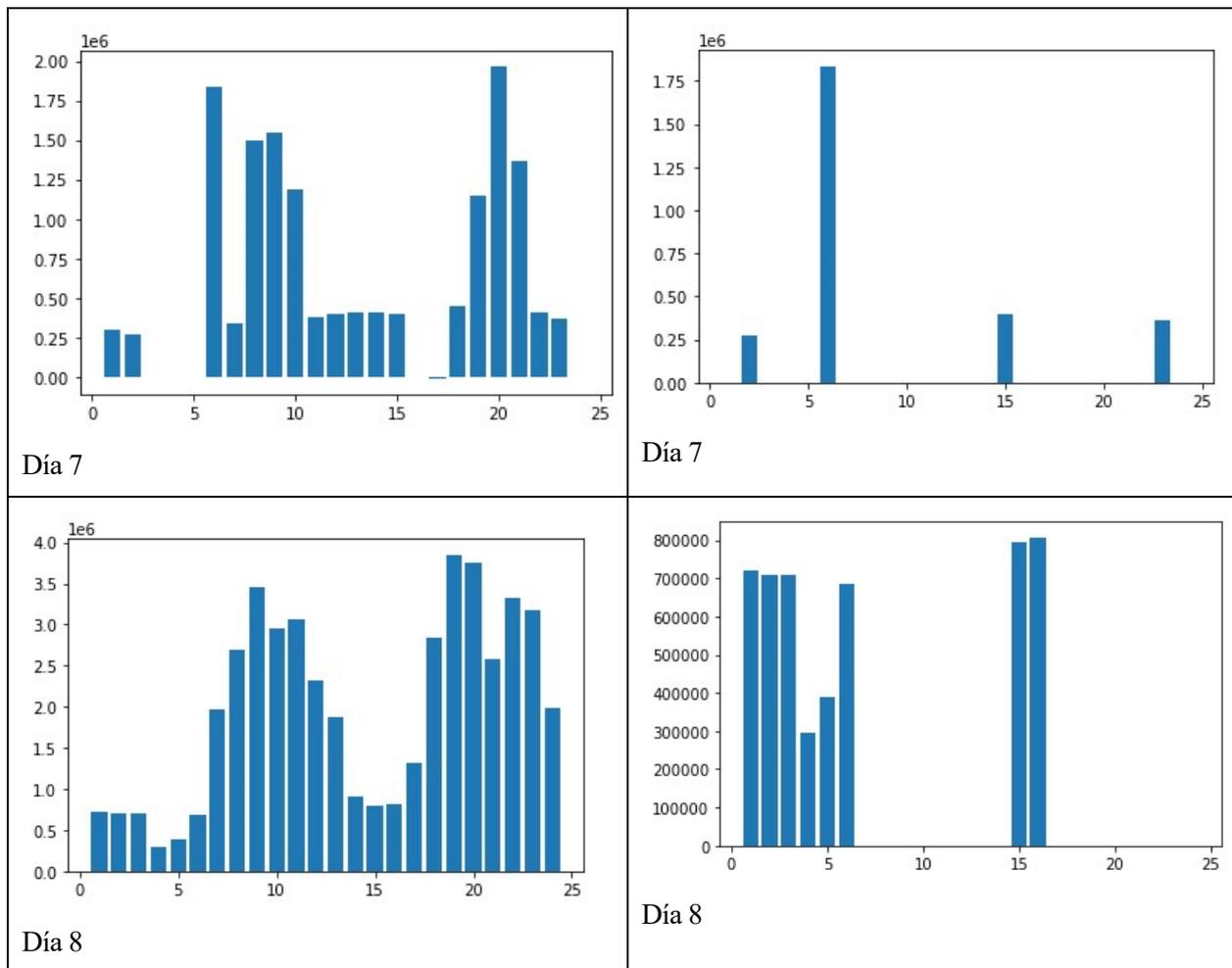


Figura 23. Precios medios de casación durante el mes de marzo.

Para este apartado se usarán las gráficas obtenidas de OMIE en las cuales se puede consultar el precio medio del mercado en España.



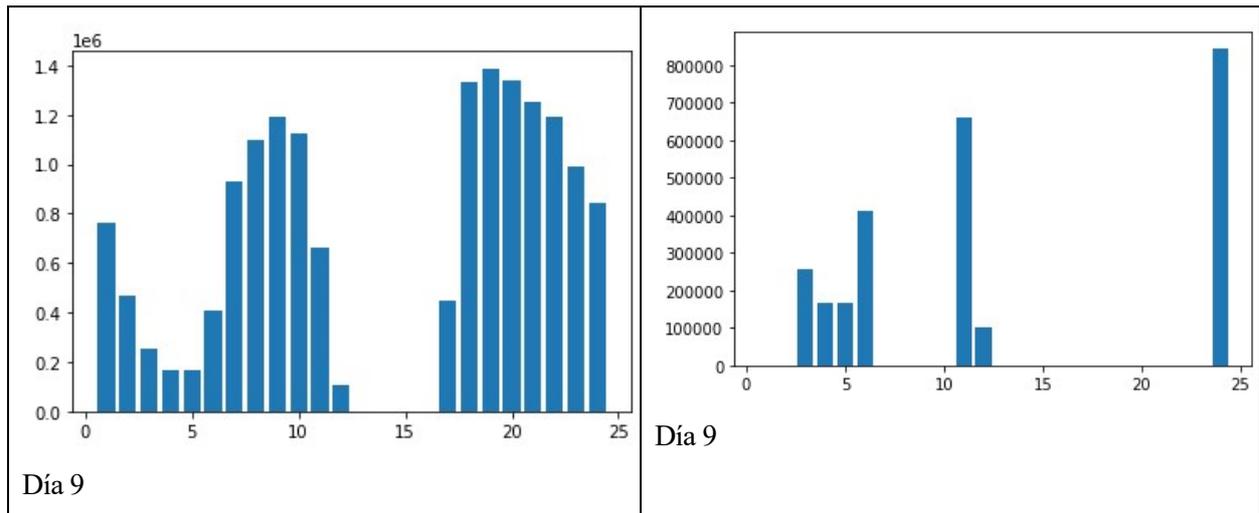


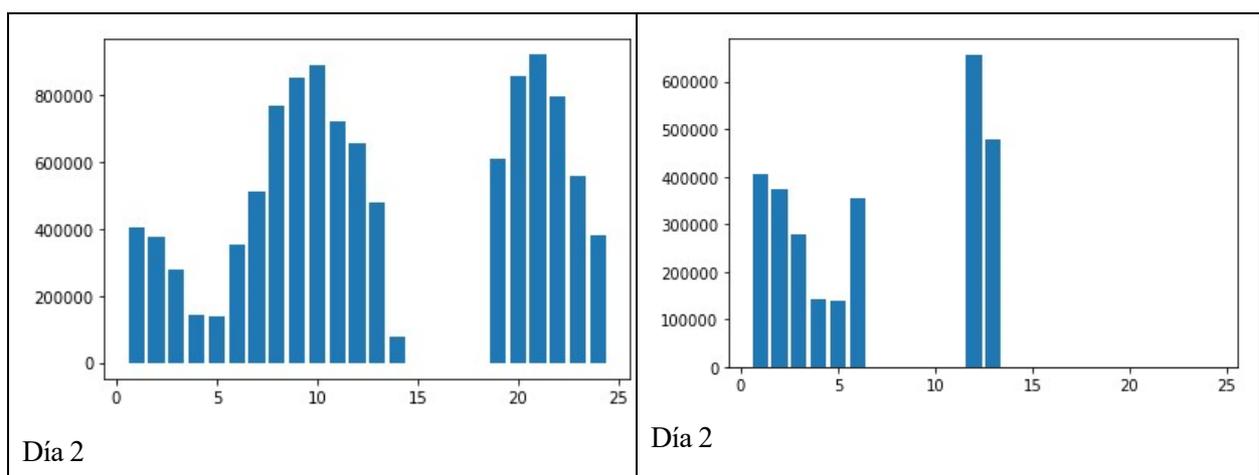
Figura 24. Beneficios obtenidos los días 7, 8 y 9 de marzo III.

Tal y como se comentó anteriormente, durante los días 7, 8 y 9 de marzo se alcanzaron los precios de mercado más elevados de todo el año, y es por ello que los beneficios que se obtendrían de estos días serían mucho mayores. Las gráficas anteriores, muestran el ahorro obtenido por horas para cada uno de estos días, con la diferencia de que el límite fijado para la retribución a las tecnologías inframarginales ha sido modificado, para poder así establecer una comparación razonable entre ambas metodologías.

Tal y como se ha trabajado en el apartado anterior, el precio límite establecido se fijó en 180 €/MWh, mientras que durante estos tres días se ha modificado ese valor, elevándolo hasta los 400 €/MWh.

Este nuevo límite provoca una reducción en los ahorros obtenidos, sobre todo si nos centramos en las horas en las que los ciclos combinados marcan el precio del mercado, alcanzando ahorros de hasta 2.862.587 €/MWh, 5.108.942 €/MWh y 2.609.046 €/MWh respectivamente. Mientras que con el tope al gas, el beneficio obtenido se fijó en 3.382.61 €/MWh, 2.423.302 €/MWh y 2.912.797 €/MWh.

La similitud entre estos valores puede hacer pensar que ambas medidas son efectivas por igual, sin embargo, si se calcula el beneficio obtenido sin limitar las horas, el resultado se eleva por encima de los 14 millones para cada día, lo cual despeja todo tipo de dudas con respecto a que medida genera unos ahorros mayores.



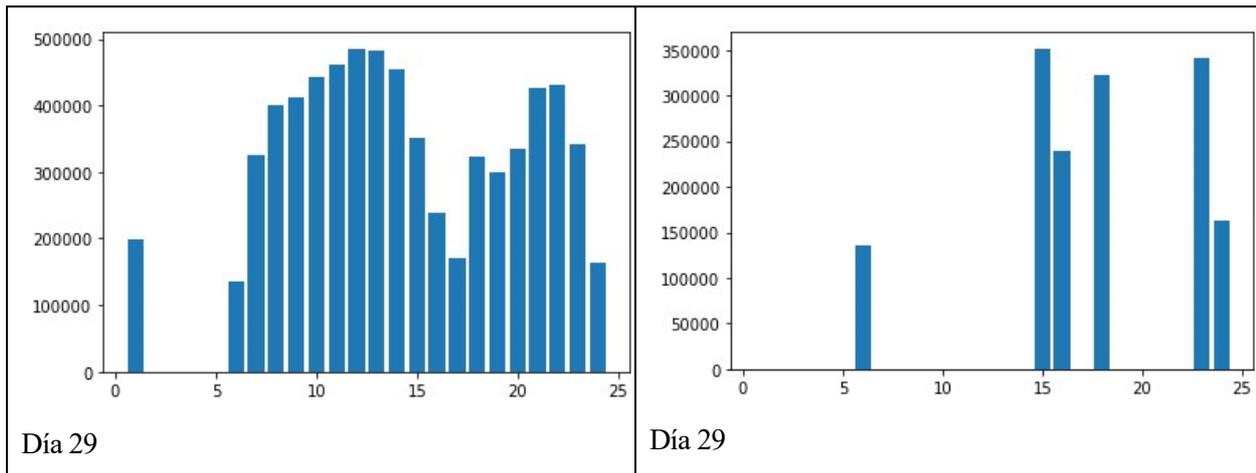


Figura 25. Beneficios obtenidos los días 2 y 29 de marzo II.

Para estos otros dos días (2 y 29 de marzo), y en adelante, el anterior límite se redujo hasta los 220 €/MWh, debido a que los precios de mercado aun siendo altos, no eran tan desorbitados como en el caso de los tres días mencionados anteriormente.

Igualmente, se aprecia como los beneficios continúan siendo más altos con esta medida, incluso particularizando para ciertas horas (2.832.095 €/MWh y 1.554.830 €/MWh) que con el tope al gas (529.725 €/MWh y 227.784 €/MWh), pero se ven ligeramente reducidos.

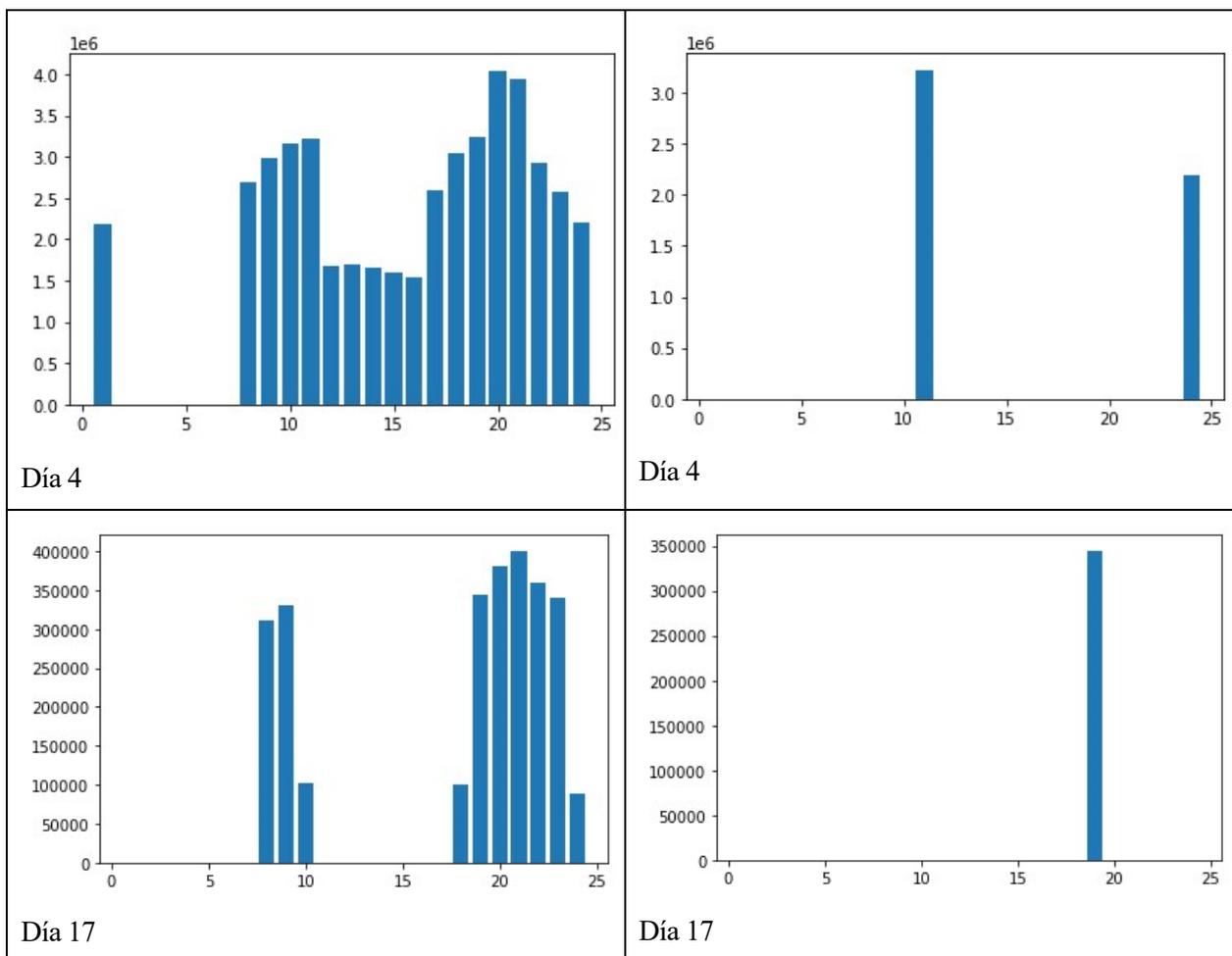


Figura 26. Beneficios obtenidos los días 4 y 17 de marzo II.

La misma dinámica se aprecia en estos últimos días, en los que el ciclo combinado a penas estableció límites de

precio y es que la medida del tope al gas no genera tanto beneficio como la limitación de retribución a tecnologías inframarginales. Aunque se muestra una discrepancia, ya que mientras que el día 17 de marzo, los beneficios fueron algo bajos 344.80 €/MWh, el día 4 de marzo sucedió que precisamente las horas que se estudiaron, generaron unos ingresos muy elevados en comparación, llegando a generar un ahorro de hasta 5.418.219 €/MWh.

A continuación, se muestra la tabla con los beneficios obtenidos para cada metodología y sus casuísticas implementadas.

€/Mwh	Ahorro Tope al Gas	Ahorro Tec. Marginales	Ahorro Tec. Marginales (horas Gas)	Ahorro Tec. Marginales (nuevo límite)	Ahorro Tec. Marginales (nuevo límite, gas)
07-mar	3.382.621	88.633.858	22.993.393	14.649.230	2.862.587
08-mar	2.423.302	125.039.406	30.856.840	47.159.582	5.108.942
09-mar	2.912.797	88.573.657	26.636.174	16.004.480	2.609.046
02-mar	529.725	25.464.385	8.919.930	10.780.778	2.832.095
29-mar	227.784	18.276.688	5.189.816	6.884.120	1.554.830
04-mar	5.490	61.649.572	6.850.379	46.934.727	5.418.219
17-mar	7.425	11.314.020	1.151.888	2.756.397	344.820

Tabla 5. Beneficios obtenidos en marzo según metodología.

### 3.1.2 Enero

Para el mes de enero se realizó la misma comparativa, y dado que los precios de mercado eran algo más bajos que en marzo, se mantuvo la limitación de 220 €/MWh como retribución máxima a pagar a las tecnologías inframarginales.

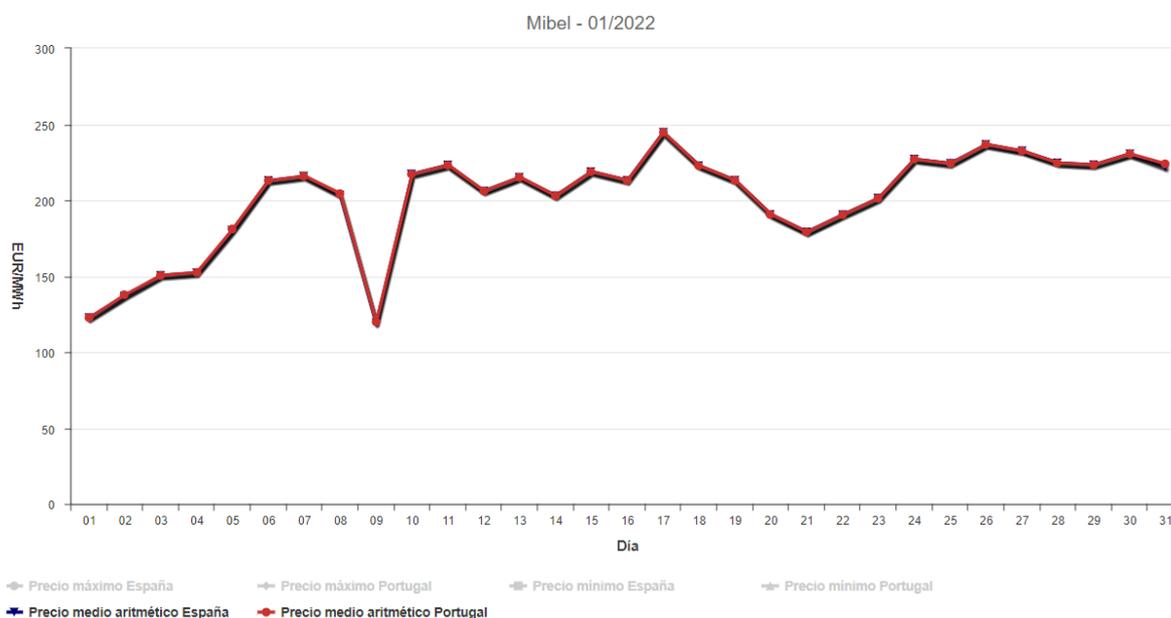


Figura 27. Precios medios de casación durante el mes de enero.

De hecho, en la imagen se muestra el precio medio aritmético diario que servirá de nuevo como referencia para establecer las comparaciones.

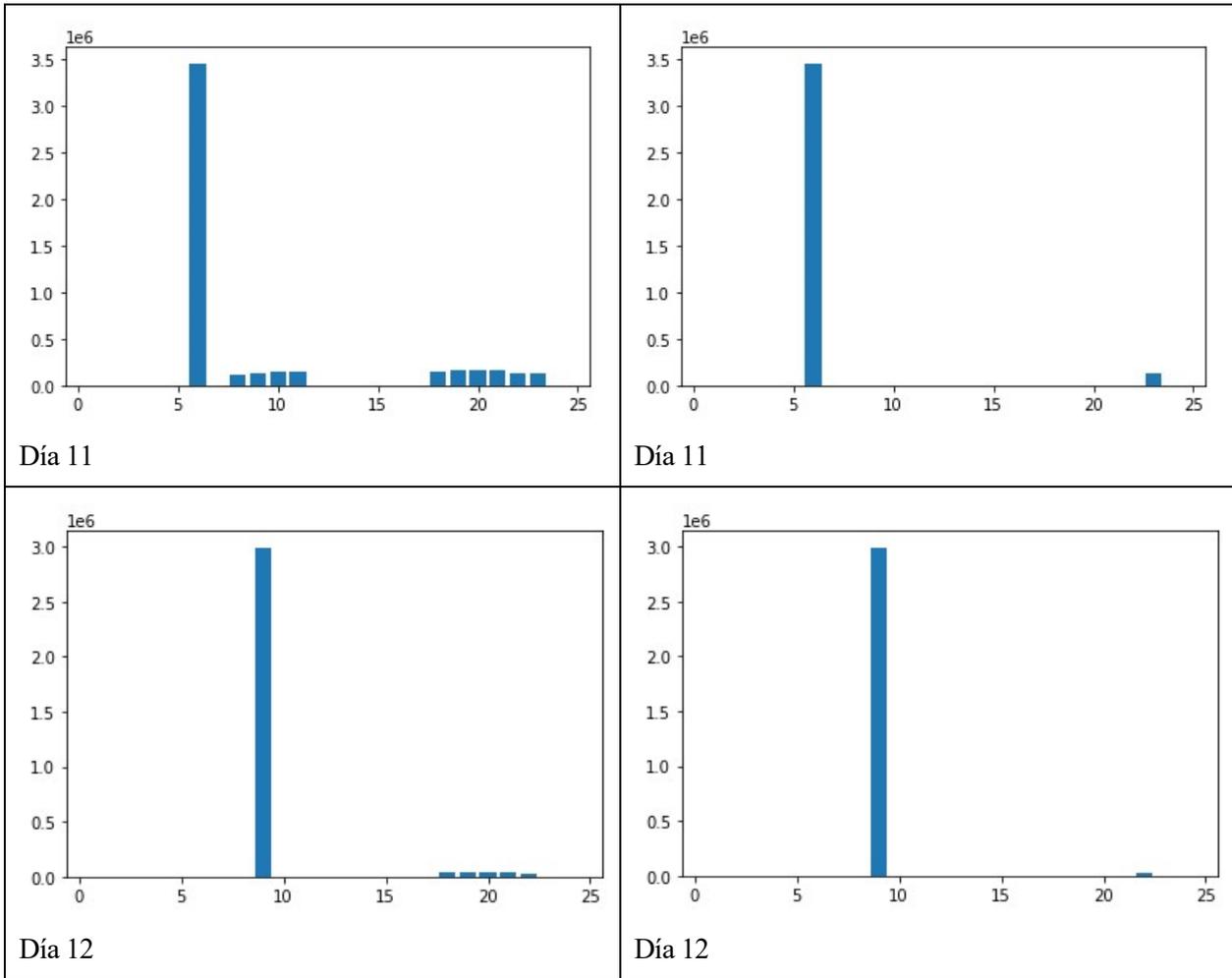
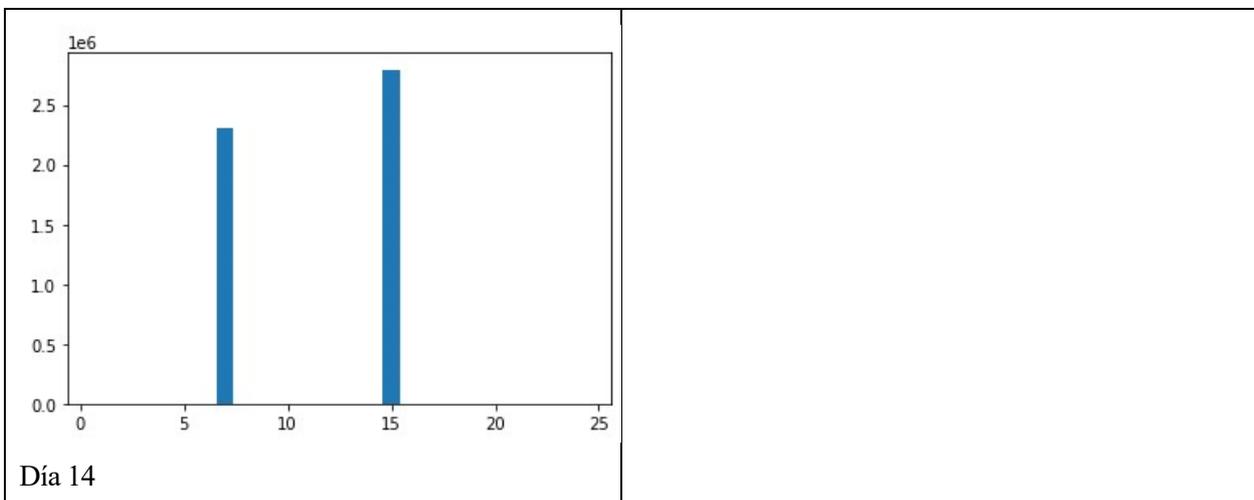


Figura 28. Beneficios obtenidos los días 11 y 12 de enero III.

Para los días 11 y 12 de enero se observa el primer cambio de tendencia, ya que el precio medio de mercado durante estos días rondaba los 215 €/MWh por lo que al fijar el límite en 220 €/MWh el beneficio obtenido con esta medida se ve reducido.

Para ser exactos, los beneficios obtenidos con el tope al gas, se quedaron en 5.402.359 € y 4.860.840 € respectivamente, mientras que con la limitación propuesta el beneficio sería de 3.581.167 € y 3.024.258 € si se tienen en cuenta las horas en las que el ciclo combinado marca el precio límite, y de 4.872.297 € y 3.181.323 € si se suman todas las horas del día, es decir, sería más rentable la primera medida.



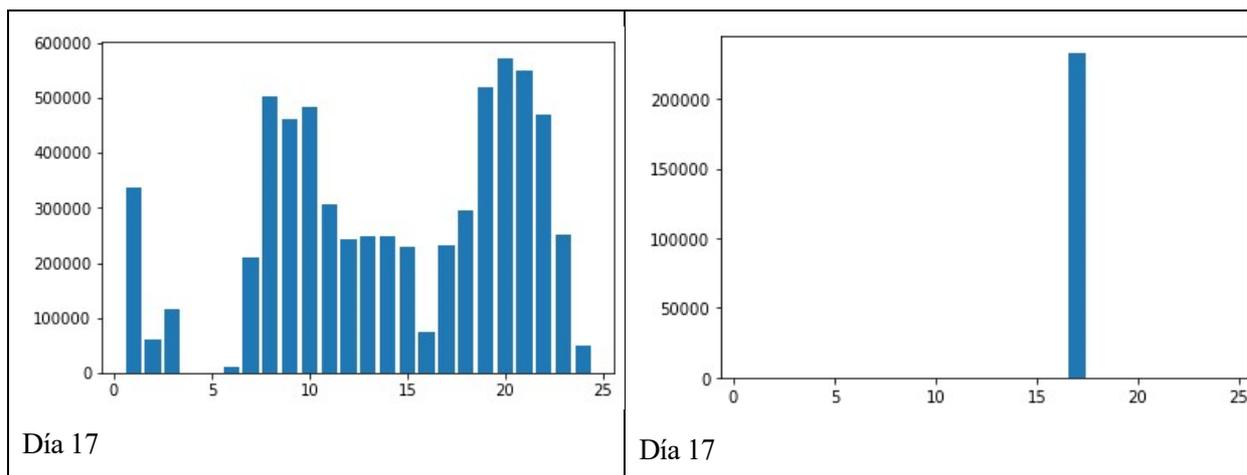


Figura 29. Beneficios obtenidos los días 14 y 17 de enero.

Para los siguientes días, 14 y 17 de enero, los beneficios obtenidos con el tope al gas fueron de 379.148 € y 16.204 € respectivamente. Mientras que con la limitación empleada, los beneficios, particularizando para ciertas horas eran de 0 € y 233.056 € y para el día completo se establecieron en 5.095.884 € y 6.474.414 €.

Esto pone de manifiesto la ventaja que presenta la segunda medida frente a la primera, debido a que el beneficio no está determinado por una serie de horas al día, ni por qué tecnología marca límites.

Por último, cabe destacar que no se muestran las graficas de los días 5 y 23 de enero debido a que el beneficio que se logra al fijar el nuevo límite es nulo, tanto si hay particularización de horas como si no. Esto se debe a que los precios medios de mercado para esos días fueron de 180 €/MWh y 201 €/MWh por lo que al encontrarse el límite por encima no produce ahorro alguno.

€/Mwh	Ahorro Tope al Gas	Ahorro Tec. Marginales	Ahorro Tec. Marginales (horas Gas)	Ahorro Tec. Marginales (nuevo límite)	Ahorro Tec. Marginales (nuevo límite, gas)
11-ene	5.402.359	18.192.964	8.914.377	4.872.297	3.581.167
12-ene	4.860.840	12.038.954	6.441.012	3.181.323	3.024.258
14-ene	379.148	11.827.631	1.923.361	5.095.884	0
23-ene	381.523	4.971.723	1.717.438	0	0
05-ene	8.864	8.599.484	1.228.998	0	0
17-ene	16.204	20.359.328	854.124	6.474.414	233.056

Tabla 6. Beneficios obtenidos en enero según metodología.

De nuevo se muestra la tabla que contiene los valores de ahorro obtenidos para cada una de las medidas y casuísticas estudiadas.



# 4 CONCLUSIÓN

---

*La electricidad es el alma del universo.*

*- John Wesley -*

Una vez realizado el estudio para ambas metodologías se analizarán una serie de conclusiones obtenidas, al mismo tiempo que se mostrarán otros planteamientos y posibles impactos que estos pueden generar sobre el mercado eléctrico.

## 4.1 Diferencia entre ambas medidas

Tal y como se comentó anteriormente, ambas propuestas provienen del estudio de dos mercados diferentes. Por una parte, el tope al gas, va dirigido a mejorar el desempeño del mercado ibérico, mientras que por otro lado, la limitación de retribución a las tecnologías inframarginales se aplica para todo el mercado eléctrico europeo.

Con respecto a los datos que se han ido obteniendo durante el proyecto, cabe destacar la diferencia tan abismal de ganancias que arrojan ambas medidas, lo cual, se debe fundamentalmente a dos factores:

- La limitación horaria que presenta el tope al gas: esta medida plantea el inconveniente de que depende exclusivamente de las horas en las que el ciclo combinado marca el precio límite de casación, por lo tanto, para el resto de horas del día en la que esta tecnología no marque dicho límite, no se obtendrá beneficio alguno.

Es por ello que se habla de inconveniente, ya que, si la comparamos con la medida de limitación de retribución a las tecnologías inframarginales, se aprecia como esta última si que puede generar beneficios durante todas las horas del día. No obstante, habrá que tener en cuenta en que valor se establece dicho límite, ya que, en función de este, los beneficios podrán ser mayores, menores, o incluso nulos.

- Los altos precios del mercado: este parámetro se muestra como otro motivo fundamental por el cual existe una gran diferencia entre los beneficios alcanzados por ambas propuestas. Y aunque a priori pueda parecer que afecta a ambas metodologías por igual, tras analizar el dato se puede ver como no es del todo así.

Para el tope al gas, el hecho de que el precio de mercado sea alto solo reportará beneficios cuando dichos precios hayan sido establecidos por las tecnologías de ciclos combinados, ya que de lo contrario el beneficio será cero. Ahora bien, si efectivamente algún ciclo combinado marca dicho límite, el beneficio podrá ser alto, sobre todo dependiendo del precio de casación de la tecnología justo anterior que fue casada.

Sin embargo, para la limitación retributiva a las tecnologías inframarginales, el tener un precio de mercado elevado resulta más interesante, ya que marquen límites o no, se tomará como referencia el precio más alto al que se haya casado cualquier ciclo combinado, o en su defecto, tecnologías con carbón. Además, dado que el precio límite de retribución es un valor fijo, cuando mayor sea el precio del mercado, mayor será la diferencia entre ambos límites, y por ende, mayor será el beneficio a obtener

con esta metodología.

Con respecto al límite impuesto para la retribución a las tecnologías inframarginales también se observan otros aspectos a destacar al respecto, ya que dicho límite se fijó teniendo en cuenta el LCOE de las diferentes tecnologías inframarginales, el cual oscila entre los 50 y los 250 €/MWh en función de si se habla de tecnologías renovables (las cuales presentan los valores más bajos), o si por el contrario se habla de la tecnología nuclear (que presenta valores mucho más elevados).

Por lo tanto, si este límite es lo suficientemente bajo, se podrán conseguir ahorros durante todos los días del mes, y prácticamente durante todas las horas del día, mientras que si es un límite demasiado elevado, la medida no reportará beneficio alguno, ya que se pagaría a todas las tecnologías inframarginales el precio por el que fueron casadas.

También es importante mencionar que este límite no es alto o bajo por si solo, sino que depende de las fluctuaciones de precio que se dan en el mercado. Por ejemplo, para el caso estudiado anteriormente, los 180 €/MWh reportaban un beneficio enorme para el mes de marzo, debido a que los precios de mercado durante este mes fueron muy altos. Por su parte, para el mes de enero, esos beneficios fueron algo más bajos, a pesar de que el límite se mantuvo en los 180 €/MWh.

Sin embargo, si se hubiesen analizado más en detalle los meses de noviembre y diciembre, donde el precio del mercado bajó considerablemente, los ahorros logrados hubiesen sido muy pequeños, existiendo la posibilidad de que fueran incluso nulos.

En definitiva, se puede concluir que la segunda medida estudiada es más rentable que la primera, y tal y como se ha visto, no solo teniendo en cuenta el día completo, sino que también reporta un mayor ahorro cuando se comparan las horas concretas marcadas por los ciclos combinados. No obstante, esto se ha determinado así debido a los altos precios que se presentaron a lo largo de 2022, ya que con precios de mercado más bajos, o con un límite de retribución superior, la medida del tope al gas podría llegar a ser incluso más competitiva.

# REFERENCIAS

---

- [1] Evergreen Eléctrica (s.f). ¿Qué significa el Real Decreto Ley 10/2022?. Recuperado de: <https://evergreen-electrica.com/que-significa-el-nuevo-concepto-en-las-facturas>
- [2] PrecioGas (27 de octubre de 2023). Tope del gas: ¿Quién lo paga y a qué hora es más barato?. Recuperado de: <https://preciogas.com/faq/tope-gas>
- [3] LA Corriente (1 de julio de 2022). El «tope» al precio del gas y cómo afecta a tu factura eléctrica. Recuperado de: <https://lacorrientecoop.es/el-tope-al-precio-del-gas-y-como-afecta-a-tu-factura-electrica/>
- [4] Tarifaluzhora (2 de octubre de 2023). Tope del gas: ¿Qué es y cómo afecta a las facturas de luz?. Recuperado de: <https://tarifaluzhora.es/info/tope-gas>
- [5] Hernandez, A (25 de mayo de 2022). Principales impactos del RDL 10/2022 del 'cap' de gas. Recuperado de: [https://www.ey.com/es\\_es/power-utilities/principales-impactos-rdl-10-2022-cap-de-gas](https://www.ey.com/es_es/power-utilities/principales-impactos-rdl-10-2022-cap-de-gas)
- [6] Roca, R (2 de septiembre de 2022). Bruselas descarta establecer un tope al gas a nivel europeo y opta por limitar el precio a renovables y nuclear para abaratar la luz. Recuperado de: <https://elperiodicodelaenergia.com/bruselas-descarta-establecer-un-tope-al-gas-a-nivel-europeo-y-opta-por-limitar-el-precio-a-renovables-y-nuclear-para-abaratar-la-luz/>
- [7] Mateo, R (8 de septiembre de 2022). Intervenir el mercado eléctrico, pero sin alterar sus reglas. Recuperado de: <https://agendapublica.elpais.com/noticia/18216/intervenir-mercado-ctrico-pero-sin-alterar-sus-reglas>
- [8] Energías Renovables (14 de septiembre de 2022). Bruselas, dispuesta a limitar los beneficios extraordinarios de hidroeléctricas y nucleares. Recuperado de: <https://www.energias-renovables.com/panorama/bruselas-dispuesta-a-limitar-los-beneficios-extraordinarios-20220914>
- [9] El Periodico de la Energía (1 de septiembre de 2022). Emergency Electricity Market Interventions. Recuperado de: [https://elperiodicodelaenergia.com/wp-content/uploads/2022/09/20220901\\_Non-paper-emergency-electricity-interventions\\_final.pdf](https://elperiodicodelaenergia.com/wp-content/uploads/2022/09/20220901_Non-paper-emergency-electricity-interventions_final.pdf)
- [10] Euractiv (enero de 2023). Proposal to reform the EU's wholesale power market. Recuperado de: [https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2023/01/Electricity\\_Non-Paper\\_ES.pdf](https://www.euractiv.com/wp-content/uploads/sites/2/2023/01/Electricity_Non-Paper_ES.pdf)
- [11] Fraunhofer ISE (junio de 2021). Levelized Cost of Electricity Renewable Energy Technologies. Recuperado de: [https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2021\\_Fraunhofer-ISE\\_LCOE\\_Renewable\\_Energy\\_Technologies.pdf](https://www.ise.fraunhofer.de/content/dam/ise/en/documents/publications/studies/EN2021_Fraunhofer-ISE_LCOE_Renewable_Energy_Technologies.pdf)
- [12] Weber, C. (2023) Achievements and Challenges in European Energy Markets
- [13] Pinson, P. (2023) What May Future Electricity Markets Look Like?

[14] Conejo, A.J. (2023) Why Marginal Pricing?

