



Potencial económico de reducción de la demanda de energía en España

[Resumen Ejecutivo 2011]

economics
for
energy

Bloomberg
NEW ENERGY FINANCE

Créditos

El presente informe ha sido elaborado por el equipo de *Economics for Energy* (con la contribución esencial de Pablo Pintos y Klaas Würzburg), con la colaboración de *Bloomberg New Energy Finance* en lo que respecta a datos y modelos, y de Alberto Santamaría, del *Instituto de Investigación Tecnológica*, para el cálculo de las interacciones entre las medidas de ahorro. Además, el informe ha contado con la valiosa ayuda de varios expertos de los sectores analizados, que han contrastado la validez de los supuestos utilizados para el análisis: Peter Sweatman, José J. Guerra, José M. García Salvador, María Mendiluce, Valentín Alfaya, Antón Navarro, Alberto García Álvarez y el IDAE. No obstante, la responsabilidad de los datos, resultados y opiniones corresponde totalmente a los autores.

Economics for Energy también agradece la colaboración de:



Diseño y Maquetación seteseoitodeseño gráfico

ISSN 2172-8127

Economics for Energy
Dr. Cadaval 2, 3E
E-36202 Vigo
info@eforenergy.org
www.eforenergy.org

Impreso sobre papel 100% reciclado.

Es una satisfacción para nosotros presentar este segundo informe de *Economics for Energy*, que asienta una de las principales actividades de este centro de investigación privado. *Economics for Energy* está especializado en el análisis económico de las cuestiones energéticas y se constituye inicialmente como una asociación sin ánimo de lucro participada por administraciones públicas, universidades, empresas y fundaciones. La misión de *Economics for Energy* es crear conocimiento en el ámbito de la economía de la energía y transferirlo de forma eficaz para informar, orientar y asesorar la toma de decisiones de agentes públicos y privados.

Economics for Energy sigue los procedimientos académicos habituales para crear conocimiento, con el rigor y profundidad adecuados. Sus líneas de trabajo se centran en el análisis de la demanda de energía, la innovación tecnológica en el ámbito energético, el diseño y evaluación de las políticas energético-ambientales, la valoración de la seguridad energética y la prospectiva tecnológico-regulatoria en el sector energético. Este conocimiento se transfiere a través de informes de situación, como el que nos ocupa, y la organización de seminarios y jornadas sobre temas relevantes de actualidad para el sector energético.

Este segundo informe continúa en gran medida con la línea emprendida con el primero: el análisis de las posibilidades de reducción de la demanda de energía en España. Como ya afirmábamos en el anterior informe, la gestión de la demanda de energía en España es esencial para poder cumplir con los objetivos de política energética: minimizar los costes de suministro, reducir las emisiones contaminantes, y maximizar la seguridad energética. El primer informe concluía que la intensidad energética en España era más alta que en otros países de nuestro entorno y que, por tanto, era recomendable reducirla. Sin embargo, existen pocas evaluaciones rigurosas del potencial realmente existente de reducción de la demanda de energía y, sobre todo, no las hay del coste de dicha reducción tanto desde una perspectiva de la administración pública (o social) como del consumidor (o privada).

Este informe responde a las dos preguntas anteriores mediante la elaboración, de forma pionera para España, de curvas de costes marginales de reducción de energía que muestran el potencial de reducción de la demanda de energía para distintos sectores y actuaciones, con su coste correspondiente, ordenadas de forma creciente. Si bien existen algunas curvas de este tipo para otros países, este informe hace una particularización de las mismas para España y además introduce dos importantes mejoras metodológicas. La primera se relaciona con el cálculo de costes tanto desde el punto de vista público como privado porque, si bien puede considerarse el enfoque público o social como el más adecuado para este tipo de ejercicios, la existencia de un *gap* comprobado entre la rentabilidad pública y privada de la eficiencia energética hace necesario evaluar el coste privado para determinar la respuesta previsible de los consumidores y la posible necesidad de establecer políticas de apoyo. La segunda mejora se vincula al uso de curvas que tienen en cuenta que ciertas medidas se solapan y que, por tanto, su consideración de forma aislada llevaría a sobreestimar el potencial de reducción. Estamos convencidos de que estas mejoras nos permiten ofrecer una estimación más rigurosa y realista del potencial de reducción de energía en España y sus costes.

La evaluación de costes se ha realizado tomando como base un modelo proporcionado por *Bloomberg New Energy Finance*, anteriormente utilizado para estimar curvas marginales de reducción de CO₂ y ahora adaptado a nuestros objetivos. *Bloomberg NEF* también ha facilitado abundantes datos de los costes de las distintas medidas a partir de su extensa base de datos.

Esperamos que este informe, al igual que las demás actividades de *Economics for Energy*, sea del interés de los expertos en el sector energético y también del resto de la sociedad. También que pueda contribuir a un mejor entendimiento y difusión de las implicaciones económicas de la política energética española e internacional.

Xavier Labandeira y Pedro Linares

Directores de *Economics for Energy*

1

La necesidad de reducir la demanda de energía

El primer informe de *Economics for Energy*, sobre "Análisis de la evolución de la intensidad energética en España"¹, señalaba la reducción de la demanda energética como uno de los pilares esenciales de la política energética de cualquier país. Esta reducción permite lograr de forma simultánea los objetivos de minimización del coste, maximización de la seguridad de suministro y reducción

del impacto ambiental de la energía, tal como se expresa en numerosos documentos de instituciones internacionales. En particular, la Unión Europea (UE) está apostando de manera muy importante por el ahorro y la eficiencia energética, como muestran sus propuestas y directivas recientes².

En relación con nuestro país, el anterior informe de *Economics for Energy* apuntaba que la intensidad energética seguía situándose por encima de la media europea, a pesar de haber mejorado en los últimos años. De hecho, el informe avanzaba que gran parte de la mejora experimentada en los últimos años en España tuvo lugar a nivel estructural, a través de cambios en el modelo productivo. Sin embargo, se han mantenido grandes diferencias con Europa a nivel intra-sectorial, esto es, en lo que respecta a la eficiencia de los procesos productivos o de los consumos dentro de cada sector. Así, si bien el sector eléctrico mostraba una alta eficiencia y la industria mejoraba significativamente, los sectores terciario y residencial empeoraban su comportamiento frente a las notables mejoras experimentadas en la UE durante el período contemplado. Esto es especialmente preocupante porque el sector residencial es el mayor consumidor de energía en España (31% del total de energía final en 2010) en sus usos de vivienda y transporte. Así pues, tanto por la necesidad de responder a los objetivos planteados desde la UE como por los diversos beneficios asociados a la eficiencia energética, parece apropiado seguir incidiendo en la necesidad de analizar y reducir la demanda de energía de nuestra economía.

La lentitud en la progresión en este ámbito puede deberse a que, en muchas ocasiones, ha faltado un elemento imprescindible para el diseño adecuado de este tipo de políticas: la evaluación correcta del potencial de reducción y de sus costes. En muchas ocasiones se ha considerado que el ahorro y eficiencia energética tienen un coste nulo o negativo, es decir, que la implantación de este tipo de medidas implica siempre un beneficio económico, como parecen indicar estudios de referencia como el elaborado por McKinsey³. Sin embargo, si realmente son tan rentables estas medidas, ¿por qué no se acometen de forma espontánea, sin necesidad de políticas de apoyo? Esto es lo que se conoce como la paradoja de la eficiencia energética: el hecho de que no se invierta en eficiencia energética a pesar de su aparente rentabilidad. Hay muchas posibles respuestas a este fenómeno, que básicamente explican la subestimación de los costes de las medidas de eficiencia energética por no incluirse las primas de riesgo, los costes ocultos, o las mayores rentabilidades exigidas por los consumidores privados (que a su vez se explican por distintas razones)⁴.

La no consideración de estos mayores costes hace que, en general, se manejen potenciales mayores de los realmente disponibles desde un punto de vista económico y que, además, el coste contemplado de las políticas sea inferior al real. Otro problema habitual en el cálculo del potencial y los costes de

1 Disponible en http://www.eforenergy.org/docpublicaciones/informes/informe_ejecutivo_2010.pdf

2 Por ejemplo, Comisión Europea (2011) A roadmap for moving to a competitive low carbon economy in 2050 (COM/2011/0112 final), Bruselas.

3 Enkvist, P., Nauclér, T. y Rosander, J. (2007) A cost curve for greenhouse gas reduction. McKinsey Quarterly.

4 Ver, por ejemplo, Linares, P. y Labandeira, X. (2010) Energy efficiency. Economics and policy. Journal of Economic Surveys, 24.

las medidas de eficiencia energética es que no se tiene en cuenta la interacción entre éstas: algunas de ellas pueden solaparse entre sí, resultando en un potencial global de reducción inferior a la simple suma de efectos. De nuevo, el resultado es una sobreestimación del potencial y una subestimación del coste de las medidas de eficiencia energética. Finalmente, también ha de distinguirse entre medidas de eficiencia y de ahorro energético porque las ganancias de eficiencia pueden no traducirse directamente en reducciones absolutas de la demanda de energía debido al denominado efecto rebote. En este sentido, existen distintas alternativas que permiten minimizar el efecto rebote y cuya utilización es claramente recomendable.

Por todo lo precedente, solo si se evalúan de forma adecuada los potenciales y costes será posible determinar el papel que deben jugar el ahorro y la eficiencia energética en las estrategias y políticas energéticas españolas. Asimismo, esto permitirá diseñar políticas de apoyo que sean efectivas y eficientes para conseguir los objetivos. Esto explica el objetivo fundamental del presente informe: una estimación para España, lo más rigurosa y detallada posible, tanto del potencial de reducción de la demanda de energía como de los costes públicos y privados para lograrlo. De esta forma será posible conocer hasta qué punto deben promoverse estas medidas y también en qué sectores hay que incidir de forma preferente para lograr los objetivos de ahorro y eficiencia energética.

2 **Cómo estimar los costes y potenciales de reducción de la demanda energética**

Existen diversos métodos para evaluar la reducción potencial de la demanda de energía en una economía, y sus costes asociados que en general pueden agruparse en dos grandes categorías: los basados en las valoraciones de expertos (*expert-based*) y los que utilizan modelos más o

menos complejos (*model-based*). Ambas aproximaciones comparten, no obstante, algunos elementos, porque han de partir de una caracterización precisa de las medidas factibles para lograr esta reducción. Por ejemplo, si una de las medidas es la introducción de calderas más eficientes, deberá identificarse su eficiencia energética y también los costes de inversión, mantenimiento y operación de las mismas. Y, por supuesto, deberán compararse estos parámetros con los existentes en ausencia de esta medida (el llamado contrafactual o *baseline*), en este caso las calderas de menor eficiencia. Sin embargo, los métodos anteriores difieren en el tratamiento posterior de esta información a la hora de agregar las medidas en un potencial conjunto, en la estimación de su penetración, y en la evaluación de los efectos indirectos. En cualquier caso, cada tipo de método tiene sus ventajas e inconvenientes y la decisión sobre cuál emplear dependerá de las circunstancias de cada estudio y de los compromisos a los que se llegue entre el nivel de detalle y la representación realista.

Los métodos basados en el juicio de expertos suman directamente los potenciales de reducción de cada una de las medidas, estiman sus penetraciones y no permiten evaluar efectos indirectos (efectos rebote, cambios de precio, desarrollos tecnológicos, etc.). Por el contrario, los métodos basados en modelos permiten tener en cuenta las interacciones y solapamientos entre las medidas, determinan su penetración en el mercado de forma endógena (en función de sus costes) y, si se usan modelos de equilibrio general, permiten evaluar efectos indirectos sobre el resto de la economía. Por ello, los métodos basados en la modelización suministran cálculos más realistas de reducciones potenciales y costes, aunque el nivel de detalle (en número de medidas consideradas, desagregación por sectores o caracterización de las medidas) ha de ser necesariamente inferior por razones de cómputo. Esto

hace que, en la práctica, sea difícil usar los métodos basados en modelos para identificar medidas de reducción específicas. Además, en esta aproximación es difícil incorporar problemas muy habituales en el ámbito de la eficiencia energética como comportamientos no racionales, imperfecciones en los mercados o barreras difíciles de cuantificar. En cualquier caso, es posible optar por aproximaciones intermedias que, por ejemplo y como se observará más adelante, permitan usar valoraciones de expertos y contemplar interacciones y solapamientos.

La literatura existente muestra cómo ambos métodos se han utilizado profusamente para evaluar potenciales y costes de reducción de emisiones de CO₂, incluyendo las aportaciones antes citadas de McKinsey y ejercicios similares desarrollados por Bloomberg⁵. Aunque estos trabajos no se ocupan específicamente de medidas para la reducción de la demanda de energía, la metodología utilizada es muy similar. En el informe completo puede encontrarse una amplia descripción y evaluación de los estudios realizados hasta la fecha, lo que ilustra las dificultades y limitaciones inherentes a este tipo de estudios por:

- ✚ La necesidad de definir adecuadamente la referencia sobre la que calcular los ahorros de energía (contrafactual). Algunos estudios no tienen en cuenta que las medidas ya en vigor (normativas existentes) o la propia evolución económica o tecnológica producirán cambios en la demanda de energía. Al no considerar estos factores, se producirá una sobreestimación del potencial existente.
- ✚ La difícil representación de las imperfecciones de los mercados o los comportamientos “extraños” de los consumidores. Como ya se ha mencionado, los consumidores domésticos pueden requerir tasas de rentabilidad más altas para sus inversiones y, por tanto, invertir menos de lo estimado por los modelos. De igual forma, la existencia de imperfecciones o barreras en algunos mercados puede hacer inviable la inversión en medidas aparentemente beneficiosas. De nuevo, si no se tienen en cuenta estos elementos se producirá una sobreestimación de los potenciales o una subestimación de los costes. El caso más ejemplificador es el de las medidas con coste negativo, que son aparentemente rentables pero no se han llevado a la práctica.
- ✚ Las dificultades de incorporar el avance tecnológico. Estos estudios tienen sentido a medio plazo, en el que hay una gran incertidumbre sobre el nivel de desarrollo de las distintas tecnologías, sobre sus costes y sobre el precio de los combustibles. Se trata de una cuestión sin soluciones simples, siendo especialmente recomendable la transparencia de los supuestos considerados para así poder evaluar la sensibilidad de los resultados a los mismos.
- ✚ La ausencia generalizada de datos fiables para realizar los cálculos: consumos actuales (para establecer la referencia o *baseline*), costes de tecnologías, etc. Esta es posiblemente la limitación más importante, particularmente en el caso español, y difícil de solucionar en un informe como éste.

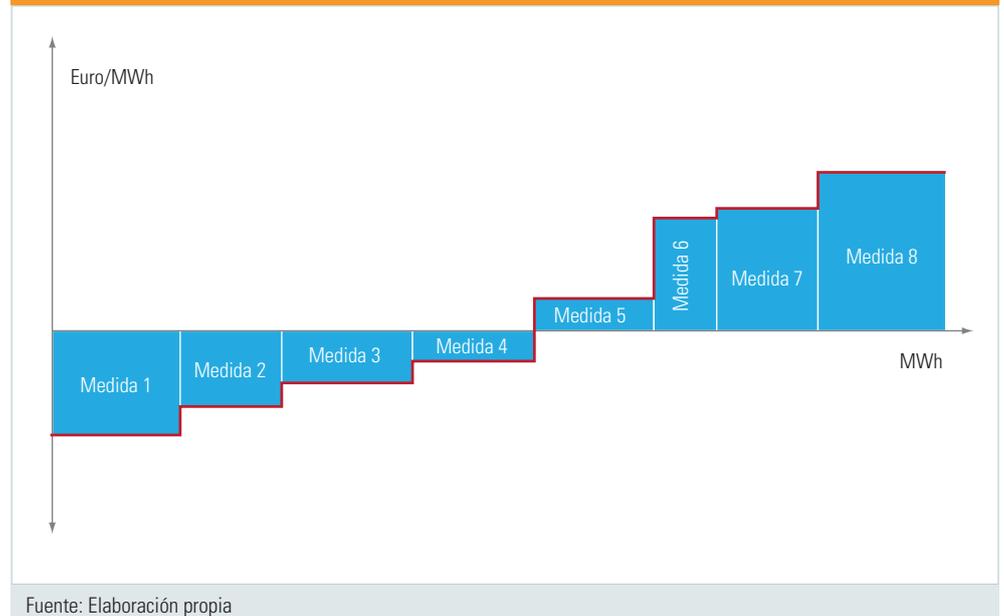
Tal y como se recoge en el apartado metodológico, hemos tratado de resolver algunas de las limitaciones anteriores para que los resultados obtenidos puedan considerarse suficientemente fiables para informar el diseño y aplicación de las políticas de eficiencia energética en España.

Finalmente, resta explicar la forma habitual de presentar los resultados en este tipo de estudios. Al igual que en las estimaciones de potenciales y costes de reducción de emisiones de CO₂, se utilizan curvas de costes marginales de reducción del consumo de energía que representan cada una de las medidas analizadas en forma de bloque: en el eje de abscisas se muestra el potencial de reducción de energía de la medida (en unidades energéticas) y en el eje de ordenadas su coste por unidad de

5 Turner, G., Sjardin, M. y Capua, M. (2010) Carbon markets: North America. Bloomberg New Energy Finance.

energía ahorrada (que incluye tanto inversión como operación, siempre con respecto a la tecnología o situación de referencia). Posteriormente, los bloques se ordenan de menor a mayor coste. El atractivo de esta curva reside en que permite visualizar esta ordenación y observar de manera sencilla el coste adicional de reducir una unidad más de energía (directamente en el trazado de la curva), o el potencial de reducción existente para un precio dado (que será el punto en el que la curva corte a la horizontal trazada por el nivel de precio correspondiente). La curva también permite determinar el coste total de la reducción deseada porque, por construcción, dicho coste es la integral o área bajo la curva hasta el punto deseado. La Figura 1 muestra una ilustración de esta curva.

Figura 1. Una curva tipo de costes marginales de reducción de la demanda de energía



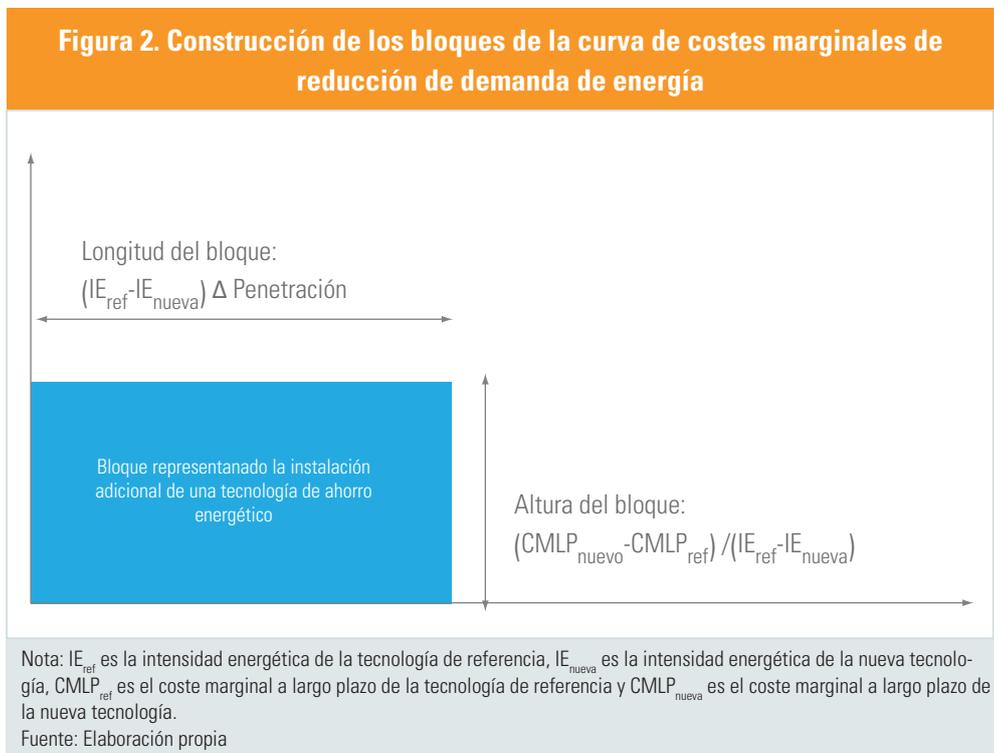
3 Metodología utilizada

En esta sección se describen tanto la aproximación metodológica escogida como las estrategias empleadas para afrontar las dificultades y limitaciones antes descritas. Así, el método utilizado en este informe se basa en las valoraciones de expertos, aunque con algunas modificaciones. La evaluación de expertos interviene en la determinación de las penetraciones de las distintas medidas para cada uno de los escenarios considerados, con un elevado nivel de detalle: para cada uno de los sectores se incluyen entre 15 y 50 posibles medidas, todas ellas caracterizadas a través de sus costes de inversión, mantenimiento y operación o combustible, y de su intensidad energética. La intensidad energética de cada medida se divide a su vez en intensidad eléctrica y térmica porque, como se comentará posteriormente, es necesario conocer la reducción en la demanda eléctrica para corregir el potencial de reducción en este sector. En todo caso, ambas se agregan en una única cifra de energía total, utilizando el factor de eficiencia medio del sector eléctrico.

A continuación se describe someramente el método de cálculo y la forma de resolver algunas de las limitaciones identificadas:

- En primer lugar, para cada medida de ahorro de energía se calcula su coste marginal a largo plazo por unidad⁶. Para ello se agregan los costes de operación, mantenimiento y combustible, y se le suma el coste de inversión anualizado. Para anualizar el coste se utiliza una tasa de descuento que puede ser distinta según el sector, tal y como se indicará más adelante.
- Posteriormente, para cada medida, se identifica la situación de referencia o contrafactual. Por ejemplo, se supone que las calderas de gas de condensación sustituirán a las calderas de gas normales o que los coches diesel avanzados sustituirán a los coches diesel normales. En algunos casos la referencia no es una tecnología específica sino una media del sector (esta es la situación para el sector eléctrico, en que es muy difícil determinar a qué tecnología sustituyen otras).
- Una vez identificada la referencia, se calcula el coste de la medida como la diferencia entre el coste marginal a largo plazo de la misma y el de la referencia.
- Igualmente, se calcula el ahorro energético proporcionado por cada medida como la diferencia entre las intensidades energéticas de la medida y de su referencia, multiplicado por el ámbito de actuación (que a su vez viene determinado por las diferencias entre las penetraciones de las medidas en el escenario base y el escenario analizado). Las penetraciones, como ya se comentó con anterioridad, se determinan exógenamente mediante juicio experto.
- Finalmente se divide el coste de la medida por el ahorro energético que proporciona para obtener así un coste por MWh ahorrado, que es el que permite ordenar las medidas de menor a mayor (de más a menos interesantes desde un punto de vista económico).

Con esto ya se cuenta con los elementos necesarios para construir cada uno de los bloques de la curva, tal y como se muestra en la Figura 2.



6 La unidad depende de cada medida: vivienda tipo, pasajero-Km, toneladas de producto, etc.

Como ya se avanzó, este informe evalúa reducciones potenciales y costes desde ópticas públicas y privadas. Así, la valoración pública se aproxima a estas cuestiones desde el punto de vista de la sociedad, o de la administración pública como su representante, considerando precios sin impuestos (dado que sería extraño pensar en que la promoción de la eficiencia energética lleve aparejada una pérdida de recaudación fiscal, se asume que los impuestos se ajustarán para evitar ese fenómeno) y una tasa de descuento única para todas las actuaciones. Por el contrario, en la evaluación desde la perspectiva privada se utilizan precios finales con impuestos y distintas tasas de descuento para los diferentes sectores, de forma que se trata de reflejar lo mejor posible la decisión del consumidor privado. Por ello, de acuerdo con la literatura en este campo, la tasa de descuento empleada para anualizar las inversiones es del 9% para los sectores industriales y, para reflejar las decisiones reales adoptadas por los consumidores individuales, del 30% en el sector residencial. Por su parte, en el sector del transporte privado también se utiliza una tasa de descuento elevada, del 20%.

Sin embargo, hay imperfecciones y barreras que no pueden recogerse mediante la modificación de la tasa de descuento. Algunas de ellas se incorporan mediante la determinación por expertos de la penetración esperada de las distintas medidas, indicando explícitamente si se espera que una medida tenga una penetración distinta a la que le correspondería por su coste. No obstante, cuando se ve afectado el coste de implantación de la medida por la existencia de costes de transacción o costes de información, entre otros, también se corrige de forma explícita el coste original de la medida.

En cualquier caso, la existencia de efectos que no se pueden incluir de forma explícita puede provocar que aparezcan medidas con coste negativo, esto es, las ya apuntadas medidas aparentemente rentables pero que no se llevan a la práctica. Ahora el modelo es igualmente útil al mostrar de forma clara estas situaciones que, como ya se expuso, probablemente reflejan la existencia de barreras no consideradas y que sería conveniente corregir mediante las políticas adecuadas.

Por último, la interdependencia entre las medidas se aborda con un tratamiento posterior de la información obtenida en el modelo básico. Así, una vez calculado el coste y el potencial de cada medida, se identifican aquellas que pueden solaparse entre sí (por ejemplo, tecnologías de calefacción y medidas de aislamiento, o medidas de reducción de demanda eléctrica y tecnologías de generación eléctrica) y se corrige secuencialmente tanto el potencial como el coste de las medidas que se van introduciendo después de la inicial. Así, por ejemplo, la introducción en primer lugar de medidas que reducen la demanda eléctrica hace que cambie el potencial de reducción de los cambios de tecnología en el sector eléctrico, y consecuentemente su coste por MWh reducido.

Por supuesto, la metodología presentada no impide que sigan existiendo numerosas incertidumbres, difíciles de resolver: respecto a la caracterización de las medidas y, sobre todo, a su penetración en el mercado. Estas incertidumbres se gestionan parcialmente mediante el uso de escenarios, tal y como se describe en la siguiente sección.

4 Escenarios y medidas consideradas

Dado que el objetivo de este trabajo es informar las políticas de ahorro y eficiencia, y que estas políticas actúan con unos horizontes largos, hemos considerado conveniente establecer el horizonte del estudio en el año 2030. Por tanto, los resultados serán los ahorros

potenciales de energía a lograr en España en esa fecha bajo distintos supuestos que se agrupan en dos escenarios, tecnológico y político, que se describirán posteriormente. En todo caso, es importante

señalar que el objetivo del informe es identificar los ahorros que podrían lograrse con políticas distintas o adicionales a las previstas en la actualidad. Por tanto, en estos escenarios se compara la situación alcanzable con la tendencial en 2030 (es decir, lo que se lograría si no se hiciera nada adicional a lo existente). El escenario tendencial recoge por tanto los planes de energías renovables o políticas de eficiencia energética ya aprobados o previstos en el horizonte considerado. Esta es una de las importantes limitaciones identificadas en estudios anteriores y que este informe pretende corregir.

En cuanto a los escenarios, pretenden recoger los distintos elementos de incertidumbre que pueden presentarse: de evolución tecnológica, de penetraciones de mercado, de costes de las medidas, etc., y también las distintas políticas que se podrían adoptar. Pero a la vez, hemos pretendido no crear un marco confuso, y por ello solo se plantean dos escenarios, quizá algo extremos pero que tratan de recoger el amplio abanico de resultados posibles de forma concisa⁷.

El **escenario tecnológico** considera así penetraciones elevadas de tecnologías aún consideradas como de futuro (por ejemplo, solar fotovoltaica en el sector eléctrico, calderas de alta eficiencia para climatización, coches eléctricos, etc.) asociadas a reducciones en los costes de las citadas tecnologías. El escenario también asume unos precios bajos para el gas natural ligados a la mejora tecnológica en los procesos de extracción de este combustible. Este escenario probablemente precise de apoyos políticos, pero orientados al desarrollo tecnológico y no tanto a la implantación en sí de las medidas.

El **escenario político**, por el contrario, no considera mejoras en los costes de las tecnologías sino que trata de representar un compromiso político para la promoción de tecnologías más eficientes energéticamente con independencia de su coste.

Como ya se ha mencionado, además de estos dos escenarios se incluye un **escenario tendencial** que evalúa, con fines informativos, la reducción en la demanda de energía de acuerdo con los resultados esperados de las políticas de ahorro ya implantadas o previstas. En este caso el escenario toma 2010 como año base para hacer los cálculos.

En el informe completo puede encontrarse una descripción detallada de los costes y penetraciones supuestos para cada una de las medidas en los distintos escenarios. También se presenta una lista detallada de las medidas contempladas a este respecto porque, frente a aproximaciones previas, en este informe se pone un énfasis especial en la transparencia respecto a los datos de entrada y a los supuestos de cálculo (todos disponibles en los apéndices correspondientes). De este modo, la información es clara en lo que se refiere a los sectores considerados: edificios residenciales, edificios comerciales, transporte (público y privado, carretera y ferrocarril), y sector eléctrico. Además se incluye un sector industrial, en el que se consideran la fabricación de aluminio, amoníaco, ladrillos, cemento, acero, cerámica, la industria petroquímica y el refinado de petróleo. En total, los sectores y consumos considerados cubren el 80% de la demanda de energía en España en 2010, correspondiendo el 20% restante a otros consumos industriales más desagregados o con más dificultad para obtener datos.

El estudio solo considera medidas “tecnológicas” y no de cambio de comportamiento: por ejemplo, se contempla la posibilidad de cambiar de vehículo pero no la de reducir la velocidad media, conducir eficientemente o disminuir los desplazamientos. La razón para ello no es la falta de interés o utilidad de dichas medidas sino la dificultad para estimar sus costes, no tan evidentes como podría parecer porque existen muchas alternativas: publicidad y concienciación, incentivos de precio o prohibición.

⁷ En cualquier caso, y dado que los parámetros de entrada y supuestos de los escenarios están disponibles en el informe completo, siempre es posible realizar análisis de sensibilidad adicionales.

Cada una de esas posibles actuaciones presenta costes de administración y efectos sobre el bienestar de los consumidores de difícil cálculo (aunque en ocasiones podría hacerse midiendo los cambios en el excedente del consumidor). Además, cuanto más ligera sea la actuación será más difícil saber cómo responderán los consumidores y, por tanto, estimar el potencial de reducción. Esto explica que hayamos optado por no incluir los cambios de comportamiento, que en todo caso podrían añadirse *ex-post*, para no contaminar con cálculos imprecisos el resultado global del trabajo.

5 El coste de reducir la demanda de energía en España

A continuación se presentan los resultados obtenidos en el informe para seis casos de estudio que combinan los tres escenarios (tendencial, tecnológico y político) con las dos aproximaciones a la evaluación del coste de las medidas (público y privado). Cada figura recoge los costes marginales

y el potencial de reducción de la demanda de energía de las distintas medidas que se identifican con un número y una letra. El número permite la consulta rápida en el Cuadro 2 (al final del documento) y la letra indica el sector al que pertenece la medida. El Cuadro 1 relaciona los sectores y las letras. En los Cuadros 3-8 se suministra la información detallada de costes y potenciales de cada medida en los distintos escenarios.

El **escenario tendencial** compara la demanda energética prevista en 2030, dada la evolución esperada de las distintas tecnologías y la implantación de las políticas previstas en este período, con la que tendría lugar si se mantuviera la estructura tecnológica de 2010. Los resultados muestran que la demanda energética final en 2030 es un 2% inferior a la de 2010 porque, a pesar del crecimiento en algunos de los factores explicativos del consumo energético (edificación, transporte, etc.), el cambio tecnológico previsto consigue reducir en un 26% la demanda prevista en ausencia de dichas mejoras. Por ello, simplemente con la evolución esperada de las distintas tecnologías y con la aplicación de las políticas ya previstas, asumiendo que los factores subyacentes se mantengan en las sendas contempladas en este estudio, sería posible estabilizar la demanda energética a niveles de 2010.

Entre las tecnologías que más contribuyen a la anterior reducción de demanda figuran la eólica y solar en el sector eléctrico, la mayor penetración de coches híbridos y de camiones y ferrocarriles más eficientes y el cambio modal hacia el ferrocarril. También tienen una contribución importante las bombas de calor, las calderas de gas eficientes y la reducción en el consumo de los vehículos convencionales, que permiten reducir el consumo de una gran cantidad de energía a un coste negativo. El interés de estas tecnologías se mantiene tanto desde la perspectiva pública como privada.

El coste de la reducción de demanda de energía en este escenario no es nulo, aunque sí en una gran medida: del 26% de ahorro previsto con respecto a la situación sin cambio tecnológico, un 73% del potencial de reducción (es decir, un 19% de ahorro con respecto a la situación sin ahorro) puede alcanzarse a coste negativo o nulo. Y entre un 81% y un 84% (dependiendo de si es coste público o privado) sería rentable con costes⁸ por debajo de 50€/MWh (que a su vez es inferior al precio considerado para el gas natural). Por ello, de compensar los ahorros económicos de unas medidas con el coste de otras, el paquete de medidas considerado presentaría unos costes negativos de 4.100 millones de Euros. En el caso privado se puede observar cómo, incluso a pesar de considerar tasas de

⁸ Tal como se explica en la metodología, el coste se refiere al coste en euros por MWh ahorrado, considerando tanto costes de inversión como de operación, y calculado como diferencia con respecto a la situación de referencia.

descuento que reflejan la paradoja de la eficiencia energética, existen también numerosas medidas con coste negativo o inferior a 50€/MWh. De hecho, en términos generales hay poca diferencia en el coste de las medidas entre el caso privado y público: la mayor tasa de descuento es compensada con mayores precios de los combustibles, que a su vez permiten mayores ahorros. Ahora debe evaluarse si pueden existir costes no contemplados, ocultos o de transacción, o si los costes negativos más bien reflejan la existencia de barreras administrativas, institucionales o de comportamiento.

Dado su elevado coste, cabe preguntarse por el interés de llevar a cabo algunas de las medidas consideradas. En particular, el estudio señala como tecnologías especialmente costosas la bomba de calor geotérmica, el aislamiento de las viviendas (que sin embargo tiene un gran potencial de reducción) o algunos electrodomésticos eficientes⁹. Este resultado se mantiene tanto para el caso privado como para el público, aunque al ser los costes privados mucho mayores las medidas se llevarán menos a cabo si se dejan a la iniciativa privada. Las Figuras 3 y 4 muestran las curvas de costes marginales de reducción para este escenario bajo las perspectivas pública y privada.

Ahora bien, como se indicó con anterioridad, la línea de base a considerar no es la de 2010 sino la situación tendencial a 2030 porque sobre ella se aplicarán las políticas. Esta situación se analiza en los escenarios tecnológico y político, en los que se puede observar cómo existe potencial de reducción adicional sobre el ya logrado en el escenario tendencial.

El **escenario político** es el más ambicioso porque se logran reducciones del 19% en 2030 con respecto al consumo energético del escenario tendencial, es decir, adicionales a las ya consideradas anteriormente. La reducción acumulada sobre la demanda en 2030 sería de un 40%. El coste marginal de la reducción es algo mayor que en el escenario tendencial: el porcentaje de medidas con coste negativo está entre el 50% (caso privado) y el 58% (caso público). Las medidas con coste inferior a 50€/MWh están entre el 60% y el 70%, respectivamente. En este escenario ir más allá de este 60 o 70% tiene un coste significativo, lo que indica que se está cerca del límite económico del potencial de reducción. Efectivamente, las tecnologías más costosas (de nuevo, el aislamiento, las bombas geotérmicas o algunos electrodomésticos eficientes) hacen subir mucho los costes totales de la reducción: mientras que en el caso tendencial la suma de todos los costes era negativa, ahora ascienden a 17.700 millones de Euros. No obstante, si se limitaran las medidas a adoptar a las que presentasen un coste inferior a 250€/MWh, el coste total sería nulo. Lo precedente está obviamente relacionado al hecho de que algunos potenciales de reducción muy coste-efectivos, como la instalación de calderas eficientes de gas, ya fueron agotados en gran medida en el escenario tendencial. Respecto a las disparidades público-privadas, el coste se dobla desde una perspectiva privada, fundamentalmente por el mayor coste de las tecnologías residenciales (como el aislamiento). También el potencial con coste negativo o menor a 50€/MWh es inferior en el caso privado. Las Figuras 5 y 6 muestran la curva de costes marginales de reducción de energía para este escenario. Como se puede observar, las tecnologías más interesantes son los vehículos eficientes, el cambio modal para el transporte de mercancías, o la energía eólica.

Finalmente, el **escenario tecnológico** asume una evolución avanzada de las tecnologías eficientes (incluyendo una bajada de su coste) pero, al no incorporar el escenario una política agresiva de ahorro y eficiencia, supone unas penetraciones inferiores. Con respecto a los escenarios anteriores, representaría una situación menos agresiva en cuanto a adopción de medidas eficientes, con los resultados esperables:

⁹ En el caso de la bomba geotérmica y del aislamiento el alto coste se debe fundamentalmente a la elevada inversión necesaria. En el caso de algunos electrodomésticos la razón es más bien su pequeña reducción respecto a la situación de referencia.

el potencial de reducción es en este caso inferior al del escenario político, de un 15% de reducción frente al consumo tendencial en 2030 (comparado con una reducción del 19% en el escenario político). Asimismo, cobran mayor importancia en la reducción las tecnologías (eficientes) más baratas de iluminación, hibridación de vehículos y electrificación del parque móvil.

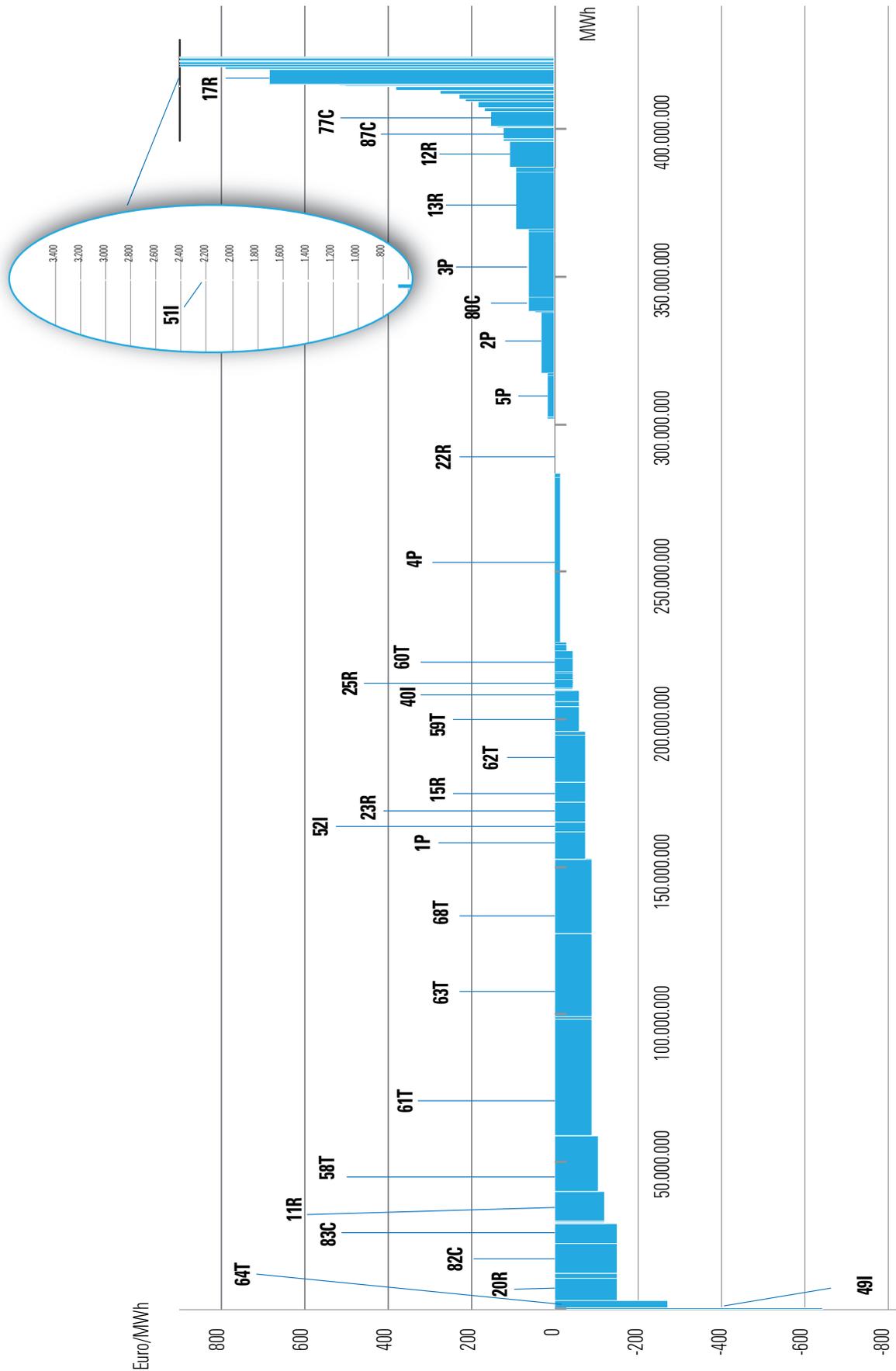
En cuanto a los costes, el resultado no es tan evidente. Aunque por una parte se podría esperar que el coste de las medidas se redujera por los mayores avances tecnológicos, los ahorros también caerían al asumir un precio bajo del gas natural. Por ello, el coste total es algo superior al del escenario político, incluso para una reducción de la demanda un 25% menor a la de dicho escenario: 19.000 Millones de Euros en el caso público y el doble para el caso privado. La estructura de costes es algo más desfavorable en términos relativos porque los ahorros alcanzables con un coste negativo están entre un 42% (para el caso privado) y un 56% (para el caso público). En cambio, de contabilizar los ahorros con coste inferior a 50€/MWh, el resultado es algo superior al del político: entre un 75 y un 77% del potencial de reducción sería posible por debajo de este coste. Como en los escenarios anteriores, las tecnologías más costosas vuelven a ser las de aislamiento en edificios residenciales y comerciales, que mantienen un elevado potencial de reducción. Nuevamente, el coste de estas tecnologías (en general residenciales) es mayor bajo la perspectiva privada como puede observarse en las Figuras 7 y 8.

Finalmente, es interesante señalar la influencia de las interacciones entre medidas. Aunque las cifras detalladas pueden consultarse en el informe completo, en general la consideración de las interacciones hace que el potencial de reducción se reduzca entre un 5% y un 10% en función del escenario. En particular, se reduce el potencial y aumenta el coste de las medidas más caras, que en casi todos los escenarios son las relacionadas con el aislamiento de los edificios residenciales y comerciales.

Cuadro 1. Identificación de sectores en las Figuras 3-8

Sector	Letra
Eléctrico	P
Residencial	R
Industrial	I
Transporte	T
Comercial	C

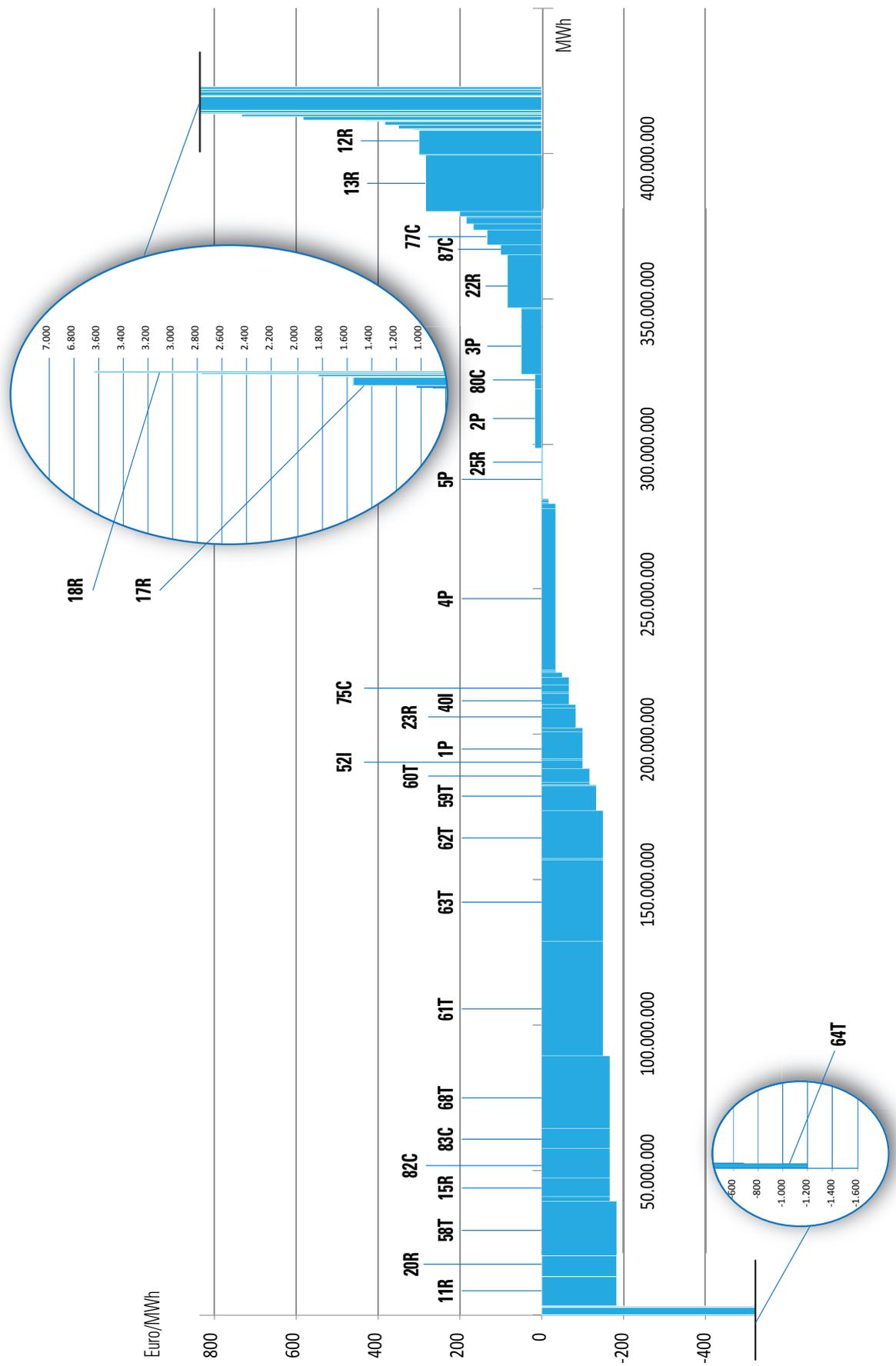
Figura 3. Potencial y costes de reducción 2010–2030 (tendencial), perspectiva pública



Nota: El Cuadro 1 relaciona las letras de las claves que se presentan en esta figura con los distintos sectores. Los números de las claves permiten identificar las medidas que se recogen en el Cuadro 2, al final del documento. Finalmente, el Cuadro 3 suministra la información detallada sobre costes y potenciales de cada medida en este escenario, introduciendo entre paréntesis la clave si la medida aparece señalada en la figura.

Fuente: Elaboración propia

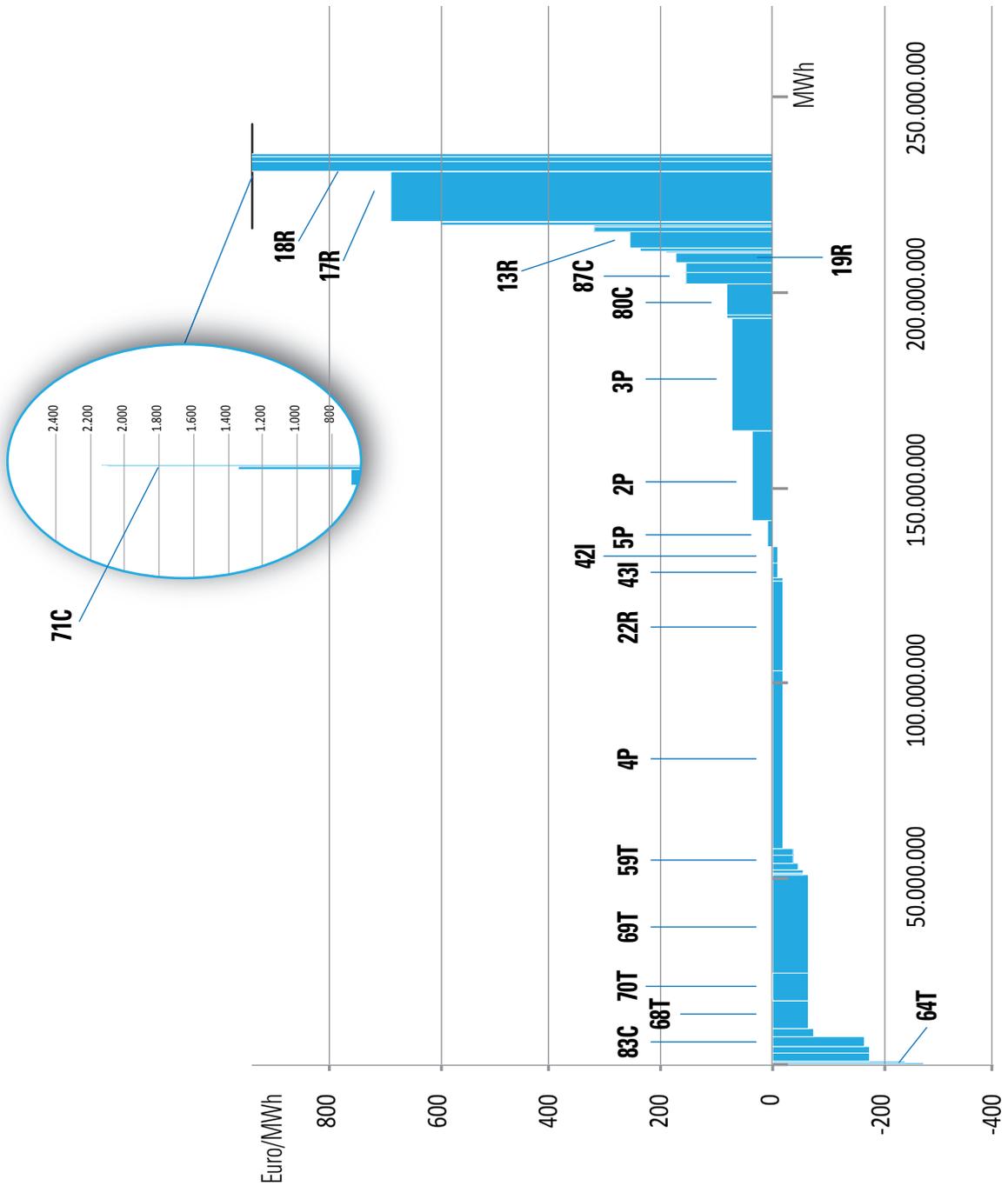
Figura 4. Potencial y costes de reducción 2010–2030 (tendencial), perspectiva privada



Nota: El Cuadro 1 relaciona las letras de las claves que se presentan en esta figura con los distintos sectores. Los números de las claves permiten identificar las medidas que se recogen en el Cuadro 2, al final del documento. Finalmente, el Cuadro 4 suministra la información detallada sobre costes y potenciales de cada medida en este escenario, introduciendo entre paréntesis la clave si la medida aparece señalada en la figura.

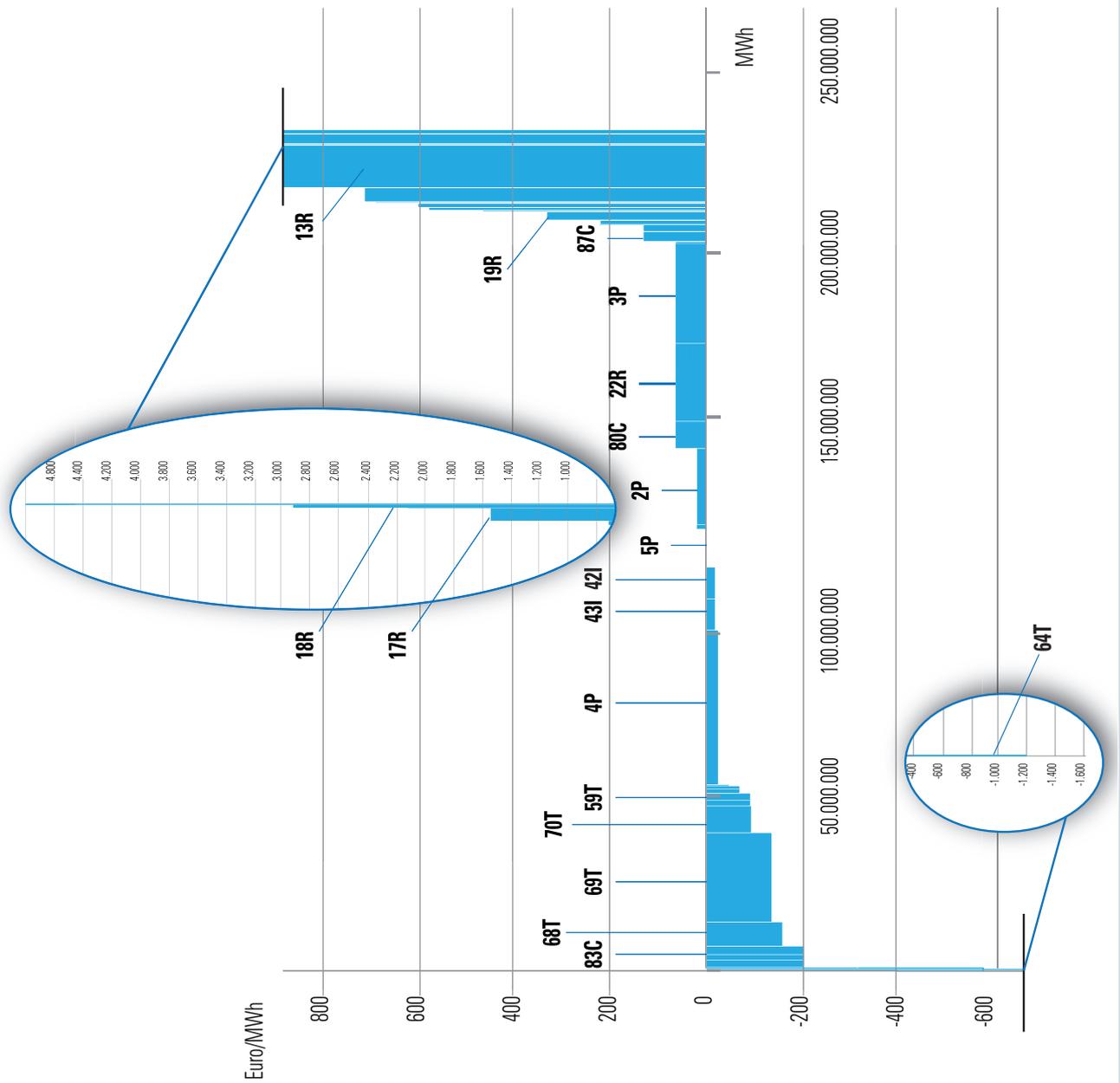
Fuente: Elaboración propia

Figura 5. Potencial y costes de reducción 2030 (político), perspectiva pública



Nota: El Cuadro 1 relaciona las letras de las claves que se presentan en esta figura con los distintos sectores. Los números de las claves permiten identificar las medidas que se recogen en el Cuadro 2, al final del documento. Finalmente, el Cuadro 5 suministra la información detallada sobre costes y potenciales de cada medida en este escenario, introduciendo entre paréntesis la clave si la medida aparece señalada en la figura.
Fuente: Elaboración propia

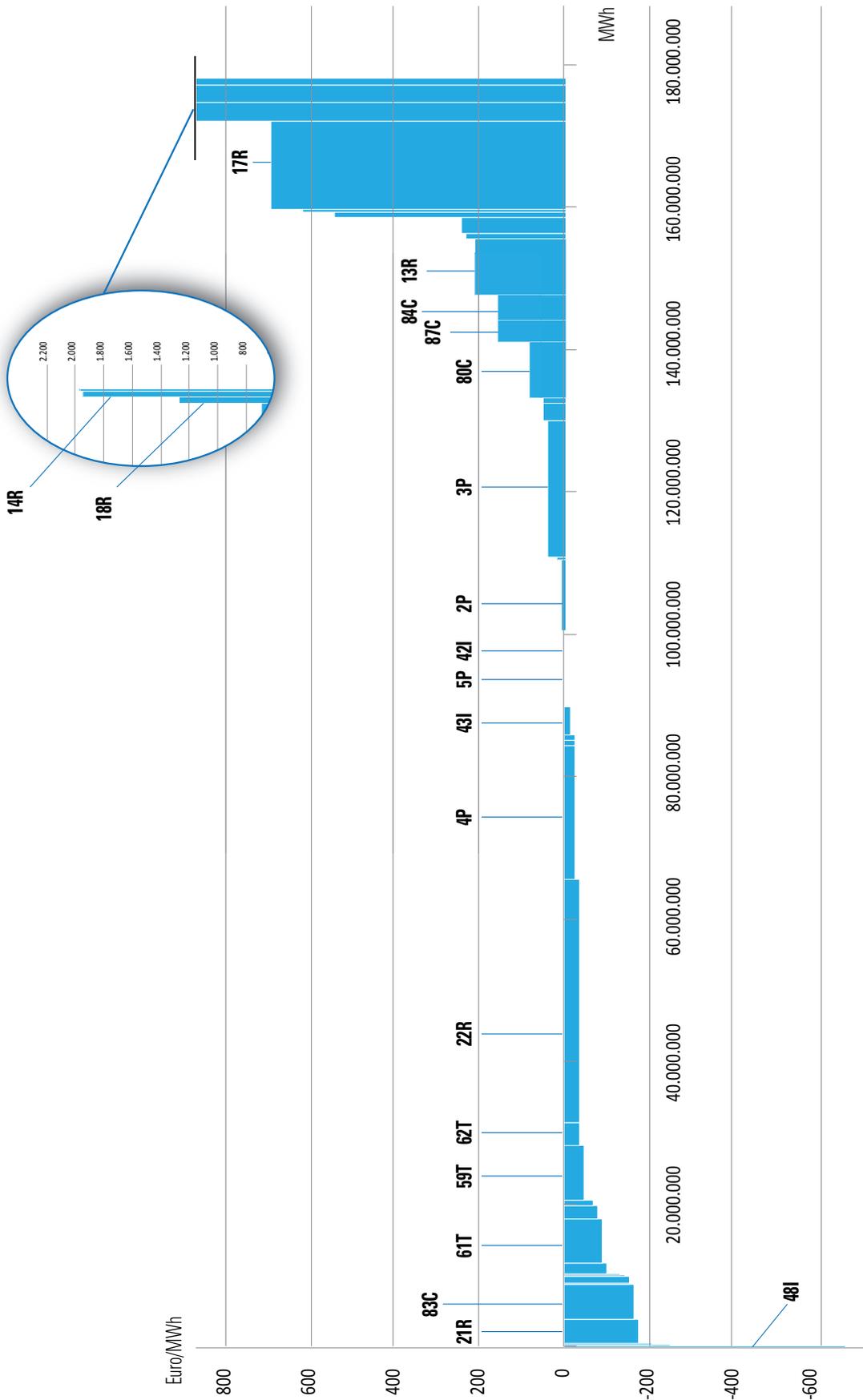
Figura 6. Potencial y costes de reducción 2030 (político), perspectiva privada



Nota: El Cuadro 1 relaciona las letras de las claves que se presentan en esta figura con los distintos sectores. Los números de las claves permiten identificar las medidas que se recogen en el Cuadro 2, al final del documento. Finalmente, el Cuadro 6 suministra la información detallada sobre costes y potenciales de cada medida en este escenario, introduciendo entre paréntesis la clave si la medida aparece señalada en la figura.

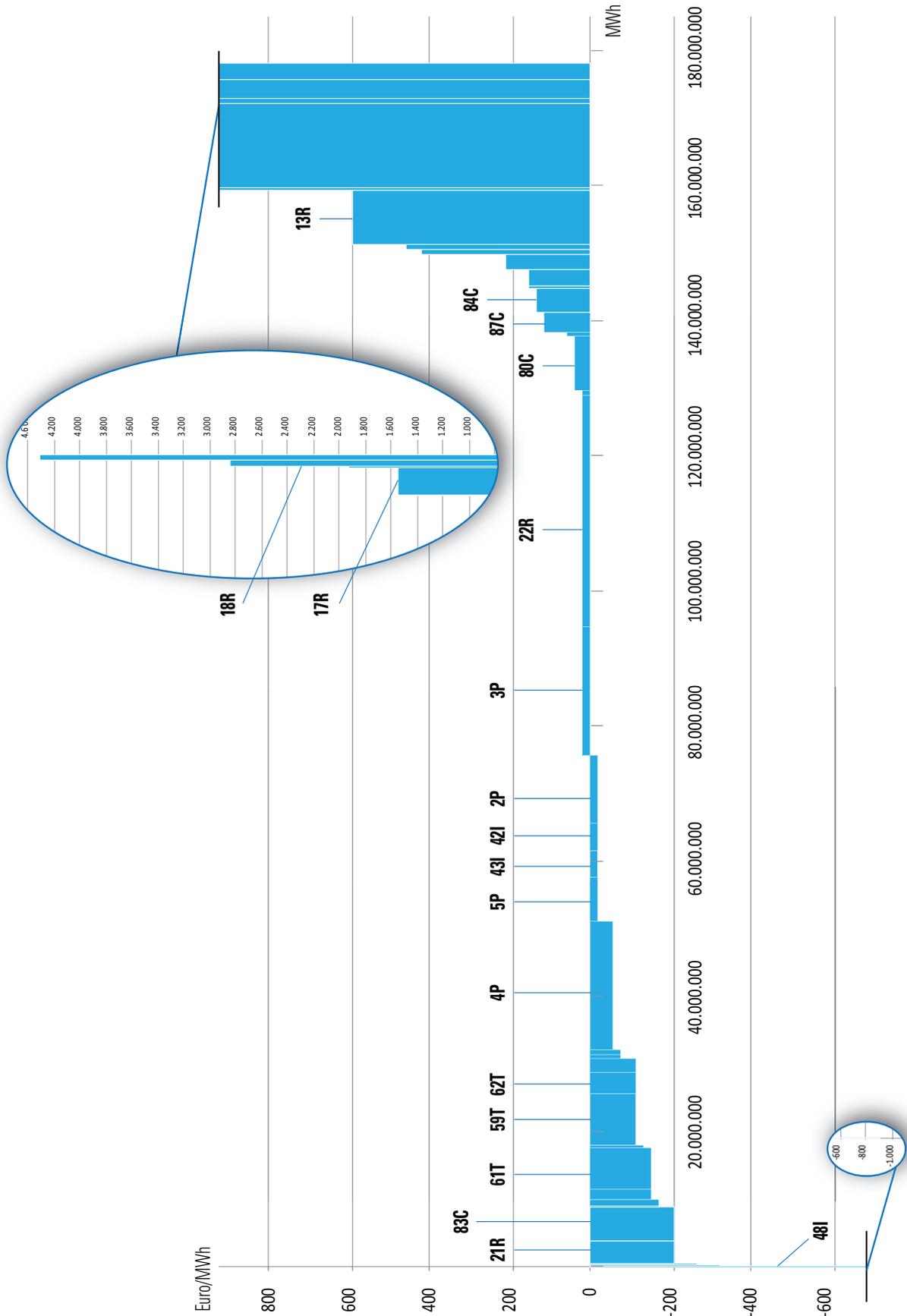
Fuente: Elaboración propia

Figura 7. Potencial y costes de reducción 2030 (tecnológico), perspectiva pública



Nota: El Cuadro 1 relaciona las letras de las claves que se presentan en esta figura con los distintos sectores. Los números de las claves permiten identificar las medidas que se recogen en el Cuadro 2, al final del documento. Finalmente, el Cuadro 7 suministra la información detallada sobre costes y potenciales de cada medida en este escenario, introduciendo entre paréntesis la clave si la medida aparece señalada en la figura.
Fuente: Elaboración propia

Figura 8. Potencial y costes de reducción 2030 (tecnológico), perspectiva privada



Nota: El Cuadro 1 relaciona las letras de las claves que se presentan en esta figura con los distintos sectores. Los números de las claves permiten identificar las medidas que se recogen en el Cuadro 2, al final del documento. Finalmente, el Cuadro 8 suministra la información detallada sobre costes y potenciales de cada medida en este escenario, introduciendo entre paréntesis la clave si la medida aparece señalada en la figura.

Fuente: Elaboración propia

6

Conclusiones y recomendaciones

El informe ha suministrado, de manera pionera para España, una estimación de los potenciales y costes de reducción de la demanda de energía.

Esta información es especialmente útil y necesaria

para el correcto diseño y evaluación de políticas de ahorro y eficiencia energética, prioritarias para las instituciones europeas y españolas en la búsqueda de mayor seguridad energética, menos emisiones y más ahorros económicos.

Para realizar los cálculos se ha utilizado una aproximación rigurosa basada en la valoración de expertos, aunque con ciertas modificaciones. Así, se ha partido de un modelo de *Bloomberg NEF* sobre el que se han introducido cambios para tratar de solventar algunas de las limitaciones habituales en este tipo de estudios, en especial las posibles interacciones entre las medidas y la representación del comportamiento de los consumidores. Además, se ha realizado un gran esfuerzo en ofrecer de forma transparente todos los datos de partida y los supuestos del estudio.

Los resultados muestran que, por una parte, la propia evolución tecnológica y la aplicación de las políticas existentes pueden lograr una importante reducción en la demanda de energía en España. Así, el estudio prevé que para 2030 la demanda pueda estabilizarse cerca de los niveles de 2010, lo que supondría una reducción de un 26% respecto a la demanda previsible en ausencia de este cambio tecnológico. Más allá de esta reducción, la implantación de políticas más agresivas o una evolución acelerada de las distintas tecnologías podrían proporcionar un potencial de reducción aún mayor. Tal como muestra el escenario político, la apuesta por las tecnologías más eficientes conllevaría una reducción adicional de un 19% sobre el escenario esperable para 2030, algo que se situaría por encima de los ambiciosos objetivos de la UE a este respecto. El estudio no ha considerado los efectos de cambios de comportamiento, por lo que el recurso a políticas de concienciación de los consumidores o a mayores señales de precios (por ejemplo a través de impuestos) podría llevar a ahorros todavía mayores. El informe avanza que dejar los cambios al mercado no resultaría tan efectivo, incluso en un escenario de avance tecnológico (que podría ser promovido políticamente), especialmente si el coste de la energía es bajo. El escenario tecnológico logra por ello una reducción bastante menor (aunque no despreciable), del 15% con respecto a los niveles tendenciales.

Respecto a los costes, los resultados también son llamativos. A pesar de que incorporan la interacción entre las tecnologías y, sobre todo, unas tasas de descuento elevadas para los consumidores residenciales, todos los escenarios muestran cómo más del 40% del potencial de reducción podría lograrse con costes negativos y más del 60% se lograría a un coste inferior a 50€/MWh (que es inferior al coste considerado para casi todos los combustibles en 2030). La comparación de costes entre escenarios también apunta a la enorme influencia de los precios de la energía: una bajada en el coste del gas natural, asumida por este informe para el escenario tecnológico, hace que el coste de las medidas de eficiencia energética aumente considerablemente porque se reducen los ahorros monetarios. Por ello, es especialmente necesario reiterar la importancia de que los precios de la energía recojan todos los costes para dar la señal correcta al ahorro energético también desde esta perspectiva.

La primera y principal aportación del informe se refiere al cálculo simultáneo de la capacidad potencial y de los costes de dicha reducción de la demanda energética en España. Así se observa un potencial de reducción muy importante, que puede ser alcanzado a costes muy bajos. Pero esto no implica que la tarea sea sencilla porque la existencia de abundantes medidas con costes negativos confirma la presencia de numerosas barreras no económicas al desarrollo de este potencial, que deberían

afrontarse mediante las políticas adecuadas. Esto hace que las subvenciones generalistas a la inversión, bastante habituales en la práctica, no sean especialmente adecuadas porque simplemente mejoran la rentabilidad económica (ya satisfactoria de por sí en muchas de las medidas) sin resolver los problemas de costes ocultos, altos costes de transacción, o de barreras no económicas. La fiscalidad, aunque sí da señales adecuadas en el largo plazo y por tanto corrige el efecto sobre el precio de la energía, tampoco permite solventar el problema precedente. Otras políticas pueden ser más exitosas para este cometido, como los estándares (idealmente, lo más flexibles posible), los acuerdos voluntarios, la simplificación de procesos administrativos o el uso de ayudas directas bien focalizadas. Sin embargo, éste es un campo aún por explorar, en el que no hay soluciones evidentes y en el que solo una limitada experiencia internacional puede servir de guía.

Una segunda conclusión del informe se refiere a la existencia de una importante reducción de demanda que proviene de la aplicación de las políticas existentes. Por ello, es fundamental asegurarse de que estas políticas se ejecuten correctamente. De hecho, las políticas previstas en nuestro país en este ámbito incorporan las medidas más baratas y más efectivas, como la sustitución de calderas en edificios o la reducción de consumos en el transporte.

En cuanto a los sectores y medidas prioritarias, conviene distinguir entre la situación tendencial y los escenarios más ambiciosos. En el escenario tendencial es imprescindible asegurar una mayor penetración de energías renovables en el sector eléctrico, la reducción de consumos en los vehículos (fundamentalmente a través de la hibridación, pero también mejorando los vehículos convencionales), el cambio modal hacia el ferrocarril y la mejora de la eficiencia en la climatización de edificios (calderas eficientes y bombas de calor). En el escenario político, puesto que la sustitución de sistemas de climatización en edificios ya está parcialmente agotada, las medidas más interesantes a promover son un incremento aún mayor de la energía eólica, la mayor eficiencia de los vehículos, y el cambio modal en el transporte de mercancías. Por su parte, el escenario tecnológico apunta a las tecnologías con mayor potencial de evolución: las de iluminación eficiente, los coches híbridos o los coches eléctricos. En este caso será fundamental que la evolución tecnológica se materialice y se abarate su coste, para lo que puede ser esencial un esfuerzo adicional en I+D.

En todos los escenarios, sin embargo, las medidas de aislamiento de edificios resultan ser las menos atractivas a pesar de su significativo potencial de reducción. Este mayor coste por unidad de reducción aumenta cuando se tienen en cuenta las interacciones con otras medidas (sustitución de calderas, por ejemplo), y es todavía mayor desde el punto de vista privado. Por tanto, si se quiere promover la rehabilitación energética de edificios debe reconocerse la baja rentabilidad relativa de esta actuación.

Finalmente, es interesante recordar que en un estudio como éste la incertidumbre sobre los costes o penetraciones de las distintas tecnologías juega un papel fundamental. Por ello, los resultados pueden cambiar significativamente si se modifican dichos parámetros. El lector interesado tiene a su disposición en el informe completo toda la información necesaria para evaluar la sensibilidad de los resultados a cambios en los parámetros que considere de interés.

Cuadro 2. Claves de Identificación de las medidas de reducción

Clave	Sector	Descripción
1 P	Eléctrico	Ciclo combinado de gas - eficiencia alta
2 P	Eléctrico	Solar FV
3 P	Eléctrico	Solar termoeléctrica
4 P	Eléctrico	Eólica onshore
5 P	Eléctrico	Eólica offshore
6 P	Eléctrico	Hidro (fluyente)
7 P	Eléctrico	Mareas
8 R	Residencial	Caldera de biomasa
9 R	Residencial	Microgeneración
10 R	Residencial	Calefacción urbana
11 R	Residencial	Caldera de gas de condensación
12 R	Residencial	Bomba de calor
13 R	Residencial	Bomba de calor avanzada
14 R	Residencial	Bomba de calor geotérmica
15 R	Residencial	Caldera de gas de baja temperatura
16 R	Residencial	Aire acondicionado avanzado
17 R	Residencial	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)
18 R	Residencial	Doble acristalamiento
19 R	Residencial	Sistemas de gestión de la climatización
20 R	Residencial	Iluminación fluorescente
21 R	Residencial	Iluminación LED
22 R	Residencial	Calentador de agua solar
23 R	Residencial	Calentador de agua gas condensación
24 R	Residencial	Calentador de agua biomasa
25 R	Residencial	Frigoríficos eficientes
26 R	Residencial	Hornos eficientes
27 R	Residencial	Lavadoras eficientes
28 R	Residencial	Lavavajillas eficientes
29 R	Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia
30 I	Industrial - amoníaco	Recuperación de hidrógeno
31 I	Industrial - amoníaco	Síntesis de baja presión
32 I	Industrial - amoníaco	Gestión de la energía
33 I	Industrial - ladrillos	Recuperación de gases - Túnel
34 I	Industrial - ladrillos	Aislamiento del horno - Túnel
35 I	Industrial - ladrillos	Mejora del flujo y presión - Túnel
36 I	Industrial - ladrillos	Upgrade de Hoffman a Túnel mejorado
37 I	Industrial - ladrillos	Secado continuo - Hoffman
38 I	Industrial - cemento	Precalcinadores
39 I	Industrial - cemento	Enfriado de rejilla
40 I	Industrial - cemento	Control de procesos y automatización
41 I	Industrial - cemento	Mantenimiento preventivo
42 I	Industrial - cemento	Precalcinadores - residuos
43 I	Industrial - cemento	Control de procesos y automatización - residuos

Clave	Sector	Descripción
44 I	Industrial - aluminio	Mejora de procesos
45 I	Industrial - petroquímica	Mejora de procesos
46 I	Industrial - acero	Gestión de energía EAF
47 I	Industrial - acero	Fundición Near net shape strip EAF
48 I	Industrial - acero	Gestión de energía BOF
49 I	Industrial - acero	Fundición Near net shape strip BOF
50 I	Industrial - acero	Recuperación de gases - BOF
51 I	Industrial - acero	Sustitución de BOF por EAF
52 I	Industrial – refinería	Gestión de procesos y de la energía
53 I	Industrial - cerámica	Aislamiento de hornos
54 I	Industrial - cerámica	Mejora del flujo de aire
55 I	Industrial - cerámica	Precalentamiento con recuperación de gases
56 I	Industrial - cerámica	Recuperación de calor
57 I	Industrial - cerámica	Cambio de túnel a rodillos
58 T	Transporte	Coche diesel más eficiente
59 T	Transporte	Coche eléctrico
60 T	Transporte	Coche de gasolina más eficiente
61 T	Transporte	Coche híbrido no enchufable
62 T	Transporte	Coche híbrido enchufable
63 T	Transporte	Camión diesel Euro V
64 T	Transporte	Camión de biodiesel
65 T	Transporte	Autobús Euro V
66 T	Transporte	Autobús eléctrico
67 T	Transporte	Autobús híbrido
68 T	Transporte	Tren de pasajeros eficiente
69 T	Transporte	Transporte de mercancías por ferrocarril
70 T	Transporte	Neumáticos de baja resistencia a la rodadura
71 C	Comercial	Bomba de calor geotérmica
72 C	Comercial	Caldera de biomasa
73 C	Comercial	Microcogeneración
74 C	Comercial	Calefacción urbana
75 C	Comercial	Caldera de gas de condensación
76 C	Comercial	Bomba de calor
77 C	Comercial	Bomba de calor eficiente
78 C	Comercial	Caldera de gas de baja temperatura
79 C	Comercial	Sistemas de gestión de la climatización
80 C	Comercial	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)
81 C	Comercial	Doble acristalamiento
82 C	Comercial	Iluminación fluorescente
83 C	Comercial	Iluminación LED
84 C	Comercial	Calentador de agua solar
85 C	Comercial	Calentador de agua gas de condensación
86 C	Comercial	Calentador de agua biomasa
87 C	Comercial	Equipos eléctricos eficientes

Cuadro 3. Potencial y costes de reducción 2010–2030 (tendencial), perspectiva pública

Sector (clave)	Descripción	Coste (£/MWh)	Reducción (MWh)	Sector (clave)	Descripción	Coste (£/MWh)	Reducción (MWh)
Ind.- acero (49 I)	Fundición Near net shape strip BOF	-666,8	28.192	Eléctrico (4 P)	Eólica onshore	-14,0	55.666.478
Ind.- acero	Fundición Near net shape strip EAF	-329,7	282.286	Ind. - cerámica	Recuperación de calor	-12,8	92.574
Transporte (64 T)	Camión de biodiesel	-274,1	2.903.863	Eléctrico	Hidro (fluyente)	-11,9	1.444.830
Residencial (20 R)	Iluminación fluorescente	-149,6	7.227.208	Ind. - cerámica	Mejora del flujo de aire	0,4	187.894
Residencial	Iluminación LED	-148,3	1.788.609	Residencial (22 R)	Calentador de agua solar	0,5	18.179.823
Comercial (82 C)	Iluminación fluorescente	-141,1	10.051.084	Comercial	Calentador de agua gas de condensación	12,5	514.523
Comercial (83 C)	Iluminación LED	-141,0	6.699.616	Ind. - cerámica	Cambio de túnel a rodillos	12,7	399.468
Ind. - amoníaco	Recuperación de hidrógeno	-123,8	373.894	Eléctrico (5 P)	Eólica offshore	13,2	13.685.604
Ind. - aluminio	Mejora de procesos	-123,1	155.655	Ind. - ladrillos	Upgrade de Hoffman a Túnel mejorado	16,1	751.966
Ind. - amoníaco	Gestión de la energía	-117,3	213.120	Ind. - cerámica	Precalentamiento con recuperación de gases	29,8	214.766
Residencial (11 R)	Caldera de gas de condensación	-115,1	10.180.685	Eléctrico (2 P)	Solar FV	33,4	20.611.305
Ind. - amoníaco	Síntesis de baja presión	-109,9	214.339	Ind. - ladrillos	Mejora del flujo y presión - Túnel	53,9	75.056
Transporte (58 T)	Coche diesel más eficiente	-107,0	18.616.582	Comercial (80 C)	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)	55,7	4.740.849
Ind.- acero	Gestión de energía EAF	-106,3	291.191	Eléctrico (3 P)	Solar termoeléctrica	65,4	22.428.263
Transporte (61 T)	Coche híbrido no enchufable	-88,3	39.307.702	Eléctrico	Mareas	69,9	456.187
Transporte	Transporte de mercancías por ferrocarril	-88,3	728.976	Residencial (13 R)	Bomba de calor avanzada	88,0	19.377.684
Transporte (63 T)	Camión diesel Euro V	-87,1	28.216.189	Residencial	Sistemas de gestión de la climatización	88,7	1.960.801
Transporte (68 T)	Tren de pasajeros eficiente	-80,8	25.150.939	Residencial (12 R)	Bomba de calor	102,0	8.595.117
Eléctrico (1 P)	Ciclo combinado de gas - eficiencia alta	-79,6	9.193.552	Residencial	Microgeneración	118,8	965.153
Ind. - refinería (52 I)	Gestión de procesos y de la energía	-76,7	3.047.635	Comercial (87 C)	Equipos eléctricos eficientes	130,5	3.570.449
Residencial (23 R)	Calentador de agua gas condensación	-74,9	6.793.439	Residencial	Hornos eficientes	132,4	523.932
Transporte	Autobús híbrido	-72,2	273.203	Ind. - ladrillos	Recuperación de gases - Túnel	153,2	57.269
Residencial (15 R)	Caldera de gas de baja temperatura	-70,0	6.364.931	Comercial (77 C)	Bomba de calor eficiente	157,7	5.009.030
Transporte (62 T)	Coche híbrido enchufable	-69,6	16.212.793	Ind. - ladrillos	Secado continuo - Hoffman	162,5	134.135
Comercial	Sistemas de gestión de la climatización	-68,5	1.277.700	Residencial	Lavavajillas eficientes	163,5	1.243.512
Transporte (59 T)	Coche eléctrico	-64,3	8.416.194	Comercial	Bomba de calor	187,1	2.131.094
Comercial	Caldera de gas de baja temperatura	-54,1	1.490.256	Comercial	Microgeneración	218,1	471.379
Ind. - cemento (40 I)	Control de procesos y automatización	-52,9	3.718.003	Ind. - cerámica	Aislamiento de hornos	221,4	170.473
Transporte	Autobús Euro V	-49,7	687.209	Comercial	Calentador de agua solar	232,7	1.683.922
Transporte	Autobús eléctrico	-49,3	218.577	Residencial	Lavadoras eficientes	267,5	1.305.687
Residencial (25 R)	Frigoríficos eficientes	-47,2	2.818.108	Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia	382,5	1.040.567
Ind. - cemento	Mantenimiento preventivo	-45,1	2.334.763	Ind. - ladrillos	Aislamiento del horno - Túnel	464,7	68.939
Ind. - petroquímica	Mejora de procesos	-44,1	429.016	Comercial	Doble acristalamiento	498,8	384.461
Ind.- acero	Gestión de energía BOF	-42,8	25.373	Residencial	Caldera de biomasa	510,9	718.007
Transporte (60 T)	Coche de gasolina más eficiente	-42,7	4.591.534	Residencial (17 R)	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)	675,3	4.730.373
Comercial	Caldera de gas de condensación	-38,7	2.419.942	Residencial	Bomba de calor geotérmica	786,7	1.135.275
Ind. - cemento	Precalcinadores	-34,0	2.037.046	Comercial	Bomba de calor geotérmica	930,4	513.317
Comercial	Caldera de biomasa	-21,8	163.665	Residencial	Calefacción urbana	1160,4	965.153
Ind.- acero	Recuperación de gases - BOF	-20,8	58.043	Comercial	Calefacción urbana	1600,0	471.379
Ind. - cemento	Enfriado de rejilla	-20,6	552.837	Residencial	Doble acristalamiento	1664,2	794.361
				Ind.- acero (51 I)	Sustitución de BOF por EAF	3354,9	46.767

Cuadro 4. Potencial y costes de reducción 2010–2030 (tendencial), perspectiva privada

Sector (clave)	Descripción	Coste (€/MWh)	Reducción (MWh)	Sector (clave)	Descripción	Coste (€/MWh)	Reducción (MWh)
Transporte (64 T)	Camión de biodiesel	-1189,5	2.903.863	Eléctrico	Hidro (fluyente)	-23,9	1.444.830
Ind. - acero	Fundición Near net shape strip BOF	-686,5	28.192	Ind. - cerámica	Mejora del flujo de aire	-18,0	187.894
Ind. - acero	Fundición Near net shape strip EAF	-352,7	282.286	Comercial	Calentador de agua gas de condensación	-17,7	514.523
Residencial (11 R)	Caldera de gas de condensación	-179,4	10.180.685	Transporte	Autobús Euro V	-16,9	687.209
Residencial (20 R)	Iluminación fluorescente	-175,0	7.227.208	Ind. - cerámica	Cambio de túnel a rodillos	-6,8	399.468
Transporte (58 T)	Coche diesel más eficiente	-173,9	18.616.582	Ind. - ladrillos	Upgrade de Hoffman a Túnel mejorado	-3,3	751.966
Residencial	Iluminación LED	-168,3	1.788.609	Eléctrico (5 P)	Eólica offshore	1,1	13.685.604
Residencial (15 R)	Caldera de gas de baja temperatura	-167,6	6.364.931	Residencial (25 R)	Frigoríficos eficientes	8,1	2.818.108
Comercial (82 C)	Iluminación fluorescente	-166,8	10.051.084	Ind. - cerámica	Precalentamiento con recuperación de gases	8,1	214.766
Comercial (83 C)	Iluminación LED	-166,7	6.699.616	Eléctrico (2 P)	Solar FV	21,3	20.611.305
Transporte (68 T)	Tren de pasajeros eficiente	-166,6	25.150.939	Comercial (80 C)	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)	22,2	4.740.849
Transporte (61 T)	Coche híbrido no enchufable	-155,2	39.307.702	Ind. - ladrillos	Mejora del flujo y presión - Túnel	34,4	75.056
Transporte (63 T)	Camión diesel Euro V	-154,6	28.216.189	Eléctrico (3 P)	Solar termoeléctrica	53,4	22.428.263
Ind. - amoníaco	Recuperación de hidrógeno	-146,9	373.894	Eléctrico	Mareas	57,8	456.187
Ind. - aluminio	Mejora de procesos	-146,0	155.655	Residencial (22 R)	Calentador de agua solar	76,3	18.179.823
Transporte (62 T)	Coche híbrido enchufable	-145,7	16.212.793	Comercial (87 C)	Equipos eléctricos eficientes	104,7	3.570.449
Ind. - amoníaco	Gestión de la energía	-139,1	213.120	Comercial (77 C)	Bomba de calor eficiente	131,4	5.009.030
Transporte (59 T)	Coche eléctrico	-137,7	8.416.194	Ind. - ladrillos	Recuperación de gases - Túnel	132,7	57.269
Ind. - amoníaco	Síntesis de baja presión	-130,5	214.339	Ind. - ladrillos	Secado continuo - Hoffman	143,6	134.135
Ind. - acero	Gestión de energía EAF	-128,3	291.191	Comercial	Bomba de calor	160,6	2.131.094
Transporte	Transporte de mercancías por ferrocarril	-114,6	728.976	Residencial	Sistemas de gestión de la climatización	186,8	1.960.801
Transporte (60 T)	Coche de gasolina más eficiente	-112,2	4.591.534	Comercial	Microgeneración	189,6	471.379
Transporte	Autobús eléctrico	-101,6	218.577	Ind. - cerámica	Aislamiento de hornos	198,5	170.473
Ind. - refinería (52 I)	Gestión de procesos y de la energía	-100,8	3.047.635	Comercial	Calentador de agua solar	206,5	1.683.922
Transporte	Autobús híbrido	-99,6	273.203	Residencial (13 R)	Bomba de calor avanzada	284,1	19.377.684
Eléctrico (1 P)	Ciclo combinado de gas - eficiencia alta	-99,2	9.193.552	Residencial (12 R)	Bomba de calor	304,4	8.595.117
Comercial	Sistemas de gestión de la climatización	-94,5	1.277.700	Residencial	Hornos eficientes	313,5	523.932
Residencial (23 R)	Calentador de agua gas condensación	-89,2	6.793.439	Residencial	Microgeneración	344,7	965.153
Comercial	Caldera de gas de baja temperatura	-82,5	1.490.256	Residencial	Lavavajillas eficientes	390,5	1.243.512
Ind. - cemento (40 I)	Control de procesos y automatización	-72,1	3.718.003	Comercial	Doble acristalamiento	439,4	384.461
Ind. - petroquímica	Mejora de procesos	-67,7	429.016	Ind. - ladrillos	Aislamiento del horno - Túnel	443,4	68.939
Comercial	Caldera de biomasa	-66,9	163.665	Residencial	Lavadoras eficientes	579,2	1.305.687
Comercial (75 C)	Caldera de gas de condensación	-66,8	2.419.942	Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia	726,4	1.040.567
Ind. - acero	Gestión de energía BOF	-62,5	25.373	Comercial	Bomba de calor geotérmica	904,0	513.317
Ind. - cemento	Mantenimiento preventivo	-61,5	2.334.763	Residencial	Caldera de biomasa	1024,3	718.007
Ind. - cemento	Precalcinadores	-47,5	2.037.046	Residencial (17 R)	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)	1537,8	4.685.587
Ind. - acero	Recuperación de gases - BOF	-40,2	58.043	Comercial	Calefacción urbana	1541,5	471.379
Ind. - cerámica	Recuperación de calor	-32,3	92.574	Residencial	Bomba de calor geotérmica	1821,3	1.135.275
Ind. - cemento	Enfriado de rejilla	-29,4	552.837	Residencial	Calefacción urbana	2778,7	965.153
Eléctrico (4 P)	Eólica onshore	-26,1	55.666.478	Ind. - acero	Sustitución de BOF por EAF	3496,2	46.767
				Residencial (18 R)	Doble acristalamiento	3641,8	794.361

Cuadro 5. Potencial y costes de reducción 2030 (político), perspectiva pública

Sector (clave)	Descripción	Coste (£/MWh)	Reducción (MWh)
Transporte (64 T)	Camión de biodiesel	-274,1	730.720
Residencial	Calentador de agua biomasa	-244,8	391.737
Comercial	Calentador de agua biomasa	-237,6	40.210
Residencial	Iluminación fluorescente	-179,8	1.742.693
Residencial	Iluminación LED	-178,2	1.742.693
Comercial (83 C)	Iluminación LED	-169,1	2.450.172
Ind. - amoníaco	Gestión de la energía	-148,5	124.695
Ind. - aluminio	Mejora de procesos	-146,7	87.048
Ind.- acero	Gestión de energía EAF	-133,7	164.028
Ind. - refinería	Gestión de procesos y de la energía	-78,7	1.978.996
Transporte (68 T)	Tren de pasajeros eficiente	-69,2	7.046.220
Transporte (70 T)	Neumáticos de baja resistencia a la rodadura	-64,1	9.500.137
Transporte (69 T)	Transporte de mercancías por ferrocarril	-62,4	26.124.986
Transporte	Autobús híbrido	-61,0	545.056
Residencial	Frigoríficos eficientes	-56,8	1.005.266
Comercial	Sistemas de gestión de la climatización	-47,3	1.431.086
Ind.- acero	Gestión de energía BOF	-42,8	16.915
Transporte (59 T)	Coche eléctrico	-36,0	2.017.791
Transporte	Coche híbrido enchufable	-35,4	1.657.428
Eléctrico (4 P)	Eólica onshore	-23,2	44.834.973
Residencial (22 R)	Calentador de agua solar	-20,3	23.344.758
Transporte	Autobús eléctrico	-19,2	610.483
Ind. - cemento (43 I)	Control de procesos y automatización - residuos	-12,9	3.988.359
Ind. - cemento (42 I)	Precalcinadores - residuos	-6,6	4.171.404
Eléctrico (5 P)	Eólica offshore	9,4	6.747.123
Eléctrico (2 P)	Solar FV	33,7	22.548.752
Eléctrico (3 P)	Solar termoeléctrica	72,2	28.750.548
Eléctrico	Mareas	77,6	829.510
Comercial (80 C)	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)	83,7	7.731.494
Residencial	Hornos eficientes	138,5	214.626
Comercial (87 C)	Equipos eléctricos eficientes	156,8	2.971.822
Comercial	Calentador de agua solar	159,5	2.396.236
Residencial (19 R)	Sistemas de gestión de la climatización	176,4	2.424.938
Residencial	Lavavajillas eficientes	196,5	414.009
Comercial	Bomba de calor eficiente	235,7	995.318
Residencial (13 R)	Bomba de calor avanzada	254,0	4.082.628
Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia	318,1	1.251.262
Residencial	Lavadoras eficientes	321,4	465.760
Comercial	Doble acristalamiento	600,2	801.257
Residencial (17 R)	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)	691,5	12.710.937
Residencial (18 R)	Doble acristalamiento	1343,0	2.707.150
Residencial	Bomba de calor geotérmica	2107,7	1.407.055
Comercial (71 C)	Bomba de calor geotérmica	2134,9	572.862

Cuadro 6. Potencial y costes de reducción 2030 (político), perspectiva privada

Sector (clave)	Descripción	Coste (€/MWh)	Reducción (MWh)
Transporte (64 T)	Camión de biodiesel	-1189,5	730.720
Residencial	Calentador de agua biomasa	-317,5	391.737
Comercial	Calentador de agua biomasa	-315,4	40.210
Residencial	Iluminación fluorescente	-210,2	1.742.693
Residencial	Iluminación LED	-201,3	1.742.693
Comercial (83 C)	Iluminación LED	-200,0	2.450.172
Ind. - amoníaco	Gestión de la energía	-176,1	124.695
Ind. - aluminio	Mejora de procesos	-174,0	87.048
Ind.- acero	Gestión de energía EAF	-161,4	164.028
Transporte (68 T)	Tren de pasajeros eficiente	-153,7	7.046.220
Transporte (69 T)	Transporte de mercancías por ferrocarril	-142,4	26.124.986
Transporte (70 T)	Neumáticos de baja resistencia a la rodadura	-107,5	9.500.137
Ind. - refinería	Gestión de procesos y de la energía	-103,4	1.978.996
Transporte	Coche híbrido enchufable	-96,4	1.657.428
Transporte (59 T)	Coche eléctrico	-95,9	2.017.791
Comercial	Sistemas de gestión de la climatización	-76,2	1.431.086
Transporte	Autobús híbrido	-63,9	545.056
Ind.- acero	Gestión de energía BOF	-62,5	16.915
Transporte	Autobús eléctrico	-56,6	610.483
Eléctrico (4 P)	Eólica onshore	-36,9	44.834.973
Ind. - cemento (43 I)	Control de procesos y automatización - residuos	-16,3	3.988.359
Ind. - cemento (42 I)	Precalcinadores - residuos	-8,8	4.171.404
Eléctrico (5 P)	Eólica offshore	-4,2	6.747.123
Residencial	Frigoríficos eficientes	9,7	1.005.266
Eléctrico (2 P)	Solar FV	20,1	22.548.752
Comercial (80 C)	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)	51,7	7.900.978
Residencial (22 R)	Calentador de agua solar	55,2	23.344.758
Eléctrico (3 P)	Solar termoeléctrica	58,6	28.750.548
Eléctrico	Mareas	63,9	829.510
Comercial (87 C)	Equipos eléctricos eficientes	125,8	2.971.822
Comercial	Calentador de agua solar	131,2	2.396.236
Comercial	Bomba de calor eficiente	209,5	995.318
Residencial (19 R)	Sistemas de gestión de la climatización	322,6	2.424.938
Residencial	Hornos eficientes	328,0	214.626
Residencial	Lavavajillas eficientes	469,2	414.009
Comercial	Doble acristalamiento	565,4	784.070
Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia	604,1	1.251.262
Residencial	Lavadoras eficientes	695,9	465.760
Residencial (13 R)	Bomba de calor avanzada	712,4	4.082.628
Residencial (17 R)	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)	1537,9	12.710.937
Comercial	Bomba de calor geotérmica	2109,2	572.862
Residencial (18 R)	Doble acristalamiento	2926,5	2.707.150
Residencial	Bomba de calor geotérmica	4794,9	1.407.055

Cuadro 7. Potencial y costes de reducción 2030 (tecnológico), perspectiva pública

Sector (clave)	Descripción	Coste (£/MWh)	Reducción (MWh)
Ind.- acero (48 I)	Gestión de energía BOF	-675,2	16.915
Residencial	Calentador de agua biomasa	-244,8	195.868
Comercial	Calentador de agua biomasa	-237,6	20.105
Ind.- acero	Gestión de energía EAF	-206,5	164.028
Residencial (21 R)	Iluminación LED	-179,5	3.485.387
Comercial (83 C)	Iluminación LED	-169,1	4.900.344
Ind. - amoníaco	Gestión de la energía	-154,2	124.695
Residencial	Frigoríficos eficientes	-150,0	1.005.266
Ind. - aluminio	Mejora de procesos	-146,2	87.048
Residencial	Hornos eficientes	-130,3	214.626
Comercial	Sistemas de gestión de la climatización	-104,1	1.431.086
Transporte (61 T)	Coche híbrido no enchufable	-90,8	6.216.832
Ind. - refinería	Gestión de procesos y de la energía	-78,7	1.978.996
Transporte	Autobús híbrido	-66,1	669.762
Transporte (59 T)	Coche eléctrico	-46,2	7.798.778
Transporte (62 T)	Coche híbrido enchufable	-41,5	3.132.510
Residencial (22 R)	Calentador de agua solar	-32,3	34.141.709
Eléctrico (4 P)	Eólica onshore	-28,8	18.861.303
Residencial	Lavavajillas eficientes	-28,4	621.014
Transporte	Autobús eléctrico	-28,2	750.159
Ind. - cemento (43 I)	Control de procesos y automatización - residuos	-12,9	3.988.359
Eléctrico (5 P)	Eólica offshore	-7,2	6.491.490
Ind. - cemento (42 I)	Precalcinadores - residuos	-6,6	4.171.404
Eléctrico (2 P)	Solar FV	6,6	9.945.366
Residencial	Lavadoras eficientes	21,6	465.760
Eléctrico (3 P)	Solar termoeléctrica	42,0	19.127.587
Residencial	Sistemas de gestión de la climatización	43,7	2.424.938
Eléctrico	Mareas	46,0	812.468
Comercial (80 C)	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)	75,8	7.900.978
Comercial (87 C)	Equipos eléctricos eficientes	156,8	2.971.822
Comercial (84 C)	Calentador de agua solar	159,5	3.504.496
Residencial (13 R)	Bomba de calor avanzada	210,8	8.008.231
Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia	225,1	750.757
Comercial	Bomba de calor eficiente	235,7	2.180.765
Comercial	Doble acristalamiento	533,7	763.598
Residencial	Aire acondicionado avanzado	616,4	365.855
Residencial (17 R)	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)	689,9	12.404.424
Residencial (18 R)	Doble acristalamiento	1261,5	2.641.870
Residencial (14 R)	Bomba de calor geotérmica	1936,1	2.489.405
Comercial	Bomba de calor geotérmica	1958,9	888.521

Cuadro 8. Potencial y costes de reducción 2030 (tecnológico), perspectiva privada

Sector (clave)	Descripción	Coste (€/MWh)	Reducción (MWh)
Ind.- acero (48 I)	Gestión de energía BOF	-904,9	16.915
Residencial	Calentador de agua biomasa	-317,5	195.868
Comercial	Calentador de agua biomasa	-315,4	20.105
Ind.- acero	Gestión de energía EAF	-258,3	164.028
Residencial (21 R)	Iluminación LED	-205,2	3.485.387
Comercial (83 C)	Iluminación LED	-200,0	4.900.344
Ind. - amoníaco	Gestión de la energía	-183,3	124.695
Ind. - aluminio	Mejora de procesos	-173,3	87.048
Residencial	Frigoríficos eficientes	-159,4	1.005.266
Comercial	Sistemas de gestión de la climatización	-149,2	1.431.086
Transporte (61 T)	Coche híbrido no enchufable	-143,9	6.216.832
Residencial	Hornos eficientes	-131,5	214.626
Transporte (59 T)	Coche eléctrico	-112,1	7.798.778
Transporte (62 T)	Coche híbrido enchufable	-106,0	3.132.510
Ind. - refinería	Gestión de procesos y de la energía	-103,4	1.978.996
Transporte	Autobús híbrido	-69,0	669.762
Transporte	Autobús eléctrico	-65,7	750.159
Eléctrico (4 P)	Eólica onshore	-42,4	18.861.303
Eléctrico (5 P)	Eólica offshore	-20,8	6.491.490
Ind. - cemento (43 I)	Control de procesos y automatización - residuos	-16,3	3.988.359
Ind. - cemento (42 I)	Precalcinadores - residuos	-8,8	4.171.404
Eléctrico (2 P)	Solar FV	-7,1	9.945.366
Eléctrico (3 P)	Solar termoeléctrica	28,4	19.127.587
Residencial (22 R)	Calentador de agua solar	30,7	34.141.709
Eléctrico	Mareas	32,3	812.468
Comercial (80 C)	Aislamiento (excepto acristalamiento y gestión)	43,8	7.900.978
Residencial	Lavavajillas eficientes	61,1	621.014
Comercial (87 C)	Equipos eléctricos eficientes	125,8	2.971.822
Comercial (84 C)	Calentador de agua solar	131,2	3.504.496
Residencial	Lavadoras eficientes	151,8	465.760
Residencial	Sistemas de gestión de la climatización	154,1	2.424.938
Comercial	Bomba de calor eficiente	209,5	2.180.765
Residencial	Cocina de inducción de alta eficiencia	435,3	750.757
Comercial	Doble acristalamiento	457,3	763.598
Residencial (13 R)	Bomba de calor avanzada	593,4	8.008.231
Residencial	Aire acondicionado avanzado	1438,9	365.855
Residencial (17 R)	Aislamiento de viviendas (excepto acristalamiento y gestión)	1552,1	12.404.424
Comercial	Bomba de calor geotérmica	1933,2	888.521
Residencial (18 R)	Doble acristalamiento	2853,1	2.641.870
Residencial	Bomba de calor geotérmica	4322,2	2.489.405



UniversidadeVigo

economics^{for}
energy

Doutor Cadaval, 2 - 3º E

36202 Vigo

Tel: +34 986 128 016

Fax: +34 986 125 404

Mail: info@eforenergy.org

www.eforenergy.org