

Resumen

Enmarcado en el contexto del reto internacional y de los compromisos de la Unión Europea de reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero para hacer frente al impacto del cambio climático, la economía española debe afrontar en las próximas décadas el desafío de llevar a cabo un rápido proceso de descarbonización que va afectar a todos los sectores de actividad. La industria, que es un sector relevante a nivel de consumo energético y emisiones de CO₂, no puede permanecer ajena a este objetivo. A pesar de haber venido haciendo desde hace tiempo un importante esfuerzo en la mejora de la eficiencia energética y en la reducción del consumo de combustibles fósiles, la industria se enfrenta al enorme desafío de la adaptación tecnológica y energética de sus procesos productivos. Y debe hacerlo no solamente sin perder competitividad, sino también aprovechando las nuevas oportunidades que se presentan en el contexto europeo e internacional para incrementar su capacidad de desarrollo industrial y empresarial. Este artículo presenta algunas reflexiones sobre los retos y las oportunidades a los que se enfrenta la industria española en el proceso de transición hacia la descarbonización de la economía.

Palabras clave: industria, sector manufacturero, descarbonización, transición energética, emisiones de GEI.

Abstract

The international challenge and the commitments of the European Union to reduce greenhouse gas emissions to face the impact of climate change, implies that the Spanish economy faces the challenge of carrying out a decarbonization process in the coming decades and it will affect all sectors of activity. This objective will also be applicable in the industry, which is a relevant sector in energy consumption and CO₂ emissions. The industry faces the enormous challenge of technological and energy adaptation of its production processes, although the sector has long been making significant efforts in energy efficiency, reduction of consumption and replacement of fossil fuels. And all this without losing competitiveness. In addition, given the European and international context, it should take advantage of the new opportunities presented to increase business capabilities. This article presents a vision on the challenges and opportunities that the Spanish industry faces in the process of transition towards the total decarbonization of the economy.

Keywords: industry, manufacturing, decarbonization, energy transition, GHG emissions.

JEL classification: L60, Q01, Q40.

LA DESCARBONIZACIÓN DE LA INDUSTRIA, RETOS Y OPORTUNIDADES

Javier MARQUÉS
Txetxu SÁENZ DE ORMIJANA
EVE - Ente Vasco de Energía

I. INTRODUCCIÓN

LOS compromisos internacionales del Acuerdo de París firmado a finales del 2015 dentro de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (COP21), en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, establecieron unos objetivos de reducción del 40 por 100 de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) en el año 2030 con respecto al año 1990, para que el aumento de la temperatura mundial se mantuviese muy por debajo de los 2 °C. La Unión Europea (UE) ha asumido el liderazgo en la acción por el clima a nivel mundial, y con el fin de limitar el aumento de la temperatura del planeta a 1,5 °C ha definido una estrategia a largo plazo para alcanzar en el año 2050 cero emisiones netas de gases de efecto invernadero por medio de una transición energética «socialmente justa realizada de manera rentable» (1).

En este contexto, todos los Estados miembros están obligados a elaborar cada diez años sus correspondientes planes nacionales integrados de energía y clima (PNIEC) y las correspondientes estrategias a largo plazo de treinta años (2). Con este criterio, todos los países deben tener aprobados para finales de 2019 su PNIEC 2021-2030 y deben haber presentado la estrategia a largo plazo 2050 de forma que contribuyan a los ob-

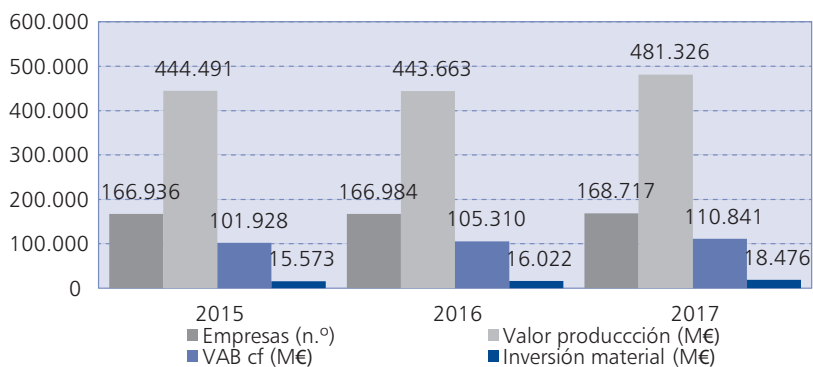
jetivos de la UE. En este sentido, el Gobierno español presentó en febrero de 2019 su borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Las estrategias nacionales a largo plazo para llegar al objetivo de lograr emisiones netas cero de GEI en la Unión Europea para 2050 suponen la progresiva descarbonización de las economías de todos los Estados miembros, y por ello, de cada uno de los sectores de actividad.

Ante este escenario, siendo el sector manufacturero responsable del 23 por 100 del consumo final energético, del 20 por 100 del consumo final de combustibles fósiles (3) y del 19 por 100 del total de las emisiones de GEI (4), este artículo presenta la situación y tendencias energéticas y de emisiones del sector industrial, identifica algunas de las áreas claves para avanzar en su descarbonización, y reflexiona sobre algunos de los nichos de mayor potencial de desarrollo industrial.

II. MAGNITUDES DEL SECTOR INDUSTRIAL MANUFACTURERO

Según información del Instituto Nacional de Estadística (INE), el sector industrial español lo conforman cerca de 192.400 empresas. De estas, el 88 por 100 corresponde a empresas del sector manufacturero (5), que anualmente factura 505.000 millones

**GRÁFICO 1
PRINCIPALES MAGNITUDES ECONÓMICAS DEL SECTOR
MANUFACTURERO EN ESPAÑA**



Fuente: Estadística estructural de empresas (INE).

de euros, aporta el 14 por 100 al valor añadido bruto nacional y con algo más de 1,9 millones de trabajadores, supone el 10 por 100 del empleo de todos los sectores de actividad (6).

Por subsectores, la actividad productiva se concentra en «Alimentación y Construcción de medios de transporte», que conjuntamente supone más del 40 por

100, y también destacan el sector «Químico, Refino, Metalurgia y Transformados metálicos», que suman otro 28 por 100.

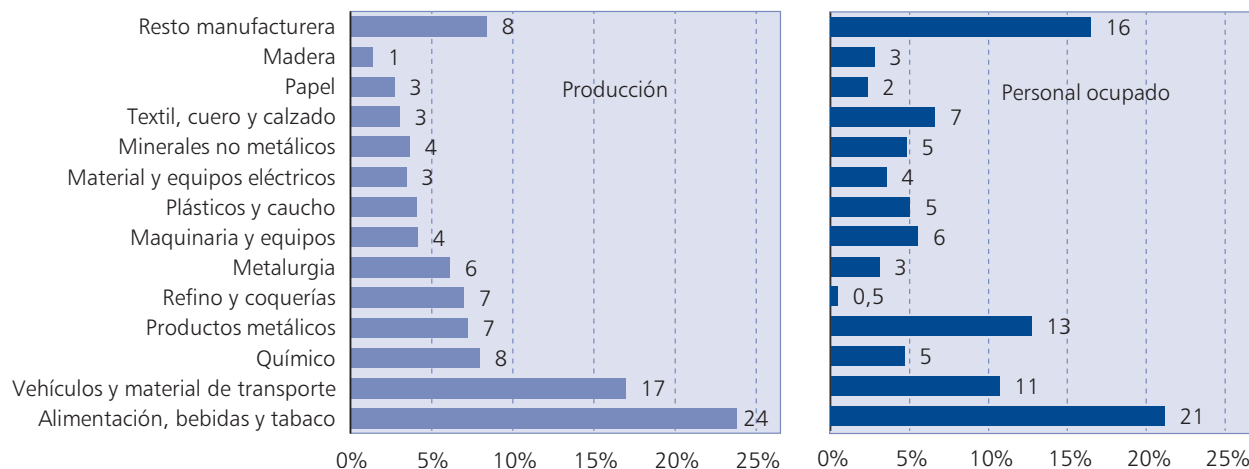
III. CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL SECTOR

En el período 2005-2017, el análisis de la evolución energéti-

ca en la industria manufacturera indica que este ha sido el sector final que más ha reducido su consumo energético en este período, un 37 por 100 en doce años. En el año 2017, la industria representó el 23 por 100 del consumo final sectorial, nueve puntos por debajo del 32 por 100 del 2005, bajando su consumo energético anual a 19,7 millones de toneladas equivalentes de petróleo. Evidentemente, una parte importante de la reducción del consumo ha estado asociada a la evolución de la actividad productiva debida a la crisis económica. Otros factores también tienen influencia a largo plazo, como por ejemplo la mejora de la intensidad energética debido a la incorporación progresiva de medidas de ahorro energético y a cambios tecnológicos, que inciden en la mejora de la competitividad energética. Una cierta recuperación del consumo energético en la industria se está dando en los últimos años, como se refleja en el gráfico 3.

En cuanto a las tendencias por tipo de energías cabe des-

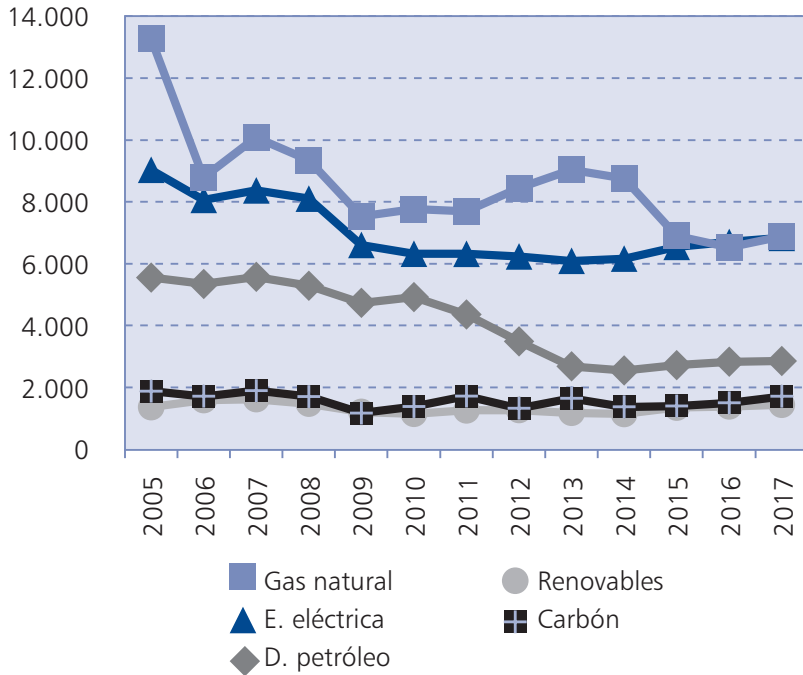
**GRÁFICO 2
ESTRUCTURA SECTORIAL DE PRODUCCIÓN Y EMPLEO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA, 2017**



Fuente: EPA 2017 (INE).

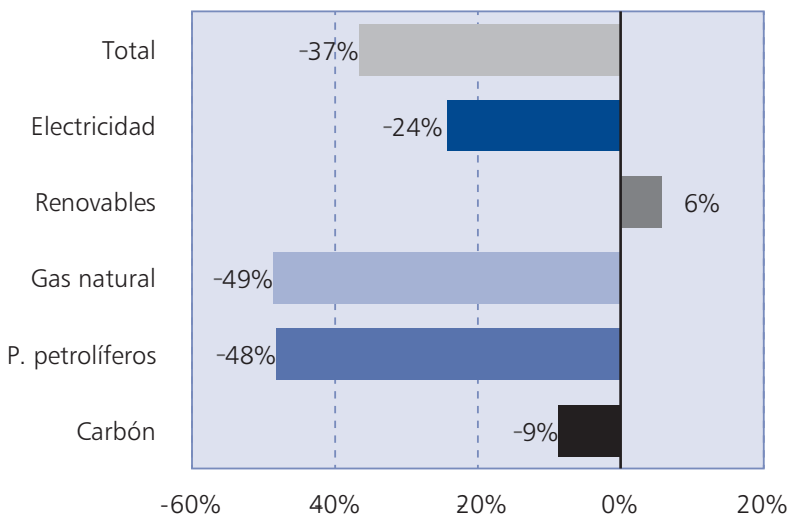
GRÁFICO 3
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO INDUSTRIAL POR ENERGÍAS

kilotoneladas equivalentes de petróleo



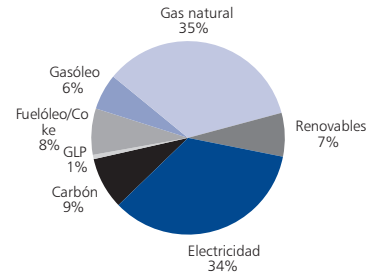
Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

GRÁFICO 4
TENDENCIAS ENERGÉTICAS EN LA INDUSTRIA, 2005-2017



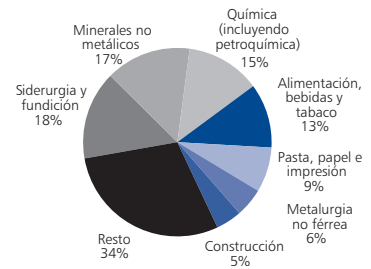
Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

GRÁFICO 5
ESTRUCTURA DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN LA INDUSTRIA 2017 POR ENERGÍAS



Fuente: IDAE, año 2017 y elaboración propia.

GRÁFICO 6
ESTRUCTURA DEL CONSUMO SECTORIAL EN LA INDUSTRIA 2017 POR SUBSECTORES

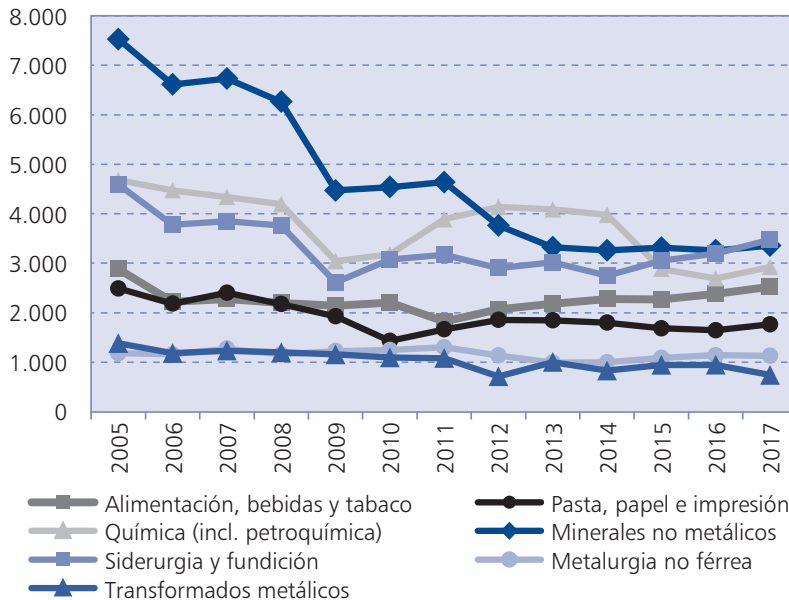


Fuente: IDAE, año 2017 y elaboración propia.

taçar la fuerte reducción del consumo de combustibles fósiles del 45 por 100 y de casi un 24 por 100 en electricidad en doce años, mientras que el aprovechamiento energético de las energías renovables ha crecido ligeramente, un 6 por 100 en dicho período. En el año 2017 todavía los combustibles fósiles representan el 58 por 100 del consumo energético en la industria, (destacando el 7 por 100 del consumo de carbón, que se utiliza como materia prima en el sector de la siderurgia y fundición),

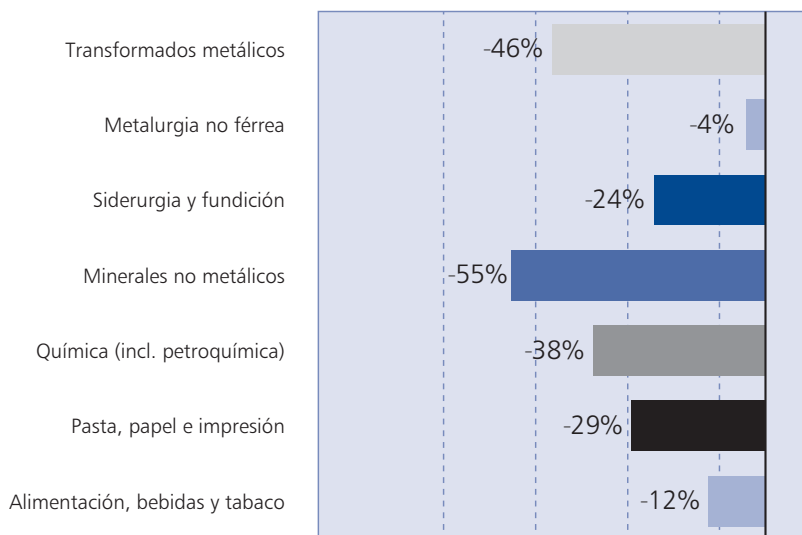
GRÁFICO 7
EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO DE LOS PRINCIPALES
SUBSECTORES INDUSTRIALES

kilotoneladas equivalentes de petróleo



Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

GRÁFICO 8
VARIACIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO EN DIFERENTES
SUBSECTORES INDUSTRIALES, 2005-2017



Fuente: Series 2005-2017 (IDAE) y elaboración propia.

a pesar de que el consumo tanto de productos petrolíferos como de gas natural se ha reducido casi a la mitad. Las renovables han mejorado su participación del 4 por 100 hasta el 7 por 100, debido sobre todo a la bajada sectorial del consumo, siendo casi en su totalidad aprovechamiento de biomasa residual.

El análisis por subsectores (gráficos 7 y 8) indica que en 2017 cerca del 62 por 100 del consumo energético industrial se concentra en cuatro subsectores principales («Siderurgia y fundición», «Minerales no metálicos», «sector Químico/petroquímico» y «sector Alimentación, bebidas y tabaco»). Por otra parte, casi todos los subsectores industriales presentan una tendencia de reducción del consumo energético en el período 2005-2017. En efecto, en estos doce años las disminuciones fueron importantes en subsectores tan relevantes como «Minerales no metálicos» (-55 por 100), «Transformados metálicos» (-46 por 100) (ambos subsectores muy relacionados con la construcción) y «sector Químico» (-38 por 100). También destacaron las reducciones en el «sector Papel» (-29 por 100) y en «Siderurgia y fundición» (-24 por 100).

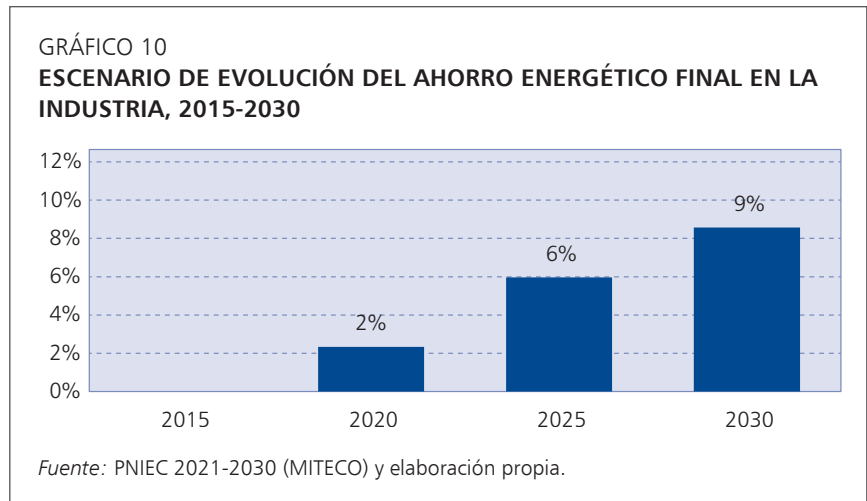
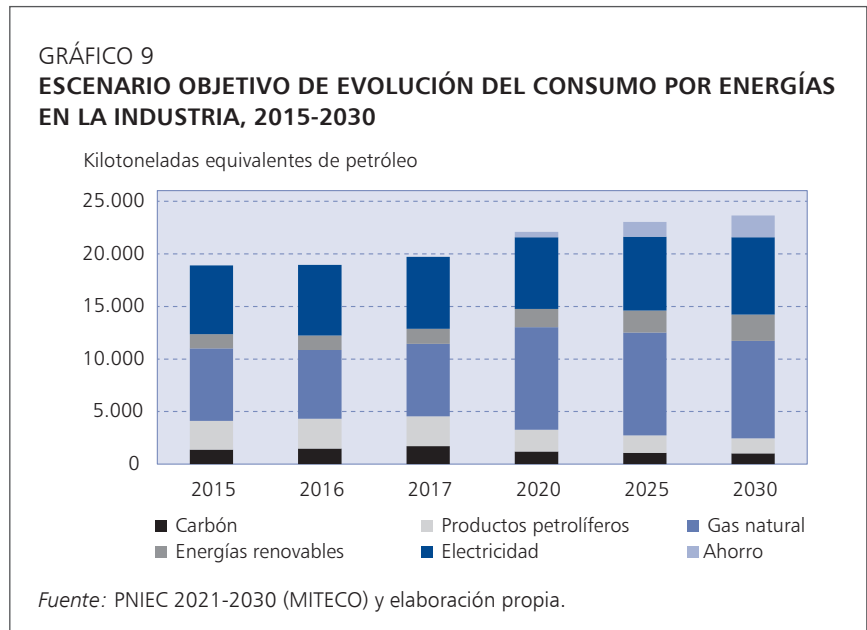
Referente al tipo de energías demandadas, en todos los sectores tiene un peso importante el consumo de electricidad y gas natural. Solamente cuatro subsectores industriales tienen aprovechamiento de energías renovables («Alimentación», «Papel», «Minerales no metálicos» y «Madera»), y la biomasa concentra el 96 por 100 de las mismas. Destaca el consumo de carbón en la siderurgia y fundición, el uso de coque de petróleo en minerales no metálicos, y el

aprovechamiento energético de la biomasa en el sector papelero.

IV. ORIENTACIÓN DE LA POLÍTICA ENERGÉTICA PARA LA INDUSTRIA

La referencia del proceso de transición energética en el sector industrial la tenemos en los objetivos energéticos que para el sector han sido establecidos por el Gobierno de España en el horizonte del año 2030, que se exponen en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030. Este plan, presentado a la Comisión Europea dentro de los compromisos de los Estados miembros, contiene los objetivos de actuación en el año 2030, y ha sido diseñado dentro del marco de las directrices establecidas por la Unión Europea para el cumplimiento de los compromisos internacionales para luchar contra el cambio climático. En concreto, para la industria se identifican las líneas de actuación adicionales a las actuales para avanzar en la descarbonización del sector, con objetivos en la reducción del consumo energético, incrementar la participación de las renovables, y en definitiva disminuir las emisiones de los GEI para el año 2030.

La previsión tendencial en el sector industrial indica que se podría incrementar el consumo energético en el período 2017-2030 alrededor de un 22 por 100, destacando el fuerte aumento del 47 por 100 del gas natural, para alcanzar los 24 Mtep. Las medidas establecidas en el escenario objetivo (de políticas energéticas adicionales del PNIEC) permitirían reducir el consumo industrial progresivamente para llegar a un ahorro del 9 por 100 sobre la evolución



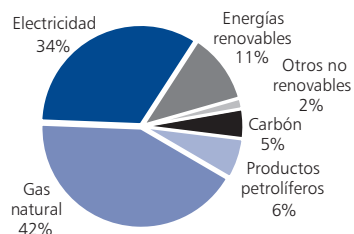
tendencial, hasta alcanzar los 22 Mtep en 2030, lo que supondría un incremento limitado del 11 por 100 desde el año 2017. Con este perfil de nivel de ahorro establecido, se lograría mantener el consumo energético industrial prácticamente plano en la década 2021-2030.

En cuanto a la cesta de consumo energético en 2030 en comparación con el año 2017, ganarían peso el gas natural (del 35 por 100 al 42 por 100), que afianzaría su papel preponde-

rante en el consumo del sector, y las renovables (del 7 por 100 al 11 por 100). Ambas ganancias lo serían en detrimento del resto de los combustibles fósiles carbón y derivados del petróleo (que pasarían del 23 por 100 al 11 por 100), mientras que la participación de la electricidad se mantendría igual (alrededor del 34 por 100).

Las medidas de política energética 2021-2030 para el sector industrial incluyen además de nuevas actuaciones en eficien-

GRÁFICO 11
MIX ENERGÉTICO INDUSTRIAL, 2030



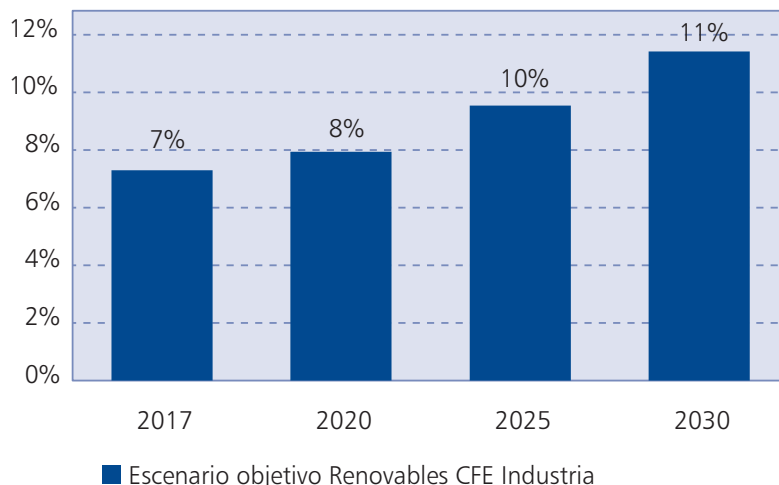
Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

cia energética, promover la introducción del consumo de las renovables en todos los subsectores industriales, así como impulsar mejoras en las tecnologías energéticas y la implantación de sistemas de gestión energética de procesos industriales. Las inversiones adicionales a las tendencias previstas en la industria supondrían, en el período 2021-2030, alcanzar los 7.750 millones de euros.

1. Emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) 2030

El sector industrial fue en 2015 responsable del 18 por 100 de las emisiones anuales de gases de efecto invernadero (GEI) producidas en el conjunto de la economía española, alcanzando 61,5 Mt CO₂ eq. Estas emisiones de origen industrial incluyen tanto las emisiones debidas a la combustión como las originadas en los propios procesos productivos por efecto de las reacciones químicas adicionales a las de combustión que se generan en los mismos. Estas últimas representan alrededor de un tercio de todas las emisiones de los GEI

GRÁFICO 12
CUOTA RENOVABLES INDUSTRIA, 2017-2030



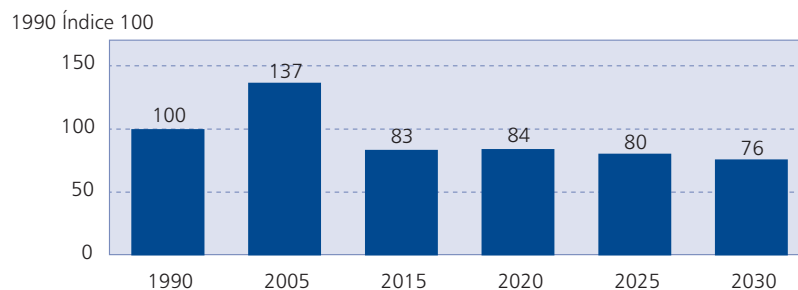
Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

industriales. A su vez, del total de emisiones industriales una parte importante (86 por 100) corresponde a las industrias reguladas por el sistema de comercio europeo de emisiones (ETS, por sus siglas en inglés) (7). El resto de las emisiones (14 por 100) son las emisiones consideradas difusas en la industria. Con este nivel actual de emisiones, la industria española ya ha reducido un 17 por 100 sus emisiones de GEI respecto al año 1990. El objetivo

en la industria con el conjunto de medidas previstas es bajar adicionalmente las emisiones del sector hasta alcanzar los 56 Mt CO₂ eq en el año 2030. Esto supone reducir un 9 por 100 las mismas con respecto al 2015, y llegar a un nivel de descarbonización del 24 por 100 en dicho año 2030 frente al nivel de 1990.

Si el análisis se realiza respecto al año 2005, la disminución actualmente alcanzada ha sido

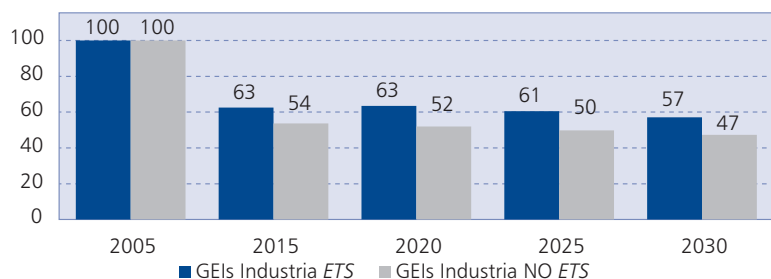
GRÁFICO 13
ESCENARIO OBJETIVO ÍNDICE GEI 1990 EN LA INDUSTRIA, 1990-2030



Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

GRÁFICO 14
ESCENARIO OBJETIVO ÍNDICE GEIS 2005 EN LA INDUSTRIA, 2005-2030

2005 Índice 100



Fuente: PNIEC 2021-2030 (MITECO) y elaboración propia.

de casi un 40 por 100, y el objetivo al 2030 es llegar a una reducción del 44 por 100, con una bajada del 43 por 100 en las industrias ETS y del 53 por 100 en los sectores industriales difusos.

V. RETOS DE LA DESCARBONIZACIÓN INDUSTRIAL

1. Visión estratégica del sector

Los objetivos para el año 2030 suponen un esfuerzo adicional en las inversiones que actualmente se están llevando a cabo en materia energética en el sector industrial manufacturero. Sin embargo, alcanzar la total descarbonización de la economía en el horizonte 2050 constituye un desafío de gran magnitud para todos los subsectores industriales. Esto ha quedado patente en la comunicación de la Comisión Europea del año 2018 *Un planeta limpio para todos* (Comisión Europea, 2018). El importante esfuerzo que será necesario realizar va a requerir la incorporación adicional de diversas medidas estruc-

turales de relevancia, medidas que además, previsiblemente, podrían ir más allá del ámbito puramente industrial. En concreto, las interrelaciones entre los diferentes sectores y subsectores de la economía pueden verse modificadas al requerirse en una tendencia de descarbonización de nuevos productos que requieran, con una visión de ciclo de vida de toda la cadena de suministro, menores emisiones en carbono tanto en el consumo de energía en procesos como en las materias utilizadas.

Dada la diversidad y complejidad de la caracterización de los procesos productivos en cuanto a sus necesidades energéticas y materias primas en todos los subsectores industriales, va a resultar imprescindible aplicar un panel diverso y complementario de medidas para alcanzar altos niveles de descarbonización. A ello hay que añadir que existen otros condicionantes adicionales que van a ser claves en la implementación de las actuaciones, como son el alto nivel de inversiones necesarias y unas tasas de retorno adecuadas para el sector. Asimismo, hay que tener en cuenta además que todo el

proceso de transformación hacia la descarbonización del sector industrial debe realizarse sin perder competitividad industrial, e incluso mejorando la presencia tanto en los mercados actuales como en nuevos nichos de mercado. Deben concentrarse los esfuerzos en evitar en este proceso la deslocalización de empresas de alto valor añadido en sectores estratégicos de futuro.

Los estudios de escenarios de descarbonización industrial realizados a nivel europeo indican que con las tendencias de las políticas y medidas existentes comercialmente disponibles (basadas en la mejora de la eficiencia energética, incorporación de nuevas tecnologías energéticas, cambios estructurales subsectoriales, los avances de la industria 4.0, etc.) no va a ser suficiente para alcanzar un alto nivel de descarbonización, al poder llegar solamente a conseguir niveles del en torno al 60 por 100 de reducción de emisiones de los GEI en 2050.

Para alcanzar mayores niveles de descarbonización en la industria va a ser necesario poner en juego opciones adicionales de descarbonización, que pasan porque comercialmente se desarrollen a gran escala tecnologías innovadoras, que permitan una profunda descarbonización del sector. Existen medidas ya disponibles que habría que implantar en la industria a gran escala. En este sentido, estarían las tecnologías de alta eficiencia energética, mayor integración de instalaciones de aprovechamiento de los recursos renovables, y una mayor electrificación asociada a un suministro eléctrico altamente descarbonizado. Sin embargo, existen otras posibilidades incipientes aún no ampliamente implementadas que precisan de

mayor nivel de desarrollo, como son la utilización del hidrógeno, los combustibles sintéticos o bajos en carbono, la economía circular, y las sustituciones de materiales. Pero esto incluso puede no ser suficiente, al existir subsectores más difíciles de descarbonizar. Con estas opciones adicionales, para alcanzar altos niveles de descarbonización en la industria (> 90 por 100), los estudios realizados indican que sería imprescindible contemplar compensaciones de emisiones al menos en alguno de los subsectores, debiendo tener en cuenta tecnologías de captura de carbono para almacenamiento o utilización.

Un reciente informe de McKinsey & Company (8), presenta las diversas tipologías de opciones de descarbonización de que dispone el sector industrial:

– *Mejora de la eficiencia energética de los procesos productivos.* Existen potenciales en todos los subsectores industriales para seguir reduciendo el consumo de combustibles fósiles y por tanto las emisiones de CO₂. Estas mejoras comprenden desde las actuaciones más clásicas de recuperación/aprovechamiento de calores residuales, a la sustitución de equipos por otros más eficientes energéticamente o la innovación tecnológica de los procesos productivos.

– *Electrificación de usos térmicos.* Los equipos actuales utilizados en la industria para utilización térmica en producción y servicios auxiliares a distintos niveles de temperatura mediante combustibles fósiles, como son hornos y calderas, pueden en parte ser sustituidos por otros sistemas/equipos que utilicen electricidad. Siempre que la electricidad esté libre de carbono, esta sustitución

conllevará una reducción de las emisiones en el proceso.

– *Uso de energías renovables.* Es posible incrementar los niveles actuales de aprovechamiento de distintos tipos de energías renovables térmicas y eléctricas en el sector (biomasa, solar, geotermia, etc.) al disponer los emplazamientos industriales de superficie y terreno. Sin embargo, las mayores posibilidades de la industria se centrarían en la biomasa (como madera, biogás, o como biocombustibles derivados de la madera).

– *Uso del hidrógeno.* La utilización del hidrógeno producido de forma descarbonizada como portador energético, incluso como materia prima, en algunos procesos puede ser otra opción para avanzar hacia la descarbonización. Podría sustituir a los combustibles fósiles utilizados en usos térmicos.

– *Demanda de la producción.* Otra área de actuación tiene mucho que ver con la economía circular. Entre estas alternativas estarían la disminución de pérdidas de producción, incremento de los niveles de reutilización, aumento del reciclaje de productos, reducción de las necesidades de materias primas, cambios en los productos, o sustitución con nuevos productos equivalentes.

– *Captura CO₂.* Además de todas las opciones mencionadas para reducir las emisiones de carbono, existe la posibilidad de implantar sistemas para capturar el CO₂, transportarlo de diversas maneras y depositarlo en almacenamientos geológicos. Los sistemas de captura de CO₂ han sido utilizados en algunos procesos industriales. Las tecnologías de almacenamiento han sido desarrolladas e implementadas en algunos sectores.



2. Posibilidades de mejora de la eficiencia energética

Desde los años ochenta, las medidas de ahorro y eficiencia energética han tenido una larga tradición de implementación en el sector industrial, orientado básicamente a la reducción de los costes energéticos para la mejora de la competitividad. Este tipo de actuaciones ha sido más significativa para los sectores intensivos en energía, en donde el gasto energético es relevante en relación a los costes totales de las empresas, y también en los sectores sometidos a una fuerte competencia de sus productos en los mercados internacionales. La industria ha sido el sector que tradicionalmente ha hecho más esfuerzo en la mejora de sus consumos energéticos, y las medidas incorporadas en los procesos productivos han evolucionado desde las clásicas de reducción de pérdidas energéticas, o de recuperación de calores de efluentes residuales, pasando por la sustitución de equipos de consumo energético

por otros más innovadores y eficientes energéticamente, hasta las más avanzadas de adaptación o reconversión de los procesos productivos. Otras medidas como la sustitución por combustibles como el gas natural en su momento, han posibilitado de forma importante mejorar los niveles de ahorro energético, al poder incorporar tecnologías más avanzadas que las que se utilizaban con los combustibles convencionales.

Una gran parte de las inversiones en medidas tradicionales han sido ya realizadas, y a pesar de los ahorros alcanzados, sigue existiendo potencial para la mejora de la eficiencia energética. En efecto, en un estudio encargado por la Comisión Europea (9) se han identificado a nivel europeo los potenciales tanto técnicos como económicos a largo plazo para la reducción del consumo energético en los diferentes subsectores industriales. Se han considerado, tanto las oportunidades de ahorro

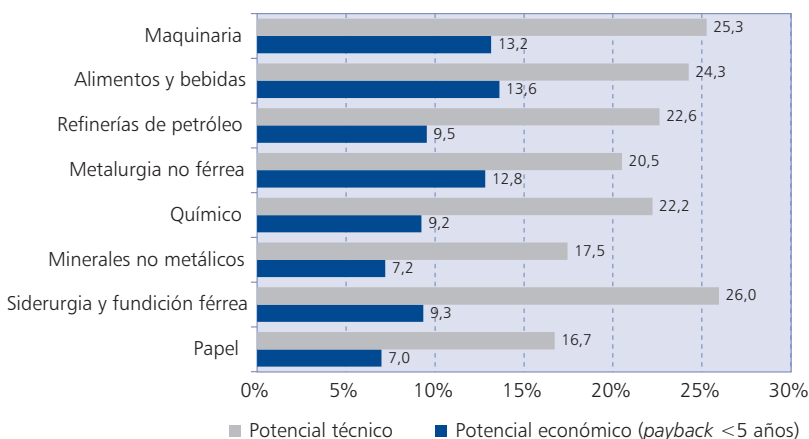
energético comunes o transversales al conjunto de subsectores como las medidas de eficiencia específicas aplicables en cada subsector.

El rango del potencial técnico evaluado alcanza desde el 17 por 100 del «sector Papel» hasta el 26 por 100 en la «Siderurgia y fundición», con una media para el sector manufacturero del 20-23 por 100. Sin embargo, dado que el potencial de ahorro energético económicamente viable se puede establecer en el 8-10 por 100, para alcanzar este porcentaje adicional del 10-15 por 100 es necesario poner en mercado nuevas tecnologías que actualmente no son tan rentables económicamente. Y para que las nuevas tecnologías que están despuntando permitan alcanzar esos niveles de ahorro adicionales es necesario incrementar los esfuerzos en investigación, desarrollo e innovación.

En cuanto al tipo de medidas que se pueden implantar, que son comunes a toda la industria y que también resultan económicamente rentables, las podemos agrupar en:

- Medidas de gestión (sistemas de gestión energética, certificación energética de procesos).
- Sistemas de control (control integrado, control de procesos, medición en operaciones y equipos, de gases de combustión, control avanzado en calderas).
- Mejoras de equipos y procesos (combustión, calentamiento, recuperación de calores residuales, sistemas de bombeo, sistemas de climatización y ventilación).

GRÁFICO 15
POTENCIAL TÉCNICOECONÓMICO DE AHORRO ENERGÉTICO EN DIFERENTES SECTORES INDUSTRIALES EUROPEOS, 2050



Fuente: Datos ICF Consulting (2015) y elaboración propia.

- Sistemas de regulación (variadores velocidad en bombas, ventiladores, compresores y motores en general).
- Mantenimiento de equipos (hornos).

Pero para que se puedan aprovechar todas las oportunidades de ahorro energético es preciso que se superen una serie de barreras que pueden ser de tipo técnico, comercial o económico. Algunas de las barreras existentes son internas de cada empresa y otras vienen determinadas por el entorno.

3. Papel de la cogeneración

A lo largo de estos años, las industrias intensivas han hecho grandes esfuerzos para reducir su factura energética y conseguir ser a su vez más eficientes, siendo una de las principales actuaciones la utilización de plantas de cogeneración basadas en el uso del gas natural. Ello ha permitido sustituir el uso de combustibles como el carbón, muy ineficiente y emisor, por gas natural, más eficiente y menos emisor. La cogeneración ha sido una tecnología imprescindible para un desarrollo energético sostenible en la industria.

En estos últimos años, los diferentes cambios regulatorios impulsados por el Gobierno en el sector eléctrico, para dar solución al problema del déficit tarifario insostenible, han tenido como resultado un recorte significativo en las posibilidades de implantación de sistemas de cogeneración, penalizando con ello, precisamente, a las industrias. Para solventar la coyuntura normativa desfavorable de los últimos años, sería neces-

sario preservar la tecnología de cogeneración con actuaciones concretas aunque orientadas a aplicaciones de muy alta eficiencia que hagan aportaciones claras al sistema ya sea mediante la descarbonización o mediante la aportación de potencia firme.

Por razones técnicas, y sobre todo económicas, no parece posible electrificar la totalidad del calor que requieren los procesos industriales. La cogeneración, promovida por la UE es un proceso de generación eficiente, que aporta competitividad, como lo reconoce el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030). Y mientras en países como Alemania se sigue apostando al 2030 y 2040 por esta tecnología, con el objetivo de sustituir el parque de centrales de carbón/lignito, situación en la que se encontraba España hace años, el PNIEC establece un escenario a 2030 en el que se reduce en un 50 por 100 la cogeneración motivado por la existencia en España de un *mix* cada vez más renovable y menos emisor, a diferencia de otros países como Alemania.

Desde los sectores industriales que emplean la cogeneración se confía en que la transición energética se haga compatible con las necesidades de la industria intensiva en demandas de calor y sus aportaciones de actividad económica y empleo de calidad. Sería necesario volver a incidir en esta tecnología con actuaciones más innovadoras y eficientes que busquen un objetivo de incremento en escenarios de transición y procesos de descarbonización.

4. Utilización de energías renovables

Cada vez que se menciona el término transición energética, las energías renovables aparecen como la fuente de producción térmica y, sobre todo, eléctrica predominante en el *mix* energético. En esta realidad intervienen distintos factores que apuntalan sus bondades, como madurez tecnológica, competitividad económica, oferta amplia de mercado, reducido impacto ambiental, atracción de inversiones y empleo en las zonas de ubicación. La implantación de las energías renovables en determinados sectores ya es una realidad, mientras que en otros, como en el sector industrial, su implantación es más reducida. Veamos las posibilidades de utilización en la industria por tipo de recurso.

Biomasa. El uso de productos obtenidos a partir de materia orgánica para producir energía se denomina «biomasa». Abarca un amplio grupo de materias de diversos orígenes y con características muy diferentes: subproductos forestales, agrícolas, residuos de procesos industriales, residuos ganaderos y urbanos. Tecnológicamente, existe un gran número de soluciones para obtener energía útil, tanto para generación eléctrica, térmica y de biocarburantes. La biomasa en el ámbito industrial es una oportunidad para disminuir los costes energéticos, pero en la mayoría de ocasiones las inversiones son más elevadas que con fuentes de energía tradicionales, factor que limita su expansión. Su uso presenta una gran oportunidad para la transformación de residuos potencialmente problemáticos en recursos o subproductos. La generación eléctrica de alta potencia presen-

ta dificultades debido al marco regulatorio poco atractivo, aun así, se están implementando algunos proyectos. En cambio, el uso térmico en procesos de secado, climatización y cogeneración para todo tipo de potencias y tamaños alberga infinidad de posibilidades. A través de productos como calderas de condensación con elevado rendimiento, quemadores que permiten aprovechar las instalaciones existentes, etc., se da respuesta a cualquier demanda de agua caliente o vapor en procesos industriales.

Eólica. El aprovechamiento de la energía eólica se suele clasificar en tres niveles por rangos de potencia: aerogeneradores eólicos (> 1 MW), minieólicos (25-100 kW) y de pequeña potencia (< 5 kW). La implantación en el sector industrial se limita, fundamentalmente, a los aerogeneradores minieólicos. Esto es debido a que la ubicación de las empresas (polígonos industriales y áreas cercanas a ámbitos urbanos) no es la más adecuada para obtener condiciones óptimas de viento, al impacto sobre todo visual que pueden provocar, y a que la producción de los aerogeneradores de pequeña potencia es baja. La implantación de aerogeneradores minieólicos para autoconsumo eléctrico puede ser una alternativa interesante.

Geotermia. En el caso de la energía geotérmica, esta se suele clasificar en función de la temperatura existente en el terreno: alta temperatura (> 150 °C), media temperatura (90-150 °C), baja temperatura (30-90 °C) y muy baja temperatura (<30 °C). Dadas las condiciones hidrogeológicas de España, los proyectos de geotermia se centran principalmente en los usos de muy baja temperatura, para calefacción

y refrigeración, a través de la bomba de calor si bien, gracias al desarrollo tecnológico de la misma, ya existen soluciones en el mercado en las que es posible su utilización a baja temperatura. Los sistemas de intercambio geotérmico, por la propia definición de la tecnología de la bomba de calor, son capaces de proporcionar refrigeración y calefacción de forma simultánea, lo cual provoca un incremento en los rendimientos antes indicados, por lo que es una tecnología muy apropiada para su utilización en procesos industriales donde se dé esta circunstancia. En cuanto al proceso industrial, podemos encontrar aplicaciones de hasta 90 °C como pueden ser procesos de electrólisis o deshidratación, así como su empleo en cubas de agua caliente para diferentes tratamientos. Asimismo, la tecnología de la geotermia se puede aplicar en la refrigeración de algunos equipamientos del proceso industrial (hornos de fundición o tratamiento térmico, inyectoras, prensas o torres de refrigeración). En general, una instalación que utilice energía geotérmica obtiene rendimientos superiores al 400 por 100, mucho mayor que instalaciones clásicas de bomba de calor o caldera de combustible. Así, permiten ahorros de energía entre el 30 y 70 por 100 en modo calor, y entre el 20 y 50 por 100 en modo frío (10).

Solar fotovoltaica. Tras los últimos cambios regulatorios que se están produciendo en el autoconsumo eléctrico, el uso cada vez más generalizado de la energía fotovoltaica parece una evidencia. Si a esto añadimos la evolución positiva de ciertos indicadores de mercado (tecnología más madura y precios competitivos), la energía solar fotovoltaica

se convertirá en una de las claves de futuro. Su implantación a nivel industrial está ligada a condicionantes como la disposición de cubiertas o suelos, la propia ubicación de las naves industriales (orientación, inclinación), y tipo de proceso productivo. Puede ser una buena alternativa para cubrir parte las necesidades de electricidad del sector.

Solar térmica. La utilización de la energía solar térmica para abastecer las diferentes demandas térmicas de la industria puede resultar interesante. Actualmente, su contribución en la industria es muy pequeña, no como en otros sectores como el residencial o servicios, donde las instalaciones están orientadas a cubrir parte de la necesidad de agua caliente sanitaria. El rango de temperaturas que produce, la generación estacional y su gestión, limita su utilización en el ámbito industrial. Aun así, existe potencial para diversos procesos que necesiten agua caliente entre 30 y 90 °C.

VI. OPORTUNIDADES DE DESARROLLO INDUSTRIAL EN LA TRANSICIÓN

El reto de transitar hacia un sistema energético sostenible modificará profundamente muchos sectores de la economía y generará múltiples oportunidades de desarrollo económico, empresarial e industrial. Las oportunidades industriales surgen de la posibilidad y capacidad de hacer cosas de forma distinta en sectores y cadenas de valor en los que existen evidentes fortalezas. Pueden identificarse dos sectores en los que, de manera especial, debe esperarse un significativo incremento en el uso

de energía eléctrica en los próximos años: 1) consumo de calor y frío mediante bombas de calor y equipos eléctricos en edificios, instalaciones, etc.; y 2) transporte de personas y mercancías, con un creciente protagonismo de los vehículos eléctricos. El diseño y la aplicación de políticas para avanzar en la transición energética deberá tener en cuenta las estrategias de desarrollo industrial y de fomento de la innovación, la especialización y la internacionalización.

1. Fortalezas de la economía española

Entre las fortalezas de la economía española que deben tenerse en cuenta a la hora de identificar las áreas de oportunidades industriales ligadas al proceso de transición energética se encuentran, entre otras, el disponer de infraestructuras de redes robustas, alta disponibilidad de recursos renovables, liderazgo empresarial, buen posicionamiento internacional en equipamientos eléctricos, una industria de fabricación de automóviles potente o el tejido de la industria digital.

España cuenta con redes energéticas muy desarrolladas y robustas que han integrado innovaciones muy relevantes en los procesos de gestión y control, como los centros de control en la red de transporte, o los sistemas de operación de las distribuidoras. Esto ha generado gran experiencia en torno a las redes eléctricas (equipamientos, electrónica de potencia, transformación y almacenamiento). Además, la península ibérica cuenta con más recursos renovables que la media europea, con una mayor irradiación solar

y un potencial eólico significativo (terrestre y eólica marina), además de los tradicionales recursos hidráulicos. Esto ha dado lugar a un *know-how* que ha permitido generar un tejido empresarial especializado y empresas con un posicionamiento internacional muy relevante. Muchas empresas son líderes en el mundo en distintos segmentos, con gran experiencia en la fabricación de instalaciones de energía renovable (fotovoltaica, solar termoelectrónica y eólica), integración de renovables y en el desarrollo de redes eléctricas.

También destaca la fortaleza de otras cadenas de valor cercanas a estas, como la industria de bienes de equipo eléctrico y de dispositivos de electrónica de potencia. Con ventas anuales de unos 3.000 millones de euros (11) de las cuales más de un 40 por 100 corresponden a exportaciones, y un posicionamiento en toda la cadena de valor, este segmento del sector energético está especialmente bien situado para generar empleo y aportar valor añadido a la economía española en las próximas décadas.

La industria de ensamblaje de vehículos y fabricantes de componentes de automoción comienza a alinearse con la tendencia global de adaptar la industria de automoción en conjunto a un escenario de irrupción masiva del vehículo eléctrico en los próximos años y están ya transformando sus cadenas de producción para hacer frente al crecimiento esperado de la demanda de vehículos eléctricos. Además, en los últimos años se ha desarrollado experiencia en segmentos clave de la movilidad futura, como en las infraestructuras de recarga, equipamientos

digitales y de comunicación para este tipo de vehículos.

Junto a los sectores anteriores, deben destacarse también las capacidades del tejido de la industria digital para desarrollar aplicaciones y soluciones en el ámbito de la transición energética. Existe un número cada vez mayor de desarrolladores que facilitan la digitalización de las redes, la automatización de equipamientos y procesos, y la gestión de la demanda.

2. Oportunidades para la industria

El complejo proceso de transición energética puede ser una manera de mostrar la capacidad de ser líderes en segmentos de mercado en las áreas de energías renovables, en redes eléctricas, en movilidad eléctrica e, incluso, en sectores como el del transporte ferroviario o la construcción naval. Para ello, será necesario demostrar que se cuenta con una visión estratégica a medio plazo que se concrete en planes de desarrollo de las industrias asociadas, ambiciosos y factibles. La inversión en innovación en productos, servicios y procesos, y el apoyo a la creación de nuevas empresas con un enfoque en actividades ligadas a la transición energética, también favorecerá el desarrollo de ventajas competitivas sostenibles en cadenas de valor concretas dentro del sector de la energía, como las que se indican a continuación.

Redes eléctricas. La necesidad de potenciar las redes de distribución de cara a afrontar un alto porcentaje de generación renovable distribuida implica una gran inversión en equipos eléctricos, sistemas de transformación

y control, etc. La integración del vehículo eléctrico y el desarrollo de las infraestructuras de recarga también representa una gran oportunidad para la industria. La conversión de las redes eléctricas actuales en «redes inteligentes», utilizando la experiencia con el despliegue masivo de contadores inteligentes y la existencia de proyectos piloto de redes avanzadas de distribución, supone una gran oportunidad para que el tejido industrial se posicione en el ámbito internacional. Las redes inteligentes deberán tener una gran capacidad de autogestión y un elevado nivel de automatización de procesos, como operación del sistema de distribución, o transformación de los niveles de tensión con el despliegue masivo de recursos distribuidos (generación renovable, dispositivos de almacenamiento de energía y vehículos eléctricos).

Energías renovables. La transición energética dará un impulso a las cadenas de valor de las tecnologías renovables, especialmente la eólica, tanto terrestre como marina, y la solar fotovoltaica, y apoyará a otros sectores complementarios, como los relacionados con el desarrollo y despliegue de infraestructuras, servicios de ingeniería, etc. Por otro lado, entre otras cadenas de valor de energía renovables con un horizonte prometedor se encuentran la energía solar termoeléctrica, que podría verse beneficiada en el futuro por los desarrollos tecnológicos ligados al almacenamiento de la energía eléctrica e hibridación con biomasa, y la energía hidráulica.

Almacenamiento de energía. La industria del almacenamiento de energía y, en particular,

del almacenamiento en baterías, puede suponer también una fuente de desarrollo industrial, impulsando tanto el sector de componentes eléctricos y digitales como el de las empresas que ofrecen servicios de integración de soluciones. Otras tecnologías de almacenamiento, como las basadas en almacenamiento térmico, también podrían dar lugar al desarrollo de un tejido industrial potente apoyado en el conocimiento generado por los centros de investigación y a las aplicaciones en múltiples sectores industriales. Se observa una creciente penetración de dispositivos de almacenamiento de energía en las redes eléctricas, y en los segmentos residencial, comercial e industrial. Al igual que en el caso de la energía eólica y la energía fotovoltaica, el coste del almacenamiento de energía eléctrica ha caído significativamente, apoyando el despliegue de los dispositivos de almacenamiento.

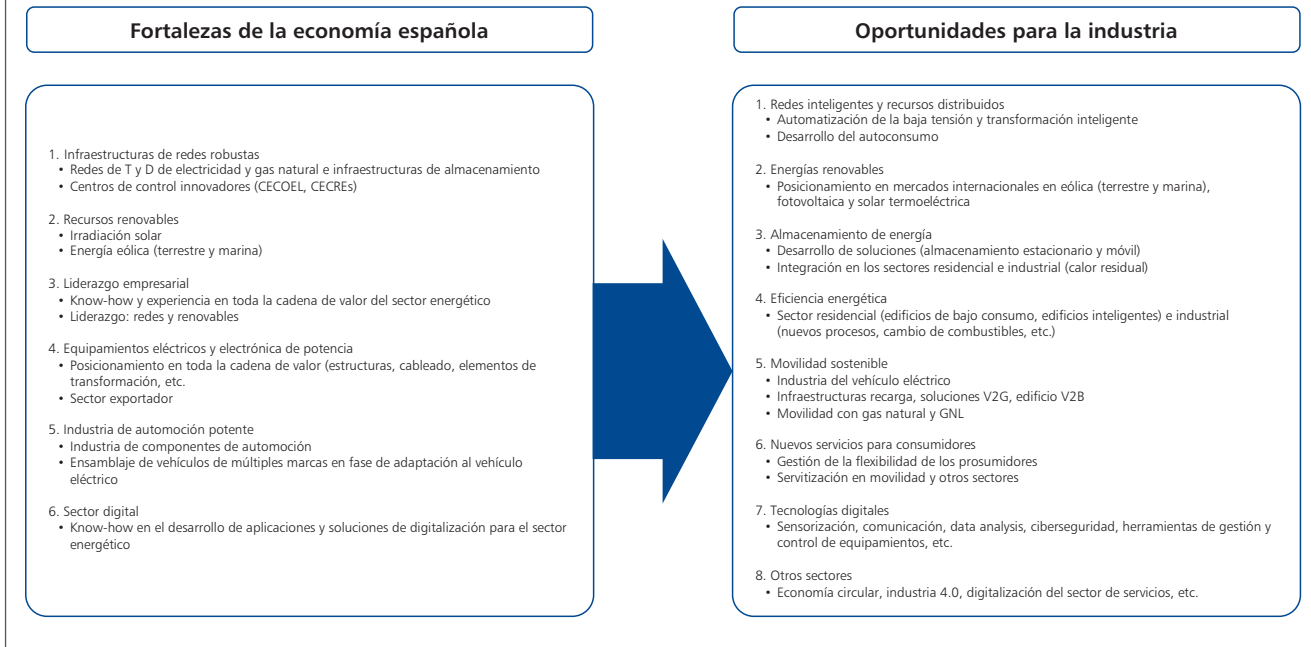
Eficiencia energética. Hay dos áreas de especial interés para el desarrollo de un tejido industrial potente ligado a la eficiencia energética. Por un lado, el sector de la edificación ofrece oportunidades, tanto en el ámbito de edificios de obra nueva eficientes desde el punto de vista energético (edificios de consumo casi nulo) como en el de las edificaciones existentes, en las que hay potencial para la actualización de los aislamientos, los equipamientos, la iluminación, el desarrollo de instalaciones de autoconsumo, bombas de calor, etcétera. El énfasis en la eficiencia energética reforzará el desarrollo y la creación de tejidos locales de empresas especializadas. Por otro lado, la adaptación de los procesos industriales para mejorar su eficiencia energética y

medioambiental ofrece también un amplio abanico de oportunidades ligadas a la electrificación de las fuentes de energía, la integración de instalaciones de almacenamiento y el autoconsumo de energía (12).

Movilidad con combustibles alternativos. Otras oportunidades industriales son los nuevos usos de la electricidad y otros combustibles en el transporte. En la movilidad eléctrica, comienzan a vislumbrarse los cambios que inducirán en la operación de las redes eléctricas los procesos de recarga y la integración de otros avances tecnológicos (13). La industria automovilística podrá beneficiarse de las oportunidades que genera la transición si puede adaptarse rápidamente para seguir generando valor añadido en el futuro. Este sector ha iniciado ya la transformación hacia cadenas de producción basadas en los vehículos eléctricos. El período de transición hacia la movilidad puramente eléctrica puede ser también aprovechado en el medio plazo por empresas que ofrecen servicios ligados a la movilidad a partir del gas natural (para vehículos convencionales) y el gas natural licuado (para vehículos de transporte pesado). A más largo plazo, y también con mayor incertidumbre en torno a las oportunidades reales de desarrollo, se encuentra la cadena de valor del hidrógeno y sus aplicaciones en el sector de la movilidad.

Nuevas tecnologías. Se requerirá desarrollar nuevas tecnologías relacionadas con la digitalización de infraestructuras y servicios. Esta creciente tendencia a la digitalización y automatización de procesos creará oportunidades de negocio asociadas al almacenamiento,

FIGURA 2
PRINCIPALES OPORTUNIDADES PARA LA INDUSTRIA EN LA DESCARBONIZACIÓN DE LA ECONOMÍA



procesamiento y protección (ciberseguridad) de datos y al desarrollo de herramientas informáticas (de control y gestión). Existen otros procesos paralelos, estrechamente relacionados con la transición energética, como la economía circular (y el reciclaje de productos y materiales), el desarrollo de la industria 4.0, las actividades relacionadas con los clientes, la economía colaborativa, etc., que generarán importantes sinergias con la transición energética y se verán reforzados por la misma, afectando a múltiples cadenas de valor.

3. Amenazas y retos

Aunque parece razonable pensar que la industria puede estar bien posicionada para aprovechar las oportunidades de la transición hacia un sistema energéticamente más sostenible, deben tenerse en cuenta algunas

de las principales amenazas que pueden limitar el alcance y los beneficios asociados a este desarrollo industrial.

La principal amenaza es, probablemente, que el retraso en activar las medidas que impulsan la transición energética pueda implicar que se pase de ser una «economía productora» a una «economía compradora» de nuevos productos, servicios y tecnología asociados a la transición energética. Aún pueden desarrollarse polos tecnológicos regionales muy especializados en cadenas de valor muy concretas (p.ej., el sector del almacenamiento o los polos de electromovilidad). La segunda gran amenaza proviene de un marco regulatorio que no sea estable, y que no genere las señales económicas adecuadas para realizar inversiones y fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico. Otra amenaza para acometer

con éxito la transición energética es que no se cree una demanda interna potente y mantenida en áreas como las energías renovables, las redes eléctricas, la eficiencia energética o la movilidad sostenible, es decir un mercado natural donde desarrollar productos y servicios.

Por otra parte, puede haber un riesgo de que el impulso a determinados sectores en los que se identifiquen oportunidades ligadas a la transición energética acabe fomentando la presencia de fondos de inversión y empresas del exterior sin vocación de permanencia. La pérdida de centros de decisión de empresas relevantes en el ámbito de la energía y la movilidad podría también debilitar la capacidad de generar un tejido empresarial e industrial potente en torno a actividades relacionadas con la transición energética. En este sentido, la progresiva pérdida de conoci-

miento y capacidad que supone el cierre de empresas industriales en aquellos sectores en los que tradicionalmente ha habido presencia local, pero en los que existe actualmente una desventaja competitiva importante con otras partes del mundo (Asia, EE.UU., Europa), puede hacer que se pierdan oportunidades.

4. Prioridades para avanzar en una política industrial exitosa

El proceso de transición energética deberá llevarse a cabo a partir de un marco legislativo robusto y sobre la base de estrategias que faciliten los procesos de inversión y de transformación necesarios para alcanzar todos los objetivos económicos, medioambientales y sociales fijados. Entre estas estrategias debe incluirse una estrategia de política industrial que fomente el desarrollo de ventajas competitivas en aquellas áreas, sectores y cadenas de valor en las que la economía española muestra fortalezas que permitan a las empresas competir en los mercados internacionales y que resuelva algunas de las debilidades y retos mencionados anteriormente. Se presentan brevemente algunas de las líneas que deberían guiar esta política industrial.

1. Una regulación adecuada del sector eléctrico

Si la electrificación es el elemento fundamental del proceso de transición energética, una regulación adecuada facilitará que se generen ventanas temporales de oportunidad para que las empresas adapten los productos y servicios ya existentes o desarrollen nuevos mo-

delos de negocio. Además, deberán adaptarse los esquemas de incentivos, la retribución y las tarifas de acceso a las redes eléctricas de manera que las empresas de redes y el resto de participantes en el sistema eléctrico tomen decisiones de inversión, producción y operación que faciliten el cumplimiento de los objetivos de las políticas de energía y clima mencionados anteriormente.

2. Reforma de la fiscalidad energética y medioambiental

Resultará esencial emprender una reforma de la fiscalidad energética y medioambiental que traslade las señales de precios a los consumidores e incentivos adecuados a todos los agentes para el desarrollo de aquellas actividades empresariales e industriales que puedan dar lugar a ventajas competitivas sostenibles en el tiempo. Se requerirá mecanismos de mitigación y apoyo a la industria más afectada y a los sectores sociales vulnerables. Por otra parte, será necesario reformar la fiscalidad para hacer frente al esperable descenso de consumo de los combustibles fósiles, particularmente en automoción. Ello requerirá de acuerdos entre todos los niveles de la administración: regional, nacional y europeo.

3. Impulso de una demanda interna potente relacionada con la transición energética

Una forma de favorecer el desarrollo de un tejido industrial robusto consiste en crear una demanda nacional potente en aquellas áreas donde pueda generarse más valor añadido a medio plazo. La aplicación de nueva normativa en relación

con los códigos de edificación, por ejemplo, o relativa al desarrollo de infraestructuras para combustibles alternativos, u obligaciones de ejemplaridad para las distintas administraciones (en materia de eficiencia energética y movilidad con bajas o nulas emisiones) ayudará a generar una base de empresas de servicios (p. ej., instaladores, etc.) e industriales (p. ej., bombas de calor, componentes de vehículos eléctricos, etc.) especializados.

4. Desarrollo de capital humano especializado

La formación de personal adaptado a las actividades ligadas a la transición energética en todos los sectores permitirá incrementar la competitividad territorial, reforzar la conexión entre las instituciones de investigación y las empresas en los distintos sectores industriales. Además, fomentará también el desarrollo de una sociedad más formada y sensible a los nuevos usos sociales derivados de la transición energética.

5. Fomento del I+D y transferencia del conocimiento a la industria

Para fomentar las actividades de I+D deberá facilitarse el acceso a la financiación, posiblemente a través de esquemas de inversión basados en la cooperación público-privada, y fomentar la cooperación en materia de I+D y los acuerdos intra e intersectoriales entre empresas para el desarrollo de proyectos piloto e iniciativas de calado que permitan el desarrollo y despliegue de nuevas tecnologías. Las distintas administraciones deben buscar

FIGURA 3

LÍNEAS PRIORITARIAS DE ACTUACIÓN EN LA INDUSTRIA PARA APROVECHAR LAS OPORTUNIDADES EMPRESARIALES EN EL PROCESO DE TRANSICIÓN ENERGÉTICA



vías para que las empresas industriales se involucren en las actividades de I+D+i, bien a través de incentivos fiscales, esquemas de compra por parte de los organismos de la administración o servicios de apoyo en distintas actividades ligadas a la comercialización de nuevas tecnologías y productos.

VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Aunque muy por detrás del transporte, el sector industrial manufacturero es un gran consumidor directo de combustibles fósiles, sobre todo de gas natural y derivados del petróleo en menor

medida, y debido a esto es también responsable de una parte importante de las emisiones de gases de efecto invernadero, sobre el que hay que seguir actuando para avanzar hacia una descarbonización total de la economía. Y para ello, son los planes y/o estrategias en materia de energía y clima, tanto a nivel de la UE como nacional y regional, los que tienen que marcar el camino a seguir.

Hasta el momento presente, la industria ha sido el sector que más esfuerzos ha realizado para reducir sus niveles de consumo y costes energéticos, disminuyendo con ello las emisiones de gases de efecto invernadero y mejorando su competitividad. Y las prin-

cipales actuaciones han estado centradas en la mejora continua de la eficiencia energética y la sustitución de combustibles. De ahí que cualquier política o estrategia en materia energética debe seguir apostando en el corto y medio plazo de manera inequívoca por la innovación, el ahorro energético y la eliminación de los combustibles fósiles. En el caso especial de la cogeneración, se tendrán que implementar planes de renovación de instalaciones antiguas, así como el establecimiento de marcos regulatorios adecuados que eliminen las incertidumbres producidas durante los últimos años.

Respecto la necesidad de incorporar nuevas energías renovables en el sector industrial, habría que destacar su doble papel. Por un lado, el de sustituir el uso de combustibles fósiles más contaminantes; y por otro, por su capacidad de generación de actividad económica y empleo. El autoconsumo, basado principalmente en la solar fotovoltaica para satisfacer las necesidades eléctricas, y tanto la biomasa como la geotermia, para satisfacer las necesidades de refrigeración (*heating & cooling*) deberían jugar un rol muy importante en el sector.

Durante el proceso de transición energética hacia la descarbonización, también el gas natural debe jugar un papel clave al tratarse de un combustible fósil con un nivel de emisiones inferior al resto, petróleo y carbón, principalmente, lo que posibilita el uso de determinadas tecnologías, como es la cogeneración, que es una de las formas más eficientes de satisfacer de manera simultánea las necesidades eléctricas y térmicas en la industria.

Existen potenciales técnicos para avanzar en la descarbonización del sector, pero las medidas innovadoras adicionales en eficiencia y renovables deben ser más competitivas y alcanzar niveles comerciales para favorecer una efectiva incorporación masiva en los procesos industriales. En este sentido, deben realizarse esfuerzos adicionales a los ya logrados en la actualidad en I+D+i.

Sin embargo, los diferentes escenarios analizados a nivel europeo indican que exclusivamente con este tipo de medidas se alcanzarían niveles intermedios de descarbonización. Para llegar a un alto nivel de descarbonización de la industria sería preciso además implementar otro tipo de soluciones que están hoy en día en fase incipiente de desarrollo, como son avanzar en la electrificación del sector, en la sustitución de combustibles fósiles por hidrógeno neutro en carbono, la reducción de la demanda de materiales y la economía circular, y la captura con uso o almacenamiento de CO₂.

Pero además de los desafíos del proceso de descarbonización de la economía, en el lado de las oportunidades, España dispone de capacidades industriales y es líder mundial en determinadas tecnologías renovables y en bienes de equipo asociados, como son la eólica y la termosolar. No podemos dejar de apostar por ellas y por otros nuevos nichos de futuro, por su capacidad de desarrollo tecnológico e industrial, y de generación de empleo local, lo que contribuiría a reducir el problema del fenómeno

que se ha venido a denominar «España vaciada».

De ahí que una de las principales recomendaciones a los gobiernos es establecer una clara apuesta de política tecnológica e industrial en materia de energía, no solo en energías renovables, sino en otros sectores como podría ser el caso de la movilidad eléctrica y el almacenamiento; así como el establecimiento de un marco regulatorio estable que dé seguridad jurídica y elimine incertidumbres a los promotores de renovables.

NOTAS

(1) COM(2018) 773. A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. November 2018.

(2) Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima.

(3) Fuente: Series estadísticas IDAE 2017.

(4) Fuente: European Environment Agency. Summary report for CO₂ equivalent emissions – Spain 2017.

(5) El sector manufacturero lo conforman las empresas del sector industrial, excluidas la industria extractiva, las empresas de suministro de energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado, agua, actividades de saneamiento, gestión de residuos y descontaminación.

(6) Fuente: *Estadística estructural de empresas: Sector industrial. Principales magnitudes y EPA 2017* (INE).

(7) Régimen de comercio de derechos de emisión de la UE (RCDE UE) (https://ec.europa.eu/clima/policies/ets_es).

(8) MCKINSEY & COMPANY. Decarbonization of industrial sectors. June 2018.

(9) European Commission Directorate-General Energy – *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and*

on Possible Policy Mechanisms, December 2015, elaborado por ICF Consulting.

(10) Fuente: IDAE.

(11) Fuente: Deloitte, 2019.

(12) Este segmento, en concreto, está desarrollándose muy rápidamente en España.

(13) Por ejemplo, las tecnologías *vehicle-to-grid*, *V2G*, o *vehicle-to-building*, *V2B*.

BIBLIOGRAFÍA

COMISIÓN EUROPEA (2018). A Clean Planet for all. A European long-term strategic vision for a prosperous, modern, competitive and climate neutral economy. COM (2018) 773. Bruselas.

ICF CONSULTING (2015). *Study on Energy Efficiency and Energy Saving Potential in Industry and on Possible Policy Mechanisms*, diciembre. Londres.

IDEA, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. *Balances de energía final (1990-2017)*.

INE, Instituto Nacional de Estadística. *Estadística Estructural de Empresas: Sector Industrial*.

MCKINSEY & COMPANY (2018). *Decarbonization of industrial sectors*. Junio. Amsterdam.

MITECO (2019a). *Informe de Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España.

— (2019b). *Borrador del Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-2030*. Madrid: Ministerio para la Transición Ecológica, Gobierno de España, febrero.

UNIÓN EUROPEA (2018). Reglamento (UE) 2018/1999 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2018 sobre la gobernanza de la Unión de la Energía y de la Acción por el Clima. *Diario Oficial de la Unión Europea*, L 328/1, 11 de diciembre. Bruselas: Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.