



Universidad  
de Alcalá

# EL IMPACTO MACROECONÓMICO DE LA TRANSICIÓN ENERGÉTICA EN ESPAÑA: SEGÚN EL MÉTODO INPUT-OUTPUT

## Máster Universitario en Análisis Económico Aplicado

**Presentado por:**

D. Álvaro Ballón Cisneros

**Dirigido por:**

Dr. Carlos Mario Gómez Gómez.

Alcalá de Henares, a 8 de septiembre de 2021.

D. Carlos Mario Gómez Gómez

CERTIFICA:

Que el trabajo titulado: EL IMPACTO MACROECONÓMICO DE LA TRANSICIÓN  
ENERGÉTICA EN ESPAÑA: SEGÚN EL MÉTODO INPUT-OUTPUT

ha sido realizado bajo mi dirección por el alumno D. Álvaro Ballón Cisneros.

Alcalá de Henares, a 8 de septiembre de 2021.

## Contenido

Resumen.....	3
Estructura .....	3
1. La transición energética y su impacto macroeconómico .....	4
1.1. Los motivos detrás de la transición energética.....	4
1.2. Los impactos macroeconómicos de la transición energética .....	7
2. Análisis input-output de la economía española.....	9
2.1. El modelo de Leontief .....	9
2.2. Método de los multiplicadores y de Leontief .....	12
3. Los datos.....	15
3.1. La tabla input-output española.....	15
3.2. Calibrado del modelo de Leontief de la Economía española .....	15
4. Evaluación del impacto macroeconómico del Plan Nacional de Energía y clima (PNIEC 2021-2030) .....	18
4.1. El escenario a evaluar.....	18
4.2. El Impacto Macroeconómico del PNIEC 2021-2030.....	21
5. Conclusiones y recomendaciones .....	29
Bibliografía .....	31
Anexos.....	35
Anexo 1. Enlace para descargar tabla input-output de España de 2016 (sin modificar) .....	35
Anexo 2. Enlace para descargar fichero Excel con los resultados obtenidos en este trabajo .....	35
Anexo 3. Código de Matlab para calibrar y simular el modelo de Leontief de la economía española .....	35

## Resumen

En este trabajo se estiman los impactos macroeconómicos a corto y medio plazo de las inversiones propuestas para la descarbonización y la adaptación al cambio climático de la economía española. Con el objetivo de analizar tales impactos sobre la actividad económica y el empleo y su papel en la recuperación económica después de la crisis del Covid-19, se presenta el modelo de Leontief de la economía española, desarrollado y calibrado con los datos de la última matriz input-output disponible. Dicho modelo se especifica en dos versiones diferentes, cerrado y abierto, con el fin de que permita obtener y comparar los impactos directos, indirectos e inducidos de las distintas inversiones previstas en el Plan Nacional de Energía y Clima (PNIEC 2021-2030). Los modelos de análisis implementados en Matlab permiten obtener y analizar los efectos directos de las inversiones previstas, así como su papel dinamizador a través de la demanda de insumos intermedios y del aumento de los ingresos y de la demanda resultante de bienes y servicios finales.

## Estructura

En la primera sección del trabajo se explica brevemente en qué consiste la transición energética y se revisa la literatura sobre sus principales impactos económicos. En la segunda sección se construye el modelo input-output de la economía española; a continuación, se explica el proceso de calibrado empleado para reproducir los datos agregados y sectoriales de la economía española y se obtienen y explican los principales indicadores obtenidos del impacto macroeconómico de las inversiones sobre la actividad económica y el empleo. En la tercera, se elabora y presenta el escenario a evaluar; para ello se explica la estrategia de inversiones del PNIEC con el fin de cuantificar e identificar el aumento que estas supondrán para la demanda sectorial de bienes y servicios finales. En la cuarta, se aplica el modelo de Leontief a la evaluación del escenario presentado en la sección anterior y se hace una presentación sistemática y un análisis comparado de los resultados. En la quinta, se exponen las ventajas y limitaciones de la metodología empleada y se presentan las principales conclusiones y recomendaciones para futuras investigaciones. En los apéndices se muestran enlaces a las tablas con los resultados completos y el código empleado en Matlab para calibrar y aplicar el modelo input-output.

# 1. La transición energética y su impacto macroeconómico

## 1.1. Los motivos detrás de la transición energética

Para hablar de la transición energética, antes hay que conocer el motivo de la misma, y es el llamado Green Deal o Pacto Verde Europeo, el cual es una serie políticas y medidas propuestas por la Unión Europea (UE) que pretende transformar la economía en una libre de emisiones de gases de efecto invernadero y no basada en la explotación de recursos, es decir, una economía sostenible, y que haga partícipes y beneficiarios a todos los ciudadanos (CE, 2019). En el caso de España, para alcanzar estos mismos objetivos fundamentales, nace el llamado Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) (MITECO, 2020).

Lo que busca el Green Deal, en definitiva, es preservar el capital natural de la UE y frenar el cambio climático. Y es que las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) continúan creciendo. Se estima que ya han provocado que la temperatura mundial aumente en 1°C. Si las emisiones globales continuaran aumentando al ritmo actual, la temperatura mundial podría elevarse en 4°C a finales de este siglo. No se saben a ciencia cierta los impactos precisos que esto tendría en el corto y largo plazo, pero se espera que sean muy negativos. El cambio climático puede suponer un shock en el potencial de provisionamiento de la economía, presionando la producción a la baja, los precios al alza y reduciendo el potencial de crecimiento futuro. En general, la productividad puede verse severamente afectada por los cambios en el clima. También son posibles efectos adversos en el capital. Las condiciones climáticas podrían dañar el capital físico, reduciéndose así el stock de capital y la riqueza neta, y si las empresas predicen más impactos negativos del clima sobre el capital, podrían decidir reducir las inversiones, reduciéndose así el stock de capital y el crecimiento potencial de la producción (Andersson, Baccianti, & Morgan, 2020).

Vemos pues que la emisión de GEI tienen, primero, efectos a nivel global; segundo, efectos a largo plazo, porque estos GEI tardan en desaparecer de la atmósfera; tercero, posibles efectos desconocidos y probablemente negativos; y cuarto, consecuencias a largo plazo catastróficas irreversibles. Para evitar todo esto, es necesaria una transición energética que, por una parte, elimine los efectos negativos producto del cambio climático, y, por otra, aproveche los efectos positivos producto del uso de energías renovables (Terceiro Lomba, 2019).

Esta transición energética consiste en tres medidas básicas. Primero, promover el ahorro energético en los hogares, que es el método más directo de reducir la emisión de GEI, para lo cual debe establecerse un marco regulatorio preciso y detallado que indique a los diversos actores qué medidas adoptar. Segundo, sustituir las energías basadas en el consumo de

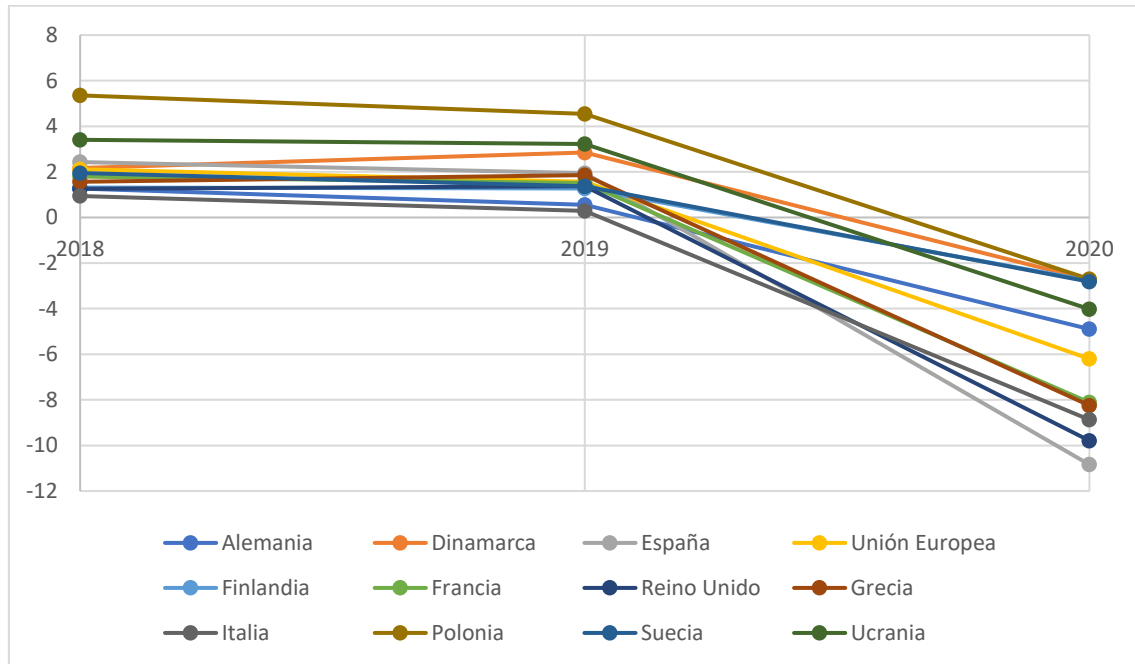
combustibles fósiles en energías renovables, primero en el sector eléctrico, en que las energías hidráulica, solar y eólica ya están muy extendidas, pero también en el resto de sectores en que no lo están tanto, como lo son la industria, la construcción y el transporte. Y tercero, promover la innovación, para así lograr la creación de equipos e instrumentos que permitan ahorrar energía y desarrollar las energías renovables. Además de esto, son necesarias otras medidas como el traslado de los costes de la emisión de GEI a los consumidores, prever compensaciones para los colectivos que se verán afectados negativamente por la transición (como los empleados en el sector de la minería), y asegurarse de que todas las personas tengan acceso a estas nuevas energías (Linares Llamas, 2018).

Por fortuna, hay razones realistas para pensar que la recuperación económica será conforme a los objetivos del Green Deal. La primera es que, teniendo en cuenta que el objetivo de la recuperación económica es restaurar la confianza de los consumidores con el fin de recuperar y mantener el consumo a largo plazo, será más fácil alcanzar ese objetivo si se llevan a cabo inversiones verdes, pues estas encauzan ayudas financieras y rebajas impositivas en inversiones en activos que producirán ingresos futuros, algo que no sería posible si ese exceso de ahorro privado, fruto de la incertidumbre creada entre los individuos por la crisis sanitaria (Segovia González, 2021), se destinase en su lugar a bienes de consumo. La segunda es que la recuperación verde añade al logro de los objetivos de recuperación económica a corto plazo un aumento de la productividad y una consolidación fiscal que permitirán que la economía crezca en el largo plazo. La tercera es que esta recuperación verde es perfectamente posible, pues la UE ya está muy preparada para implementarla, dado que ya cuenta con diversos planes y proyectos relacionados con la transición energética, la cual, por otra parte, tiene la peculiaridad de la necesidad de una pronta consecución debido a la crisis sanitaria y económica actual. Y la cuarta y última es que esta reconstrucción verde creará nuevos puestos de trabajo y más empleo, y especialmente en el corto plazo, dado que la instalación de las nuevas infraestructuras (centrales de energía solar, electrolineras, etc.) requerirá una actuación intensiva del sector de la construcción (Gómez Gómez, 2020).

Sin embargo, en la actualidad, la emergencia más inmediata de la UE es la gestión de la crisis provocada por la pandemia del Covid-19. La pandemia del Covid-19 ha obligado a los Estados de la UE a imponer numerosas restricciones para frenar las infecciones. La pandemia ha provocado un grave descenso del PIB y la productividad, así como del comercio de bienes y servicios, primero levemente en el primer trimestre de 2020 y luego ya drásticamente en el segundo trimestre y en adelante, como se puede ver en el Gráfico 1. A esto se le suma una reducción del consumo y la inversión de los hogares y empresas debida al confinamiento y la

incertidumbre por los efectos futuros que tendrá la crisis. Además, la pandemia ha afectado negativamente a la inversión extranjera directa, retrasando proyectos de inversión en curso y por iniciarse, y ha provocado un crecimiento del desempleo, además de reducciones de jornadas laborales, despidos temporales y reducciones de ofertas de trabajo que en total han reducido severamente el total agregado de horas de trabajo (Parlamento Europeo, 2020; UNCTAD, 2020).

Gráfico 1. Evolución de la tasa de crecimiento del PIB en once países de Europa y en la UE de 2018 a 2020



Fuente: Banco Mundial. Indicadores del desarrollo mundial

Como respuesta a esta crisis, la UE ha elaborado el plan llamado Next Generation EU (NGEU). El NGEU consiste en una medida de recuperación temporal, un instrumento parte de una respuesta fiscal a la crisis de la pandemia. Permite a la Comisión Europea emitir de deuda para financiar con hasta 750 billones de euros en subvenciones y préstamos a los Estados Miembros desde 2021 y 2026, deuda que será devuelta por éstos entre 2028 y 2058. El propósito es ayudar a las regiones más afectadas por la crisis y apoyar las inversiones y reformas en los Estados Miembros para hacer posible una recuperación sostenible y resiliente. Eso sí, los Estados Miembros deberán desarrollar planes de recuperación y resiliencia que refuercen el potencial de crecimiento, la creación de empleo y la resiliencia económica y social del Estado de que se trate, como lo son el Plan Estratégico de Preparación y Respuesta, el Plan Mundial de Respuesta Humanitaria, el Marco de las Naciones Unidas para la respuesta socioeconómica inmediata, y, en el caso de España, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia. Los fondos se destinarán principalmente a aquellos países de la UE con los peores perspectivas

económicas y fiscales, entre ellos, España, que recibirá 150.000 millones de euros de esos fondos, siendo el primer país en recibir dinero de ellos (Bańkowski, Ferdinandusse, Hauptmeier, Jacquinet, & Valenta, 2021).

Una de las principales amenazas de la pandemia es la caída de los precios de los combustibles fósiles, que harán perder competitividad a las energías renovables, además de centrar las atenciones de los Gobiernos en la gestión sanitaria, desviándola de la gestión de la transición. Sin embargo, una aplicación de políticas adecuadas contra la pandemia podría favorecer la transición energética: Al haber caído los precios de estos combustibles, se puede bien reducir los subsidios, bien aumentar los impuestos a los mismos sin elevar los precios finales a los consumidores, evitando así protestas ciudadanas. Y además, mientras que las industrias de energías renovables han ganado atractivo para los consumidores e inversores, las productoras y extractoras de combustibles fósiles lo han perdido, de modo que, a pesar de que sus precios se han reducido, sus activos perderán valor, y la UE impondrá restricciones a sus actividades más contaminantes que les impedirá o dificultará el acceso a financiación (Lázaro Touza, Escribano Francés, & Crespi de Valldaura, 2020).

Pero de nada sirve aplicar estas políticas si al recuperar la economía se vuelve a la situación previa —Por este motivo, otro de los objetivos del NGEU es modernizar y adaptar la economía a un modelo más sostenible—. Parece que el momento presente, en que se planean grandes inversiones para la recuperación económica, es el más adecuado para reestructurar la economía hacia una acorde con las prioridades del Pacto Verde, con el fin de que el dinero de esas inversiones conduzca a una economía libre de emisiones y así iniciar la necesaria transición ya mismo en vez de posponerla hasta que tal vez sea demasiado tarde (Mendizábal Palacios, 2020).

## 1.2. Los impactos macroeconómicos de la transición energética

Interesa ver ahora los impactos macroeconómicos que ha tenido el NGEU hasta la fecha y los que se prevé va a tener. En el estudio de los autores Bańkowski, Ferdinandusse, Hauptmeier, Jacquinet y Valenta, se ha realizado una simulación de los futuros efectos macroeconómicos del NGEU en tres escenarios posibles. En el primer escenario, utilizar los fondos del NGEU para inversiones productivas por parte del gobierno conlleva un gran incremento en la producción, un incremento que se mantendrá incluso después de agotados los fondos del NGEU. En el segundo escenario, usar los fondos del NGEU para realizar transferencias fiscales tiene un efecto positivo sobre la producción mucho menor y menos persistente que las inversiones públicas. Y en el tercer escenario, reemplazar deuda del gobierno con préstamos del NGEU



tiene un efecto positivo sobre la producción, puesto que se reducen los costes financieros del sector privado y los tipos de interés a pagar son menores, pero la reducción efectiva de la prima de riesgo es bastante pequeña en términos de tamaño, pues recordemos que los préstamos del NGEU sólo se conceden a una porción pequeña del grupo de Estados Miembros, por lo que los efectos sobre la producción son mucho menores que los de las inversiones públicas, y muy similares, aunque algo más persistentes, a los efectos de las transferencias fiscales. En definitiva, la mejor opción parece utilizar el NGEU para realizar inversiones públicas, pues podría incrementar la producción real en el área euro en alrededor de un 1,5% del PIB por término medio (Bańkowski, Ferdinandusse, Hauptmeier, Jacquinet, & Valenta, 2021).

Pero los efectos del NGEU no sólo se limitan a las economías domésticas; también se extienden al extranjero, y estos efectos externos tienen repercusiones importantes sobre las propias economías domésticas. A este respecto, Picek realiza un análisis basándose en un trabajo previo suyo y de Schröder (2018, 2017) en el que utilizan datos del World Input Output Database para calcular esos efectos externos. Según el análisis, la expansión económica simultánea en todos los Estados Miembros tiene repercusiones económicas de un Estado a otro, de modo que, si unos pocos países toman las medidas del NGEU para impulsar sus propias economías, una parte del efecto se pierde al trasladarse a economías extranjeras, mientras que si todos los Estados Miembros toman esas medidas, sólo una pequeña parte de los efectos se pierde en países fuera de la UE, mientras que la mayor parte beneficia a los Estados Miembros mutuamente, de lo que se concluye que es muy importante la coordinación y cooperación entre los países a la hora de implantar las políticas fiscales del NGEU (Picek, 2020).

En general, se espera que los efectos en la economía y el empleo de la transición energética sean positivos. Serán necesarias numerosas inversiones en todos los sectores de la economía, además de una relocalización de trabajadores entre sectores y regiones. La creación de empleo en el sector de la construcción y de la agricultura podría verse compensado por una reducción del empleo en sectores relacionados con la extracción de combustibles fósiles y excavaciones. Otros sectores, como el de automoción, tendrán que adaptarse a nuevos procesos de producción que requerirán nuevas habilidades. Las regiones más afectadas serán las que dependan de estos sectores. En teoría, los sectores más beneficiados serán los de la agricultura, de generación de energía y de bienes de consumo. El mayor empleo en el sector de la agricultura se explicaría por una mayor demanda de biomasa, y en el de la generación de

energía por la electrificación de la economía (Employment and Social Developments in Europe 2019).

Centrándonos en el caso español, el Gobierno ha diseñado numerosos planes para hacer frente a la pandemia, los siguientes: el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, el Plan de España Digital 2025, el Plan de modernización de la Formación Profesional, el Plan de choque para la ciencia y la innovación, el Plan de impulso para el sector turístico, y el Plan de impulso de la cadena de valor de la industria de la automoción (Consejo de Ministros, 2021). De entre ellos, el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia supondrá, en el medio-largo plazo, un incremento del crecimiento potencial de la economía. A corto y medio plazo, se espera que impulse la demanda a través de los fondos públicos, permitiendo recuperar los niveles de crecimiento previos a la pandemia. En principio, el Plan empezaría a tener sus efectos en el segundo semestre de este año, aumentando la intensidad de éstos con el paso de los años, principalmente para los proyectos digitales y la inversión en I+D, que serán los más favorecidos. El Plan podría generar hasta 800.000 empleos en España en el período de ejecución del mismo, gracias sobre todo a las políticas de reforma del mercado de trabajo, a la transformación del sistema de formación y a la digitalización. Además, el Plan mejorará el tejido industrial español, haciéndolo más competitivo (ESPAÑA PUEDE, 2021).

## 2. Análisis input-output de la economía española

### 2.1. El modelo de Leontief

En este apartado se explicará la metodología de análisis input-output empleada, concretamente el método de la matriz inversa de Leontief. El análisis input-output tiene como objetivo fundamental estudiar las relaciones de interdependencia entre los distintos sectores de una economía. El modelo input-output se basa en la afirmación de Leontief de que todos los outputs también se usan como inputs; las industrias producen bienes utilizando bienes y factores de producción, y los hogares producen factores de producción utilizando bienes. Este modelo consiste en un sistema de  $n$  ecuaciones lineales con  $n$  incógnitas con forma de matriz cuadrada, en la que  $n$  es el número de sectores en que se divide la economía. Esta matriz puede representarse en la llamada tabla input-output (TIO). Una TIO registra el flujo de bienes y servicios de unos sectores a otros sectores y/o a sí mismos, permitiendo así distinguir entre producción de bienes y servicios finales y producción de factores de producción en cada sector, y calcular la producción neta de la economía, que es la diferencia entre outputs menos inputs utilizados. En una TIO, las columnas indican los sectores de la economía y su producción (output), y las filas qué cantidad (en unidades o tantos por ciento) de la producción de todos

los sectores necesita cada sector económico para poder producir el bien que corresponda (input) (Raa, 2006; Cheng & Daniels, 2017).

El grueso de la TIO es, por tanto, la disposición de inputs y outputs entre los  $n$  sectores y la demanda final de cada uno. Las ecuaciones lineales que conforman la matriz tienen la siguiente forma:

*Ecuación 1*

$$X_1 = X_{1;1} + X_{1;2} + \dots + X_{1;n} + F_1$$

$$X_2 = X_{2;1} + X_{2;2} + \dots + X_{2;n} + F_2$$

...

$$X_n = X_{n;1} + X_{n;2} + \dots + X_{n;n} + F_n$$

Siendo  $X_j$  la producción total expresada en millones de euros de cada sector  $j$ ,  $X_{ij}$  el total de la producción del sector  $i$  que es demandada por el sector  $j$ , y  $F_j$  la demanda final de cada sector  $j$ .

Pero la TIO ofrece más información, más datos, detallados en el resto de los tres cuadrantes que la conforman. Como hemos visto, en el primero se representan las demandas intermedias, que son los bienes y servicios producidos por unos sectores y demandados por los mismos u otros sectores. En el segundo a qué se destinan aquellos bienes y servicios utilizados como bienes finales y no como inputs, como consumo final, gasto en consumo final, formación bruta de capital y exportaciones. Combinando los dos primeros cuadrantes obtenemos, por tanto, la producción total de bienes y servicios finales de cada sector de la economía. En el tercer cuadrante se muestran los pagos por factores de producción que demanda cada sector de la economía, es decir, inventario acumulado de productos no utilizados (tanto intermedios como finales), importaciones de inputs al extranjero, pago de impuestos al Gobierno (a cambio de sus servicios, como la policía), la depreciación de las infraestructuras empleadas para producir, y las rentas, salarios, dividendos y pagos similares efectuados hacia los hogares por cada uno de los sectores; todo esto conforma así el valor añadido bruto de cada sector. Combinando el primer y el tercer cuadrante obtenemos, por tanto, la demanda total de factores de producción de cada sector de la economía (Cheng & Daniels, 2017; Miernyck, 2020).

El análisis input-output parte de varios supuestos: primero, cada sector produce sólo una clase de bien homogéneo. Segundo, cada sector utiliza una cantidad y combinación de inputs invariante para producir cada unidad del bien; es decir, se asume que cada sector o rama de actividad utiliza una tecnología de producción de coeficientes fijos, o de Leontief; por este

motivo, los resultados obtenidos no consideran las posibilidades de ajuste de la economía mediante sustituciones de inputs y son por lo tanto más relevantes para analizar impactos de shocks de demanda u oferta a corto que a largo plazo. Tercero, como consecuencia de lo anterior, la producción de cada sector está sujeta a rendimientos constantes de escala, por lo que los cambios en la producción y en los inputs utilizados en cada sector son proporcionales entre sí (lo que, como veremos, permite representar las variaciones de la economía en términos de multiplicadores). Cuarto, cada unidad de cada bien cuesta determinada cantidad de euros, por lo que pueden emplearse unidades monetarias en vez de unidades de bienes para medir la producción de cada sector, de modo que cada entrada expresa un valor monetario, y la suma de cada columna sería el coste total de cada sector. Y quinto, los precios de todos los bienes y factores productivos son constantes: por lo tanto, los cocientes de los valores monetarios representan proporciones reales de inputs sobre outputs (coeficientes técnicos).

Partiendo de la segunda suposición del análisis input-output, se extrae que para producir cada unidad de output de cada sector  $j$  es necesaria una proporción fija de unidades de input de todos los sectores  $i$ . Este ratio se expresa por  $a_{ij} = X_{ij} / X_j$ , siendo «a» el coeficiente técnico. Un coeficiente técnico de un sector nos indica la cantidad de inputs necesarios de cada sector de la economía para producir una cantidad de producto equivalente a una unidad monetaria en el sector en cuestión (Miernyck, 2020). Sabiendo esto, y suponiendo que cada sector  $j$  produce la cantidad de equilibrio, es decir, la cantidad de bienes necesaria para satisfacer la demanda de todos los sectores, además de los consumidores (demanda final), es posible llegar a la siguiente expresión:

*Ecuación 2*

$$AX = F$$

donde  $A$  es la matriz de coeficientes técnicos,  $X$  el vector de producciones totales de los sectores  $j$ , y  $F$  el vector de demandas finales. Es decir, que el producto de los coeficientes técnicos por las producciones totales de cada sector  $j$  iguala a las demandas finales de cada sector  $j$ . Hay que tener en cuenta que el coeficiente técnico indica los requerimientos totales tanto de inputs nacionales como extranjeros para producir una unidad monetaria del producto en cuestión, es decir, incluye las importaciones de productos utilizadas como inputs en el proceso de producción del sector (Cañada Martínez).

La matriz de coeficientes técnicos nos muestra así los efectos directos que un aumento de la demanda de bienes de un sector tiene sobre ese mismo sector, pero no tiene en cuenta los

efectos indirectos de ese aumento de la demanda generados sobre otros sectores que proporcionan inputs al sector en cuestión. El método de la matriz inversa de Leontief corrige esta deficiencia. Para poder obtener la matriz inversa de Leontief, hay que extraer la matriz identidad (I) de la matriz de coeficientes técnicos. Multiplicando en ambos lados por  $(I - A)^{-1}$  y simplificando, nos queda:

*Ecuación 3*

$$X = (I - A)^{-1}F$$

donde X es el vector de las producciones de cada sector, F es el vector de las demandas finales, I es la matriz identidad, A es la matriz de coeficientes técnicos y Z es la matriz inversa (Soza Amigo, 2007).

La matriz inversa de Leontief se compone de varios valores  $z_{ij}$ , los cuales indican cada uno el aumento que sufre la producción del sector i cuando la producción del sector j aumenta en una unidad (recordemos que estamos midiendo la producción en unidades monetarias). De aquí se extrae que la suma de las columnas de la matriz inversa ( $\sum_{i=1}^n z_{ij} = z_j$ ) nos indica cuánto debe aumentar la producción total de la economía cuando el sector j demanda una unidad más de bien, y que la suma de las filas de la matriz inversa ( $\sum_{j=1}^n z_{ij} = z_i$ ) nos indica cuánto debe aumentar la producción total del sector i cuando se demanda una unidad más de bienes en la producción total de la economía (Soza Amigo, 2007).

Vemos por tanto que el análisis input-output según el modelo de Leontief es un análisis económico estático. Un análisis estático pretende encontrar las condiciones necesarias para alcanzar el equilibrio del modelo analizado, el cual se define como un grupo de variables interrelacionadas con mínima o nula tendencia a variar. En última instancia, lo que busca el análisis input-output es averiguar el nivel de producción de cada bien que debe alcanzar cada sector económico en cada situación diferente para poder satisfacer la demanda de esos bienes de todos los sectores, logrando así el equilibrio en la economía en el escenario que sea.

## 2.2. Método de los multiplicadores y de Leontief

El siguiente paso es comprobar los efectos que tendrán aumentos de la inversión en determinados sectores sobre la demanda total de bienes y servicios de la economía y, en concreto, cómo se ve afectada la demanda final de bienes y servicios de otros sectores por el aumento de la inversión en un sector. Para esto, se proponen dos métodos: el método de los multiplicadores y el del modelo de Leontief.

Empezaremos con el método de los multiplicadores. Con la matriz de Leontief obtenida conocemos los efectos directos e indirectos de las inversiones en conjunto sobre cada sector, pero conviene distinguir entre ambos efectos. El efecto directo de una inversión es el aumento de la producción que se produce en los sectores que reciben de forma directa esa inversión, mientras que el efecto indirecto es el aumento de la producción que tiene lugar en sectores que suministran bienes y servicios a los sectores beneficiarios de la inversión debido a que estos sectores, al producir más, demandan más inputs de estos sectores proveedores (Antonio Peláez, de Antonio Lorenzo, & Cañizares Pacheco, 2012). Estos efectos directos e indirectos pueden medirse calculando los multiplicadores sectoriales simples. El multiplicador simple de la producción de un sector  $i$  es el valor total de producción de todos los sectores  $j$  necesario para satisfacer un aumento de valor de un euro en la demanda de producción total del sector  $i$ . El impacto directo de un aumento de un euro en la demanda final es un euro, mientras que el impacto total es toda la producción necesaria para el aumento de la producción del sector  $i$ . El multiplicador simple, por tanto, es el cociente entre el impacto total y el efecto directo, y se obtiene sumando todos los valores de la columna de la matriz inversa de Leontief correspondiente al sector  $i$  que queremos estudiar (E. Miller & D. Blair, 2009).

Ahora bien, es posible estudiar, aparte de los efectos directos e indirectos del aumento de un euro en el valor de la producción de un sector  $j$ , los efectos inducidos de tal aumento. Estos efectos inducidos se pueden medir restando los multiplicadores simples a los multiplicadores sectoriales totales, que incluyen, además de los efectos directos e indirectos del multiplicador simple, los efectos inducidos. Estos efectos inducidos son el aumento de la producción que se produce en todos los sectores, beneficiarios directos de la inversión o no, debido al aumento del consumo de bienes y servicios que se produce en los sectores de la economía como consecuencia de los efectos directos e indirectos de la inversión sobre determinados sectores (Antonio Peláez, de Antonio Lorenzo, & Cañizares Pacheco, 2012).

Para poder obtener los efectos inducidos, debe emplearse el modelo cerrado de Leontief. Esto es porque el modelo abierto considera que hay demanda externa de productos en la economía, pero el cerrado supone que todos los productos se compran y venden dentro de la economía local. Es decir, si empleáramos un modelo abierto, los vectores de ingresos y consumo se excluyen de la matriz de transacciones, pues parte del aumento de la producción debido a las inversiones va al extranjero, pero si empleamos un modelo cerrado, los vectores de ingresos y consumos se incluyen en la matriz de transacciones, pues todo el aumento de la producción debido al aumento del ingreso y del consumo producto de las inversiones es demanda final de la economía doméstica (Arón Fuentes, Brugués, & González König, 2015;

Pereira & Fernández, 2015). Así, se añade a la TIO un nuevo «sector» correspondiente al componente «consumo» de la demanda final, separándolo de la misma. Habría que calcular entonces una nueva matriz de Leontief que incluya este nuevo sector.

Pero el método de los multiplicadores sólo nos dice el efecto total sobre la demanda total de bienes y servicios de la economía; no nos dice cuál es el efecto específico sobre cada sector en particular. Con el siguiente método, el de Leontief, es posible averiguar esto.

Añadiendo tanto al vector de aumento de inversión como a la matriz de Leontief el nuevo sector correspondiente a las familias, podemos calcular los efectos directos, indirectos e inducidos del aumento de la inversión empleando un procedimiento en cierto modo análogo pero diferente al de los multiplicadores. El efecto directo de la inversión, de nuevo, es equivalente al de la inversión en sí. Ahora bien, para calcular el efecto indirecto, antes hay que calcular el efecto simple de la inversión sobre la economía, que con este método obtenemos multiplicando la nueva matriz de Leontief por el vector de efectos directos. El resultado es un vector que incluye tanto los efectos directos como los indirectos de la inversión sobre la demanda total de bienes; por tanto, como es lógico, para calcular el efecto indirecto de la inversión basta con restar al efecto simple los efectos directos.

A continuación, hay que calcular los efectos inducidos. Para ello, de modo similar que en el método de los multiplicadores, hay que calcular el efecto total de la inversión sobre la demanda total de bienes de la economía. Este efecto total se obtiene multiplicando la matriz de Leontief del modelo cerrado por los efectos directos. Puesto que el efecto total incluye los tres tipos de efectos de la inversión, para calcular los efectos inducidos basta con restar al efecto total el efecto simple.

Con esta última metodología deberíamos ser capaces de calcular efectos directos, indirectos e inducidos muy aproximados de inversiones en determinados sectores tanto sobre la demanda total de bienes en la economía en su conjunto como sobre cada sector en particular. Hay que tener en cuenta, sin embargo, que parte de la inversión se destina a importaciones de inputs al extranjero. Por tanto, el efecto sobre la demanda de bienes y servicios nacionales que tiene el aumento de la producción de un valor de 1 euro en el sector  $i$  se dividiría en estas tres cantidades:  $(1 - M_i)$  euros de efecto directo (ED),  $(KS_i - 1) \cdot ED_i$  de efecto indirecto, y  $(KT_i - KS_i) \cdot ED_i$  de efecto inducido, siendo  $M_i$  el porcentaje de importaciones de la formación de capital en el sector  $i$ ,  $KS_i$  el multiplicador o efecto simple del sector  $i$ , y  $KT_i$  el multiplicador o efecto total del sector  $i$ .

## 3. Los datos

### 3.1. La tabla input-output española

Para realizar este análisis, se han tomado los datos de la tabla input-output de España del año 2016, disponible en la base de datos de la página web del INE. Puesto que no se dispone de tablas input-output (TIO) de años posteriores, tenemos que suponer que los coeficientes técnicos input-output (o los requerimientos sectoriales) y en consecuencia la matriz A y la matriz inversa de Leontief que se deducen de la TIO de 2016 son representativos de la economía española de 2021.

Para este trabajo se han realizado algunas modificaciones importantes en la TIO extraída. Para empezar, se han agrupado los sectores 44a, 63 y 64, el primero con el 44 por producir bienes que no son demandados por ningún otro sector de la economía aparte del propio sector, y los dos últimos con el 62 por no emplear como inputs los bienes de ningún otro sector de la economía aparte de los propios, quedándonos un total de 62 sectores. Se han trasladado las importaciones de filas a columnas para lograr una mayor coherencia con la contabilidad nacional, quedándonos el vector de demandas finales de la forma  $(C + I + X - M)$ , siendo C el consumo, I la inversión, X las exportaciones y M las importaciones. Se han calculado coeficientes de requerimientos de puestos de trabajo asalariado a tiempo completo por cada millón de euros, con el fin de utilizarlos para calcular los efectos de los impactos (directos, indirectos e inducidos) de las inversiones sobre el empleo. Y, por último, se ha calculado el componente de importaciones de la demanda doméstica de bienes y servicios finales, con el fin de distinguir la demanda de productos nacionales de las importaciones y así identificar con claridad el impacto directo del aumento de la demanda de bienes y servicios sobre la producción interior de bienes.

Comprendida ya la tabla, queda realizar el análisis input-output propiamente dicho. En este trabajo sólo se empleará el modelo básico de Leontief.

### 3.2. Calibrado del modelo de Leontief de la Economía española<sup>1</sup>

Con la TIO adaptada, que puede verse en la hoja «TIO adaptada» en el fichero Excel compartido en el Anexo 2, se ha obtenido la matriz de requerimientos A y, de acuerdo con la

---

<sup>1</sup> Tanto el calibrado como la simulación del modelo se ha hecho en Matlab. El programa explicado se puede descargar en el siguiente enlace. Estos programas, junto con los datos disponibles en el libro de Excel (enlace), permiten replicar todos los resultados que se presentan en este trabajo. Cabe resaltar que el software y los equipos de hoy en día es posible invertir matrices de gran tamaño y por ello no se consideró necesario seguir la práctica habitual de comprimir la TIO en un número reducido de sectores.

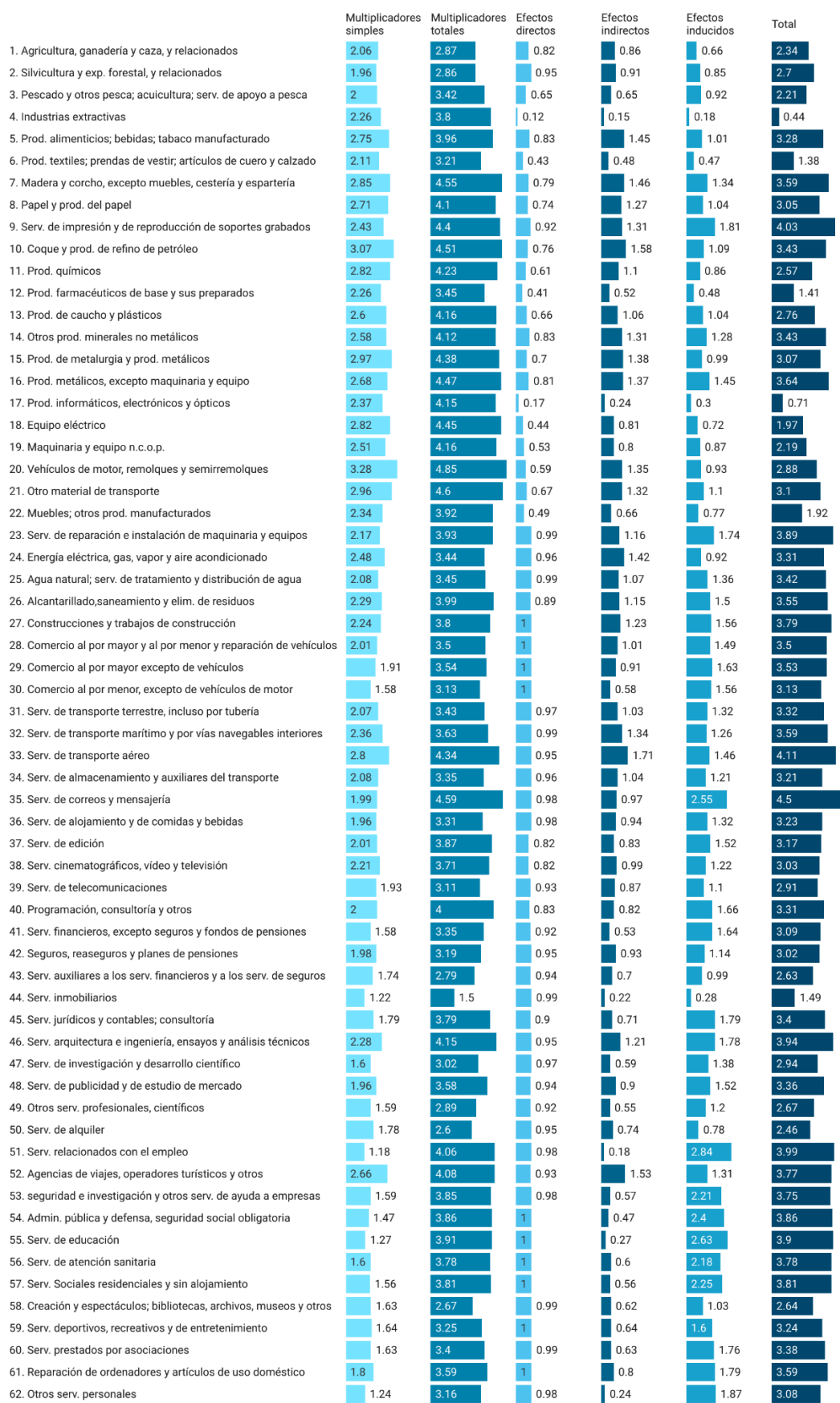


Ecuación 3, la matriz de Leontief. Nuestro modelo debe replicar la representación inicial de la economía española, por ese motivo, para comprobar que hemos conseguido nuestro objetivo utilizamos la matriz de Leontief para obtener el valor de la producción total (intermedia y final) de bienes y servicios a través de su multiplicación por el vector de demanda final de los 62 sectores de la economía. Los errores se pueden medir por la diferencia entre el valor observado y el valor calculado de la producción. En nuestro caso, el modelo de Leontief con 62 sectores consigue niveles muy elevados de precisión que alcanzan el décimo decimal (la diferencia entre las producciones observadas y calculadas es inferior a  $1 \times 10^{-10}$ ).

Utilizando la metodología de análisis input-output de Leontief arriba explicada, obtenemos los resultados que observamos en el

Gráfico 2. A partir de los multiplicadores simples y totales, que vemos en el gráfico, se han calculado los coeficientes de efectos directos, indirectos e inducidos de inversiones en cada sector, con los cuales podemos determinar los impactos de cada tipo que tendrá sobre la demanda final, así como en el empleo a tiempo completo, un conjunto de inversiones cualquiera.

Gráfico 2. Multiplicadores simples y totales y efectos directos, indirectos e inducidos



Fuente: Elaboración propia a partir de las TIO de la economía española.

## 4. Evaluación del impacto macroeconómico del Plan Nacional de Energía y clima (PNIEC 2021-2030)

### 4.1. El escenario a evaluar

Ya obtenida la matriz inversa de Leontief y los multiplicadores sectoriales, es posible distinguir los efectos de determinadas inversiones sobre los diferentes sectores de la economía española.

Una aplicación combinada de los planes de recuperación y transformación económica propiciaría una recuperación económica más rápida, continuada y sostenible. Hay varios ejemplos que lo demuestran. Uno es que la concentración de la inversión pública en infraestructuras favorece a su vez la inversión privada, el empleo y el logro de las capacidades de producción óptimas, pues al estar la economía en recesión, las inversiones privadas no tienen que competir con otras. Otro, que los subsidios destinados a las mejoras de eficiencia energética en los hogares favorecen el empleo local, y mejoran, en efecto, la eficiencia energética, lo que supone un menor consumo de energía, una reducción del gasto familiar, y una contribución a la descarbonización de la economía. Por primera vez, la UE tiene un plan para salir de la crisis y, lo más relevante, aprovecharse de ella para posteriormente reforzar la economía a largo plazo (ORFIN, 2020). Así pues, la UE exige a cada país miembro elaborar un PNIEC para asegurarse de conocer el compromiso de estos países son los objetivos de sostenibilidad de la UE. El escenario a evaluar en nuestro caso serán las medidas de inversión contempladas por el PNIEC de España.

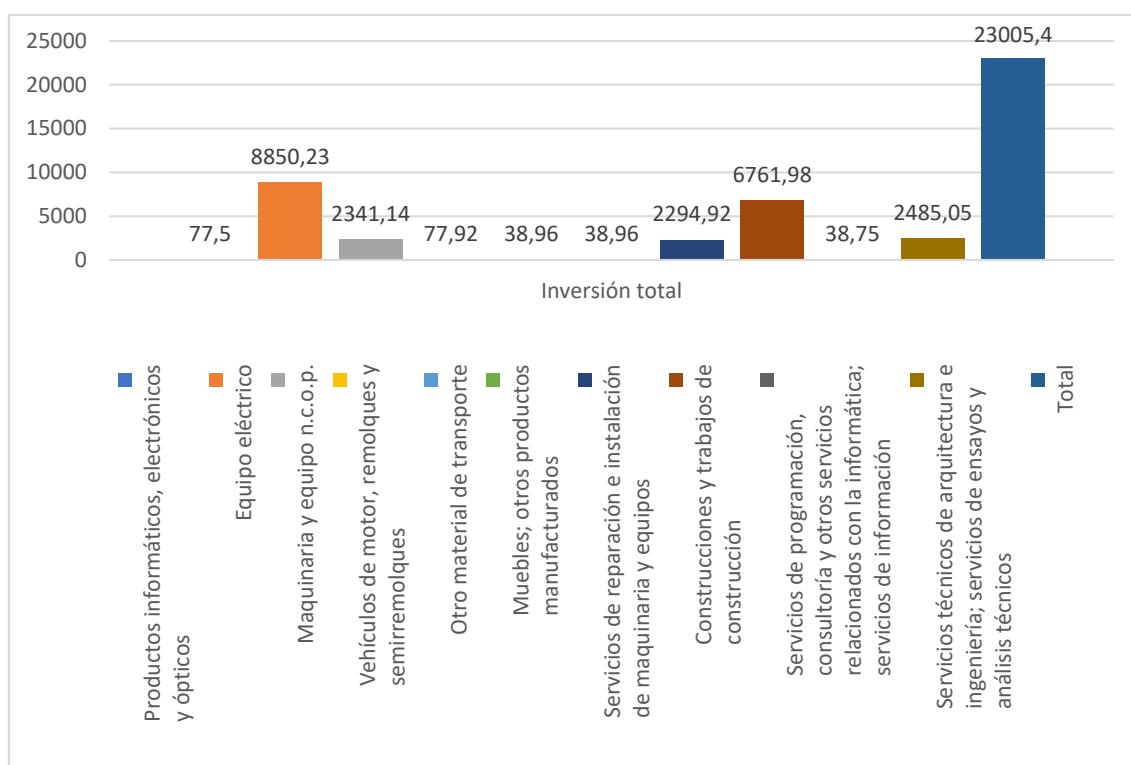
Lo que pretende el PNIEC elaborado por España es reducir la emisión de GEI, aumentar el uso de energías renovables, y mejorar la eficiencia energética en determinadas cantidades desde la fecha hasta 2030 en el país, todo esto para facilitar el logro del objetivo a más largo plazo de eliminar por completo las emisiones de GEI en España para 2050 (MITECO, 2020).

Para alcanzar esos objetivos, el PNIEC elaborado por España efectuará una inversión total de 241.412 millones de euros entre 2021 y 2030, es decir, 24.141,2 millones de euros anuales. De estas inversiones, un 80% (190.511) la realizaría el sector privado, y el 20% restante (50.900) el sector público. Las inversiones en ahorro y eficiencia se dirigirán fundamentalmente a la construcción y renovación de infraestructuras en los sectores industria, transporte, residencial, servicios y agricultura. Las inversiones en energías renovables pretenden construir y ampliar las infraestructuras productoras de energías renovables, como las centrales hidráulicas, eólicas y solares. Las inversiones en redes están dirigidas a construir y modernizar redes de

transporte, interconexiones y distribución y a expandir la red de puntos de recarga de vehículos eléctricos, los cuales deberán extenderse a viviendas, empresas privadas, vías públicas, electrolineras y líneas de autobuses. Y, por último, las inversiones en electrificación se dirigirán a electrificar el sector transporte, es decir, a sustituir los vehículos de transporte impulsados por combustibles fósiles en vehículos eléctricos. El resto de inversiones se dirigirán a sectores difusos no energéticos, concretamente agricultura, residuos, gases fluorados y sumideros, y al desmantelamiento de centrales térmicas de carbón y nucleares (MITECO, 2020).

La materialización de las inversiones previstas por el PNIEC, como es lógico, se traduce en la demanda de bienes y servicios producidos por un conjunto de sectores de la economía como la construcción, el equipamiento eléctrico, los servicios de consultoría y otros cuya actividad recibirá el estímulo directo del programa de inversiones liderado por el gobierno. Por desgracia, en el estado actual de desarrollo del PNIEC, es imposible conocer con precisión cómo se concretarán esas inversiones, cuyos proyectos específicos aún están por elaborarse en su mayor parte, y, en consecuencia, sólo podemos crear escenarios aproximados contando con, primero, el monto de las inversiones previstas y, segundo, los porcentajes en que estas se reparten en los sectores de la economía. La metodología desarrollada en este trabajo permite evaluar cualquier escenario, y por ese motivo hemos desarrollado una herramienta flexible que permite actualizar los datos para obtener previsiones ajustadas de su impacto sobre el empleo y la actividad económica. En el trabajo se presenta un escenario concreto creado por el tutor de este trabajo, experto en la materia, basándose para crearlo en la mejor información disponible sobre la tecnología y los proyectos previos realizados en España y en la UE en los ámbitos del PNIEC. Este escenario puede verse en la hoja «Escenario PNIEC» en el fichero Excel compartido en el Anexo 2, y podrá modificarse posteriormente a medida que surja nueva información que permita crear escenarios más precisos.

Gráfico 3. Plan de inversiones del PNIEC (2021-30) (millones de euros anuales a precios corrientes de 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de datos del PNIEC.

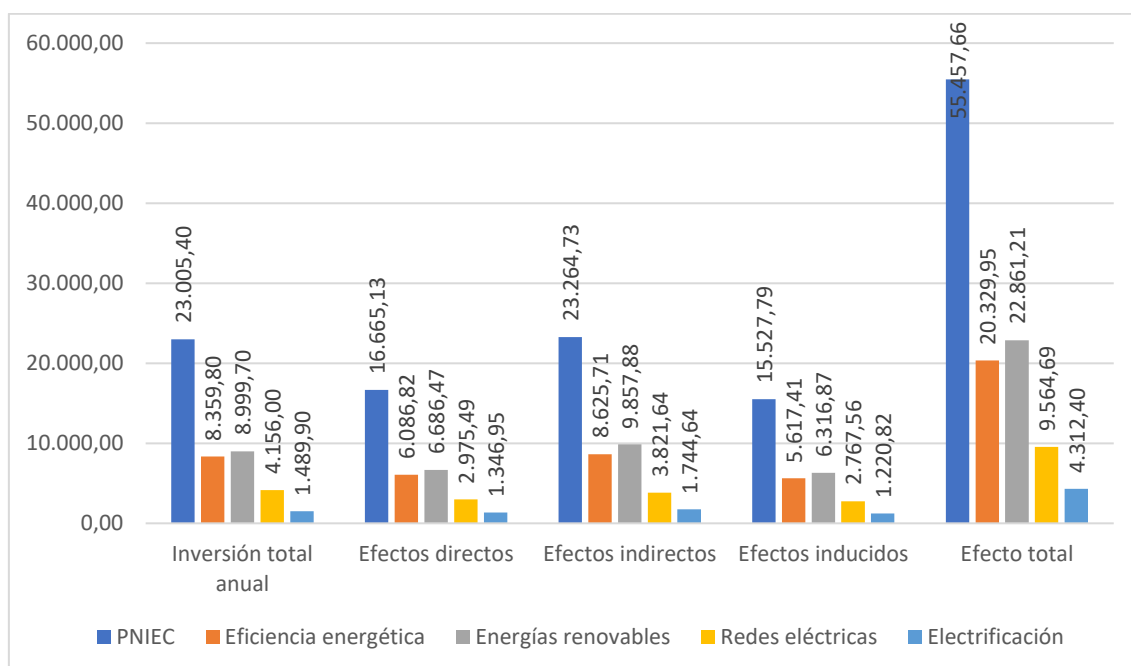
En el Gráfico 3 vemos que, a precios de 2020, el aumento de la demanda total de bienes y servicios de la economía alcanza la cifra de 23.005,40 millones de euros. Pero esta demanda total incluye importaciones de bienes y servicios al extranjero. Si queremos conocer los efectos de las inversiones sobre la demanda de bienes nacionales, debemos restar a la demanda total las importaciones. Podemos suponer que los coeficientes de importaciones de cada sector de la TIO de 2016, que pueden verse en la hoja «Escenario PNIEC» del fichero Excel compartido en el Anexo 2, se mantienen desde ese año hasta la actualidad, salvo para el sector «Equipo eléctrico», en que el coeficiente de importaciones aumenta del 45,02% a una media del 55,71% entre los cuatro tipos de inversiones principales (eficiencia energética, energías renovables, redes eléctricas y electrificación) desde ese año hasta 2021, dado que con el PNIEC aumentará la proporción importada de materiales eléctricos en el sector.

Una vez restadas las importaciones a las inversiones totales, descubrimos que el aumento de la demanda de bienes en cada sector es menor que el aumento de la demanda total de bienes, aunque destacan los sectores «Productos informáticos, electrónicos y ópticos», «Equipo eléctrico» y «Maquinaria y equipo n.c.o.p.», en que la demanda de bienes nacionales es sustancialmente inferior a la demanda total de bienes, dado que en estos sectores muchos de los inputs utilizados para la actividad productiva son importados.

## 4.2. El Impacto Macroeconómico del PNIEC 2021-2030

Teniendo ya la metodología de análisis input-output y el escenario de inversiones, queda aplicar la metodología sobre el escenario para simular los efectos que las inversiones de ese escenario tendrán sobre la economía. Los resultados obtenidos pueden encontrarse en detalle en el archivo Excel compartido en el Anexo 2, concretamente en las hojas «Escenario PNIEC» e «Impactos PNIEC».

Gráfico 4. El impacto del PNIEC 2021-30 sobre la actividad económica (inversiones e impactos en millones de euros anuales a precios corrientes de 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de las TIO de la economía española (INE, 2016) y del modelo de Leontief desarrollado en este estudio.

El Gráfico 4 presenta la inversión anual del PNIEC (2021-30) y sus impactos totales sobre la actividad económica desglosados según la vía de impacto (directo, indirecto e inducido) y según los programas de gasto del PNIEC (eficiencia energética, energías renovables, etc.). Todos los resultados se miden en euros corrientes de 2020.

Como podemos ver en el gráfico, la inversión anual prevista en el PNIEC de 23.005,40 millones de euros (aproximadamente) tendría un efecto estimulante sobre la demanda y la actividad económica de 55.457,66 millones de euros anuales, equivalente al 4,944% del PIB español de 2020. Así, el multiplicador total del PNIEC se puede calcular como 2,41063.

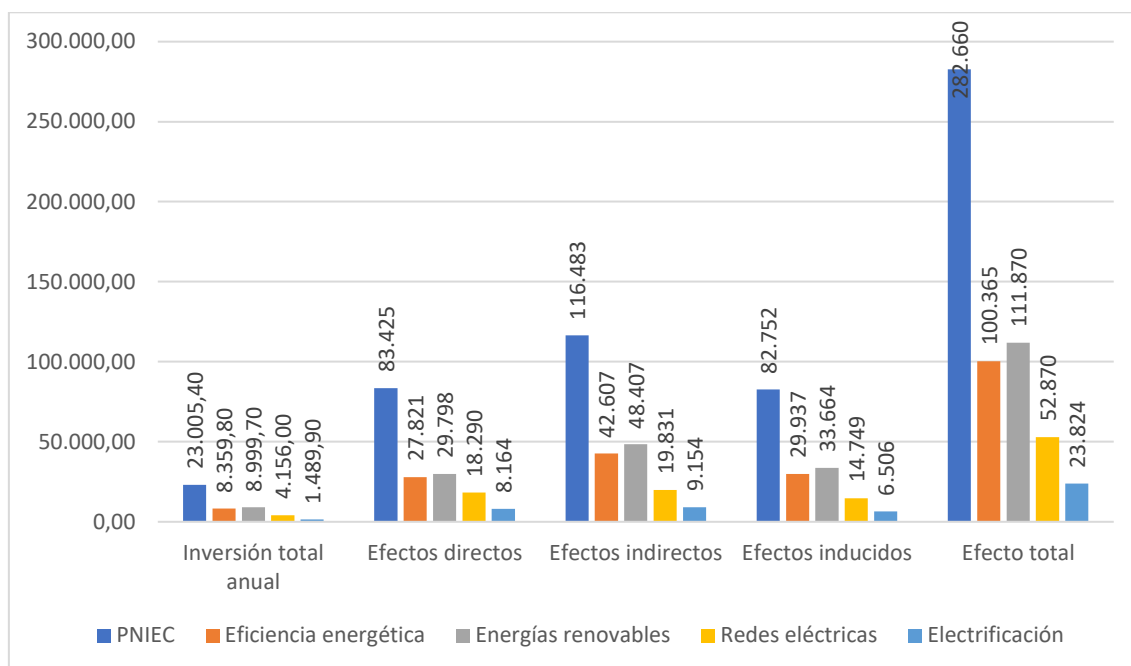
Este efecto dinamizador de las inversiones sobre la economía resulta de la combinación de los siguientes factores:

- Un aumento directo equivalente a 16.665,13 euros anuales, resultado de la demanda de bienes y servicios necesarios para poner en marcha las inversiones del PNIEC. El multiplicador nos indica que cada euro de inversión supone un aumento directo de la demanda de bienes nacionales de 0,72441 euros, de lo que se deduce que el componente importado del Plan en su conjunto es igual al 27,56% de la demanda prevista de inversión.
- Un efecto indirecto derivado de la demanda intermedia de bienes y servicios producidos por el conjunto de la economía equivalente a 23.264,73 millones de euros anuales necesarios para aumentar la producción nacional y satisfacer los requerimientos de formación de capital del PNIEC. Estos eslabonamientos hacia atrás suponen que por cada euro de inversión se produce un aumento de la demanda de bienes y servicios intermedios equivalente a 1,01127 euros.
- Un efecto inducido equivalente a 15.527,79 euros anuales, para satisfacer el incremento de la demanda de bienes y servicios finales de las familias derivado del mayor nivel de consumo producto del aumento de ingresos del trabajo resultante del estímulo en la actividad económica generada por el PNIEC. Estos eslabonamientos hacia adelante indican que por cada euro de inversión se produce un aumento de la demanda final de bienes y servicios de consumo por un valor de 0,67496 euros.

Vistos los efectos de las inversiones sobre la demanda de la economía, queda por ver los efectos de esas inversiones sobre el empleo:



Gráfico 5. Impactos sobre el empleo del PNIEC (puestos de trabajo asalariado a tiempo completo de duración anual)  
(Las inversiones están en millones de euros anuales a precios corrientes de 2020)



Fuente: Elaboración propia a partir de las TIO de la economía española (INE, 2016) y del modelo de Leontief desarrollado en este estudio.

En este caso, como vemos en el Gráfico 5, la inversión anual prevista en el PNIEC de 23.005,40 millones de euros tendría un efecto positivo sobre el nivel de empleo remunerado a tiempo completo equivalente a 282.660 puestos de trabajo asalariado a tiempo completo de duración anual. En este caso, por cada millón de euros de se crearían 12 puestos de trabajo.

Este efecto positivo sobre el empleo es producto de la combinación de los siguientes factores:

- Un aumento directo de 83.425 puestos de trabajo, resultado del impacto directo de las inversiones del PNIEC sobre la demanda de bienes y servicios. El multiplicador nos indica que cada millón de euros de aumento de la demanda de bienes nacionales supone un aumento de 4 puestos de trabajo asalariado de duración anual.
- Un efecto indirecto equivalente a 116.483 puestos de trabajo resultado de los efectos indirectos de las inversiones del PNIEC sobre la demanda nacional. Estos eslabonamientos hacia atrás suponen que por cada millón de euros de aumento de la demanda de bienes y servicios se produce un aumento de la demanda de bienes y servicios intermedios equivalente a 5.
- Un efecto inducido equivalente a 82.752 puesto de trabajo, resultado del incremento de la demanda de bienes finales derivado del mayor nivel de consumo resultante del estímulo en la actividad económica generada por el PNIEC. Estos eslabonamientos

hacia adelante indican que por cada millón de euros de inversión se produce un aumento en el nivel de empleo de 4 puestos de trabajo.

A continuación vamos a hacer una comparación de los impactos anteriores por programas del PNIEC.

*Tabla 1. Multiplicadores y puestos de trabajo por programas de inversión*

	PNIEC	Eficiencia energética	Energías renovables	Redes eléctricas	Electrificación
Efecto total	55.458	20.330	22.861	9.565	4.312
Multiplicadores de la demanda	2,41065	2,43188	2,5402	2,3015	2,89415
Puestos de trabajo	282.660	100.365	111.870	52.870	23.824
Multiplicadores del empleo	12,18668	12,00567	12,43041	12,72137	15,99033

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIO de la economía española (INE, 2016) y del modelo de Leontief desarrollado en este estudio.

Como podemos ver en la Tabla 1, las inversiones con mayor potencial para aumentar tanto la actividad económica como el empleo son las inversiones en electrificación; las que tienen un impacto más moderado sobre la actividad económica son las inversiones en redes eléctricas, y sobre el empleo, las inversiones en eficiencia energética. En efecto, un millón de euros invertido en electrificación supone un efecto multiplicador total de 2,89415 millones de euros, y la creación de 16 puestos de trabajo anuales a tiempo completo, mientras que el mismo millón de euros invertido en redes eléctricas sólo genera un aumento de la demanda local de bienes y servicios de 2,3015 millones de euros, y se invirtieran en eficiencia energética, la creación de sólo 13 puestos anuales de trabajo a tiempo completo.

Lo anterior supone que si se quiere aprovechar al máximo el papel dinamizador de la economía del PNIEC y convertirlo en un plan de recuperación de la crisis actual, en los primeros años deberían priorizarse las inversiones en electrificación mientras que las inversiones en redes eléctricas y eficiencia energética con menos impacto de estímulo de la demanda podrían postergarse a un momento en que la economía se encuentre más cerca de su producción potencial.

A continuación se analizan los efectos de las inversiones sobre la actividad económica y el empleo sectorialmente:

Gráfico 6. Impactos sobre la actividad económica por sectores (millones de euros anuales a precios corrientes de 2020)

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1. Agricultura, ganadería y caza, y relacionados	0	62.93	517.78	580.71
2. Silvicultura y exp. forestal, y relacionados	0	16.03	15.64	31.67
3. Pescado y otros pesca; acuicultura; serv. de apoyo a pesca	0	0.33	47.64	47.97
4. Industrias extractivas	0	691.55	257.66	949.21
5. Prod. alimenticios; bebidas; tabaco manufacturado	0	120.26	1,366.44	1,486.7
6. Prod. textiles; prendas de vestir; artículos de cuero y calzado	0	75.81	405.7	481.51
7. Madera y corcho, excepto muebles, cestería y espartería	0	231.62	51.17	282.79
8. Papel y prod. del papel	0	198.22	148.02	346.24
9. Serv. de impresión y de reproducción de soportes grabados	0	224.65	39.28	263.92
10. Coque y prod. de refinado de petróleo	0	270.08	239.93	510.01
11. Prod. químicos	0	925.36	391.03	1,316.39
12. Prod. farmacéuticos de base y sus preparados	0	22.64	113.22	135.86
13. Prod. de caucho y plásticos	0	596.81	186.33	783.13
14. Otros prod. minerales no metálicos	0	675.48	80.36	755.84
15. Prod. de metalurgia y prod. metálicos	0	1,687.85	145.54	1,833.39
16. Prod. metálicos, excepto maquinaria y equipo	0	1,223.53	166.79	1,390.32
17. Prod. informáticos, electrónicos y ópticos	13.28	314.7	132.81	460.79
18. Equipo eléctrico	3,919.88	1,245.32	129.16	5,294.36
19. Maquinaria y equipo n.c.o.p.	1,233.95	651.2	98.37	1,983.52
20. Vehículos de motor, remolques y semirremolques	46.29	381.71	346.32	774.32
21. Otro material de transporte	26.24	272.9	32.84	331.98
22. Muebles; otros prod. manufacturados	19.04	132.55	151.28	302.87
23. Serv. de reparación e instalación de maquinaria y equipos	2,274.33	288.67	89.54	2,652.53
24. Energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	0	911.1	602.24	1,513.35
25. Agua natural; serv. de tratamiento y distribución de agua	0	72.81	90	162.8
26. Alcantarillado, saneamiento y elim. de residuos	0	436.85	130.1	566.95
27. Construcciones y trabajos de construcción	6,744.15	1,634.5	256.06	8,634.72
28. Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos	0	110.98	236.44	347.42
29. Comercio al por mayor excepto de vehículos	0	1,543.76	757.11	2,300.86
30. Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor	0	962.32	628.32	1,590.63
31. Serv. de transporte terrestre, incluso por tubería	0	654.88	415.6	1,070.48
32. Serv. de transporte marítimo y por vías navegables interiores	0	9.85	10.82	20.67
33. Serv. de transporte aéreo	0	26.84	61.94	88.78
34. Serv. de almacenamiento y auxiliares del transporte	0	851.72	352.89	1,204.61
35. Serv. de correos y mensajería	0	108.89	37.48	146.37
36. Serv. de alojamiento y de comidas y bebidas	0	138.06	1,277.8	1,415.86
37. Serv. de edición	0	65.57	70.14	135.71
38. Serv. cinematográficos, vídeo y televisión	0	44.81	44.28	89.09
39. Serv. de telecomunicaciones	0	309.55	299.46	609.01
40. Programación, consultoría y otros	32.03	61.09	27.75	120.87
41. Serv. financieros, excepto seguros y fondos de pensiones	0	405.8	362.42	768.22
42. Seguros, reaseguros y planes de pensiones	0	79.76	219.12	298.87
43. Serv. auxiliares a los serv. financieros y a los serv. de seguros	0	97.57	165.73	263.31
44. Serv. inmobiliarios	0	522.4	1,739.34	2,261.74
45. Serv. jurídicos y contables; consultoría	0	611.15	267.29	878.44
46. Serv. arquitectura e ingeniería, ensayos y análisis técnicos	2,355.93	1,162.87	84.97	3,603.77
47. Serv. de investigación y desarrollo científico	0	0	0	0
48. Serv. de publicidad y de estudio de mercado	0	251.16	128.4	379.56
49. Otros serv. profesionales, científicos	0	178.73	93.94	272.67
50. Serv. de alquiler	0	272.9	115.78	388.69
51. Serv. relacionados con el empleo	0	102.71	43.03	145.75
52. Agencias de viajes, operadores turísticos y otros	0	33.21	136.13	169.33
53. seguridad e investigación y otros serv. de ayuda a empresas	0	869.88	324.9	1,194.78
54. Admin. pública y defensa, seguridad social obligatoria	0	39.81	21.86	61.67
55. Serv. de educación	0	86.1	219.91	306
56. Serv. de atención sanitaria	0	66.01	269.38	335.39
57. Serv. Sociales residenciales y sin alojamiento	0	0.2	122.6	122.8
58. Creación y espectáculos; bibliotecas, archivos, museos y otros	0	32.7	142.54	175.24
59. Serv. deportivos, recreativos y de entretenimiento	0	58.86	162.89	221.75
60. Serv. prestados por asociaciones	0	91.87	125.38	217.25
61. Reparación de ordenadores y artículos de uso doméstico	0	22.62	31.6	54.21
62. Otros serv. personales	0	24.64	299.31	323.95

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIO de la economía española (INE, 2016) y del modelo de Leontief desarrollado en este estudio.

Gráfico 7. Impactos sobre el empleo por sectores (puestos de trabajo anuales asalariados a tiempo completo)

	Directo	Indirecto	Inducido	Total
1. Agricultura, ganadería y caza, y relacionados	0	412	3,386	3,798
2. Silvicultura y exp. forestal, y relacionados	0	79	77	156
3. Pescado y otros pesca; acuicultura; serv. de apoyo a pesca	0	2	244	245
4. Industrias extractivas	0	375	140	515
5. Prod. alimenticios; bebidas; tabaco manufacturado	0	202	2,296	2,498
6. Prod. textiles; prendas de vestir; artículos de cuero y calzado	0	173	924	1,097
7. Madera y corcho, excepto muebles, cestería y espartería	0	1,018	225	1,243
8. Papel y prod. del papel	0	352	263	614
9. Serv. de impresión y de reproducción de soportes grabados	0	1,753	306	2,060
10. Coque y prod. de refino de petróleo	0	30	27	57
11. Prod. químicos	0	773	327	1,099
12. Prod. farmacéuticos de base y sus preparados	0	4	20	24
13. Prod. de caucho y plásticos	0	1,564	488	2,052
14. Otros prod. minerales no metálicos	0	2,191	261	2,452
15. Prod. de metalurgia y prod. metálicos	0	497	43	539
16. Prod. metálicos, excepto maquinaria y equipo	0	6,284	857	7,141
17. Prod. informáticos, electrónicos y ópticos	11	262	110	383
18. Equipo eléctrico	5,904	1,876	195	7,974
19. Maquinaria y equipo n.c.o.p.	2,588	1,366	206	4,160
20. Vehículos de motor, remolques y semirremolques	28	229	208	464
21. Otro material de transporte	24	247	30	301
22. Muebles; otros prod. manufacturados	63	441	504	1,008
23. Serv. de reparación e instalación de maquinaria y equipos	16,489	2,093	649	19,230
24. Energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado	0	207	137	344
25. Agua natural; serv. de tratamiento y distribución de agua	0	327	404	730
26. Alcantarillado, saneamiento y elim. de residuos	0	2,364	704	3,068
27. Construcciones y trabajos de construcción	44,557	10,799	1,692	57,047
28. Comercio al por mayor y al por menor y reparación de vehículos	0	873	1,859	2,732
29. Comercio al por mayor excepto de vehículos	0	10,946	5,368	16,314
30. Comercio al por menor, excepto de vehículos de motor	0	13,246	8,649	21,895
31. Serv. de transporte terrestre, incluso por tubería	0	3,560	2,259	5,820
32. Serv. de transporte marítimo y por vías navegables interiores	0	25	27	52
33. Serv. de transporte aéreo	0	47	108	155
34. Serv. de almacenamiento y auxiliares del transporte	0	2,964	1,228	4,192
35. Serv. de correos y mensajería	0	1,500	516	2,016
36. Serv. de alojamiento y de comidas y bebidas	0	1,112	10,294	11,407
37. Serv. de edición	0	324	347	671
38. Serv. cinematográficos, vídeo y televisión	0	119	118	237
39. Serv. de telecomunicaciones	0	329	319	648
40. Programación, consultoría y otros	187	357	162	706
41. Serv. financieros, excepto seguros y fondos de pensiones	0	1,788	1,597	3,384
42. Seguros, reaseguros y planes de pensiones	0	174	479	653
43. Serv. auxiliares a los serv. financieros y a los serv. de seguros	0	415	705	1,121
44. Serv. inmobiliarios	0	438	1,457	1,894
45. Serv. jurídicos y contables; consultoría	0	4,024	1,760	5,785
46. Serv. arquitectura e ingeniería, ensayos y análisis técnicos	13,574	6,700	490	20,764
47. Serv. de investigación y desarrollo científico	0	0	0	0
48. Serv. de publicidad y de estudio de mercado	0	1,873	957	2,830
49. Otros serv. profesionales, científicos	0	1,256	660	1,916
50. Serv. de alquiler	0	790	335	1,125
51. Serv. relacionados con el empleo	0	3,358	1,407	4,765
52. Agencias de viajes, operadores turísticos y otros	0	81	332	413
53. Seguridad e investigación y otros serv. de ayuda a empresas	0	18,861	7,044	25,905
54. Admin. pública y defensa, seguridad social obligatoria	0	755	415	1,170
55. Serv. de educación	0	1,364	3,483	4,846
56. Serv. de atención sanitaria	0	618	2,522	3,140
57. Serv. Sociales residenciales y sin alojamiento	0	4	2,356	2,360
58. Creación y espectáculos; bibliotecas, archivos, museos y otros	0	175	765	940
59. Serv. deportivos, recreativos y de entretenimiento	0	496	1,373	1,869
60. Serv. prestados por asociaciones	0	1,107	1,510	2,617
61. Reparación de ordenadores y artículos de uso doméstico	0	337	471	808
62. Otros serv. personales	0	548	6,657	7,205

Fuente: Elaboración propia a partir de las TIO de la economía española (INE, 2016) y del modelo de Leontief desarrollado en este estudio.

Como puede observarse en el Gráfico 6, aunque los impactos directos se centran en los sectores que proveen los bienes y servicios directos para la puesta en marcha del PNIEC, los impactos económicos, hacia atrás y hacia adelante, hacen que estas inversiones irradien efectos indirectos e inducidos sobre el conjunto de sectores de la economía. Como es de esperar tales impactos son mayores en los sectores «Productos alimenticios; bebidas; tabaco manufacturado», «Productos químicos», «Productos de metalurgia y productos metálicos», «Productos metálicos, excepto maquinaria y equipo», «Energía eléctrica, gas, vapor y aire acondicionado», «Servicios de comercio al por mayor e intermediación del comercio, excepto de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores», «Servicios de comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas», «Servicios de transporte terrestre, incluso por tubería», «Servicios de almacenamiento y auxiliares del transporte», «Servicios de alojamiento y de comidas y bebidas», «Servicios inmobiliarios» y «Servicios de atención sanitaria»; y más reducidos en los sectores «Productos de la silvicultura y la explotación forestal, y servicios relacionados con los mismos», «Pescado y otros productos de la pesca; productos de la acuicultura; servicios de apoyo a la pesca», «Servicios de transporte marítimo y por vías navegables interiores», «Servicios de transporte aéreo», «Servicios de investigación y desarrollo científico», «Servicios de administración pública y defensa; servicios de seguridad social obligatoria» y «Servicios de reparación de ordenadores, efectos personales y artículos de uso doméstico».

El mayor o menor impacto sobre los sectores se debe que estos sectores venden más o menos inputs o productos finales a los sectores destinatarios de las inversiones, principalmente los sectores de la fabricación, reparación e instalación de maquinaria y equipo eléctrico, de la construcción, y de servicios de arquitectura e ingeniería. Por ejemplo, los sectores «Productos de metalurgia y productos metálicos» y «Productos metálicos, excepto maquinaria y equipo» producen muchos inputs demandados por los sectores «Equipo eléctrico», «Maquinaria y equipo n.c.o.p.» y «Servicios de reparación e instalación de maquinaria y equipos», de modo que un auge en estos sectores aumentará la demanda de esos inputs, beneficiando a los dos primeros sectores mencionados, que verán un incremento en sus ventas. En el caso contrario, sectores como «Productos de la silvicultura y la explotación forestal, y servicios relacionados con los mismos» o «Servicios de administración pública y defensa; servicios de seguridad social obligatoria» tienen muy poco que ofrecer a los sectores destinatarios de las inversiones, y por tanto apenas se ven afectados por alteraciones en la demanda de estos sectores.

Centrándonos ahora en el Gráfico 7, vemos que la mayor creación de puestos de trabajo se espera en los sectores «Productos metálicos, excepto maquinaria y equipo», «Equipo

eléctrico», «Servicios de reparación e instalación de maquinaria y equipos», «Construcciones y trabajos de construcción», «Servicios de comercio al por mayor e intermediación del comercio, excepto de vehículos de motor, motocicletas y ciclomotores», «Servicios de comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas», «Servicios de alojamiento y de comidas y bebidas», «Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; servicios de ensayos y análisis técnicos», «Servicios de seguridad e investigación; servicios para edificios y paisajísticos; servicios administrativos, de oficina y otros servicios de ayuda a las empresas» y «Otros servicios personales», siendo especialmente notorios los casos de los sectores «Construcciones y trabajos de construcción», «Servicios de comercio al por menor, excepto de vehículos de motor y motocicletas», «Servicios técnicos de arquitectura e ingeniería; servicios de ensayos y análisis técnicos» y «Servicios de seguridad e investigación; servicios para edificios y paisajísticos; servicios administrativos, de oficina y otros servicios de ayuda a las empresas», en los que el crecimiento de puestos de trabajo supera las 20.000 unidades anuales y, concretamente en el sector «Construcciones y trabajos de construcción», en el que supera las 50.000. El sector de la construcción es, por tanto, el principal generador de empleo en el caso en cuestión. Por otra parte, los sectores «Productos de la silvicultura y la explotación forestal, y servicios relacionados con los mismos», «Coque y productos de refinación de petróleo», «Productos farmacéuticos de base y sus preparados», «Servicios de transporte marítimo y por vías navegables interiores», «Servicios de transporte aéreo» y «Servicios de investigación y desarrollo científico» tendrán un aumento más reducido del empleo; de hecho, en el sector «Servicios de investigación y desarrollo científico» no aumentará el nivel de empleo ni un solo puesto de trabajo. Estos resultados dispares entre sectores se explican, aparte de por la existencia o no de inversiones directas hacia estos sectores, por las diferencias en la intensidad de mano de obra entre sectores y su mayor o menor participación en los procesos productivos de otros sectores. Así por ejemplo el sector «Servicios de reparación e instalación de maquinaria y equipos» tiene un bajo requerimiento de mano de obra, pero recibe una inversión sustancial, y es por esto que este sector va a generar una buena cantidad de empleo; mientras que el sector «Servicios de alojamiento y de comidas y bebidas» no recibe un solo euro de inversión, pero su intensidad de mano de obra es elevada y produce inputs para sectores que sí han recibido inversión, por lo que, vía efectos indirectos e inducidos, este sector crecerá y generará una cantidad considerable de empleo; y, como último ejemplo, el sector «Productos farmacéuticos de base y sus preparados» ni recibe inversión ni participa en los procesos de producción de los sectores que reciben inversión, de modo que, aunque tuviera una muy elevada intensidad de mano de obra, este sector apenas generará empleo.

Puesto que el PNIEC prevé alcanzar sus objetivos de inversión en un período de diez años, los resultados obtenidos con la metodología expuesta se han dividido entre 10, dando lugar a los datos anuales que se muestran en las tablas, gráficos y anexos. Hay que tener en cuenta, no obstante, que el NGEU podría aplicar, entre sus medidas contempladas, una aceleración del PNIEC de modo que se alcancen sus objetivos no en 10 sino en 4 años. Esto se traduciría en un aumento de su impacto sobre la demanda final de 23.005,40 millones de euros anuales a 57.513,50 millones, equivalentes a un 5,12736% del PIB de 2020 y la creación de 706.650 puestos de trabajo anuales por millón de euros (en vez de 282.660), equivalentes a una reducción de 3,3 puntos porcentuales en la tasa de paro de julio de 2021 (de un 14,3% a un 11%).

## 5. Conclusiones y recomendaciones

En el presente trabajo se ha construido el modelo de Leontief de la economía española, cuyos coeficientes técnicos se han obtenido de los últimos datos disponibles sobre las relaciones input-output del año 2016. El modelo se ha extendido para establecer su conexión con la contabilidad nacional y poder evaluar el impacto macroeconómico de cualquier shock de inversión sobre los diversos sectores de nuestra economía. Lo anterior nos ha permitido obtener una metodología general flexible, implementada en Matlab, que puede ser actualizada a medida que se disponga de nueva información sobre las cuentas nacionales, las TIO o los escenarios de inversión pública.

A modo de ilustración de la metodología elaborada en este trabajo, hemos obtenido el impacto macroeconómico a corto plazo de las actuaciones previstas para la transición energética y la descarbonización de la economía española consignadas en el Plan Nacional Integrado de Energía y Clima 2021-30, y el impacto que podría suponer la transformación de este programa de inversión, orientado en su origen a objetivos de largo plazo de transformación tecnológica, en un programa de recuperación económica después de la crisis del Covid-19. Como se demuestra con la información detallada presentada en el trabajo y en el fichero compartido en su Anexo 2, este impacto será significativo, y la transición energética, acelerada con el aporte de la estrategia europea de recuperación económica del Next Generation EU, estimulará la demanda final de bienes y servicios, traducándose este estímulo en un aumento del empleo en todos los sectores de la economía. Nuestro trabajo también demuestra que, a corto plazo, en los primeros años del plan, es posible reforzar el impacto económico concentrando el esfuerzo inversor en los programas de electrificación, cuyo efecto dinamizador es sustancialmente mayor, en detrimento de la inversión en instalaciones de

captación de energía solar y eólica, pues estos sectores tienen un componente importado muy superior y una intensidad elevada de capital que limita sus efectos de estímulo de la economía y el empleo doméstico a corto plazo.

El análisis presentado en este trabajo debe verse como un primer paso en el desarrollo de metodologías flexibles para la evaluación macroeconómica de políticas públicas. El modelo teórico básico de Leontief, calibrado a los datos de la economía española e implementado en Matlab, es un punto de partida que permite avances en muchas direcciones.

Algunos de estos avances servirán por ejemplo para superar las limitaciones del modelo estático que hemos considerado en este trabajo. Por ejemplo, este método no tiene en cuenta los cambios tecnológicos que deben haberse producido desde la fecha de creación de los datos, 2016, hasta el momento actual y que se producirán como consecuencia de la transición energética, por lo que ignora las variaciones en la eficiencia de los procesos productivos y, por tanto, en los requerimientos de inputs por parte de los diferentes sectores. Esto haría necesario considerar matrices de coeficientes técnicos variables a lo largo del tiempo, construyendo un modelo input-output dinámico que excede el alcance del presente trabajo.

El modelo actual permite desarrollar múltiples análisis de sensibilidad para evaluar los cambios que resultarían de variaciones en el escenario de política considerado (de hecho, el modelo en Matlab permite considerar casi cualquier escenario de inversión y calcular sus impactos de una manera rápida). Dentro de estos análisis quizá el más importante en este tipo de metodologías se refiere al supuesto de que toda la inversión del PNIEC, pública y privada, es inversión adicional, cuando existe la posibilidad de que parte de la inversión se trate, en vez de inversión nueva, de un traslado de inversión desde otros sectores a aquellos que son objetivo de las inversiones del PNIEC, lo cual, de ser cierto, significaría que el impacto total de las inversiones sobre los sectores sería menor de lo que indican los resultados. Evidentemente este es un supuesto extremo cuya validez se limita al más corto plazo de una economía en recesión con capacidades ociosas y elevadas tasas de paro (algo que puede ajustarse a la crisis sanitaria pero que dejará de ser válido a medida que la economía se recupere). Por ese motivo se ha intentado calcular cuál sería el efecto negativo que tendría el desplazamiento de un millón de euros de inversión de la economía española: por cada millón de euros de inversión sustituida, nuestro impacto se tendría que corregir a la baja en una media de 3,07 millones de euros y en 23 puestos de trabajo.

El modelo base presentado en este trabajo se puede extender en muchas direcciones. Además de hacer endógeno el consumo (lo que hemos conseguido con nuestro modelo cerrado y que



nos ha permitido calcular los efectos inducidos de las inversiones públicas), es posible hacer endógeno el comportamiento inversor, cerrando el modelo con fundamentos microeconómicos de la formación de capital. También pueden introducirse nuevos escenarios de transformación estructural de la economía española: por ejemplo, en los próximos años está prevista la entrada al mercado de baterías de coches eléctricos producidas en España, el aumento de la producción nacional de las palas eólicas, el cierre de las centrales térmicas de carbón y nucleares, etc. y los programas de eficiencia energética deberán traducirse en cambios en los coeficientes técnicos de nuestro modelo. Todos los elementos anteriores son abordables mediante extensiones y desarrollos del modelo teórico y de su implementación en Matlab. Más allá de cubrir todos los temas posibles, el presente trabajo pretende sentar las bases que a partir de un modelo básico permita avanzar hacia modelos teóricos más complejos y ambiciosos que respondan a preguntas más relevantes y actuales sobre el papel económico de las políticas públicas.

## Bibliografía

- Andersson, M., Baccianti, C., & Morgan, J. (Junio de 2020). *Climate change and the macro economy*. Obtenido de EUROPEAN CENTRAL BANK. EUROSISTEM:  
<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpops/ecb.op243~2ce3c7c4e1.en.pdf>
- Antonio Peláez, J., de Antonio Lorenzo, P., & Cañizares Pacheco, E. (2012). *Estudios de impacto económico, cómo valorar la repercusión y el retorno de iniciativas e inversiones públicas*. Barcelona. Obtenido de <https://www.pwc.es/es/sector-publico/assets/brochure-estudios-impacto-economico.pdf>
- Arón Fuentes, N., Brugués, A., & González König, G. (2015). MODELO INSUMO-PRODUCTO REGIONAL DINÁMICO. *Revista de Economía, Facultad de Economía, Universidad Autónoma de Yucatán*, 79-107.
- Bañkowski, K., Ferdinandusse, M., Hauptmeier, S., Jacquinet, P., & Valenta, V. (Enero de 2021). *The macroeconomic impact of the Next Generation EU instrument on the euro area*. Obtenido de EUROPEAN CENTRAL BANK. EUROSISTEM:  
<https://www.ecb.europa.eu/pub/pdf/scpops/ecb.op255~9391447a99.en.pdf>
- Cañada Martínez, A. (s.f.). *Una nota sobre coeficientes y modelos multiplicadores a partir del nuevo sistema input/output del SEC-95*. Obtenido de Instituto Nacional de Estadística:  
<https://www.ine.es/daco/daco42/daco4214/cbtc26.pdf>

- CE. (2019). *Un Pacto Verde Europeo*. Obtenido de Comisión Europea:  
[https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_es](https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal_es)
- Cheng, D., & Daniels, P. (2017). Input-output analysis. *International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology: People, the Earth, Environment and Technology*, 1-8.
- Consejo de Ministros. (30 de Julio de 2021). *Planes y medidas laborales, económicas, sociales, etc.* Obtenido de La Moncloa: <https://www.lamoncloa.gob.es/covid-19/Paginas/medidas.aspx>
- D. Miller, R., & D. Blair, P. (2009). *Input-Output Analysis: Foundations and Extensions. Second Edition*. Cambridge University Press.
- Duarte, R., Sánchez-Chóliz, J., & Bielsa, J. (2002). Water use in the Spanish economy: an input-output approach. *Ecological Economics*, 71-85.
- Employment and Social Developments in Europe 2019*. (s.f.).
- ESPAÑA PUEDE. (2021). *Anexo 3. Detalle del análisis de impacto macroeconómico del Plan*. Obtenido de PLAN DE RECUPERACIÓN TRANSFORMACIÓN Y RESILIENCIA.
- Gifreu Font, J. (2019). LA INTEGRACIÓN DE MEDIDAS DE EFICIENCIA ENERGÉTICA EN LA EDIFICACIÓN A LA VISTA DE LOS OBJETIVOS DE LA UE PARA LOS HORIZONTES 2020-2030. LAS REDES DISTRICT HEATING AND COOLING. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 1-55.
- Gómez Gómez, C. M. (23 de Julio de 2020). La recuperación verde y digital: el momento de España. *Expansión*, pág. 38.
- Gómez Gómez, C. M., Azqueta, D., & Parra, E. (2020). *Impactos económicos, sociales y ambientales del borrador del Plan Nacional de Energía y Clima 2021-2030: Evaluación estratégica*. Madrid.
- González González, M. G., Melián Navarro, A., Molina-Martínez, J. M., & Ruiz-Canales, A. (s.f.). *Medidas de ahorro y eficiencia energética de carácter innovador en estaciones depuradoras de aguas residuales*. Obtenido de Universidad de Murcia:  
[https://www.um.es/documents/3456781/3674850/Innovaci%C3%B3n+EDARs\\_Gonzalez.pdf/1fd97982-1b18-4fe8-b56c-f5a2858e8e76](https://www.um.es/documents/3456781/3674850/Innovaci%C3%B3n+EDARs_Gonzalez.pdf/1fd97982-1b18-4fe8-b56c-f5a2858e8e76)

- IDAE. (2005). *Medidas de ahorro y eficiencia energética en la agricultura*. Obtenido de aGROsLab:  
[http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_10255\\_Triptico\\_medidas\\_ahorro\\_y\\_eficiencia\\_agricultura\\_8b926851.pdf](http://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_10255_Triptico_medidas_ahorro_y_eficiencia_agricultura_8b926851.pdf)
- IDAE. (2010). *Contribución del material eléctrico a la eficiencia energética de las instalaciones*. Madrid: AENOR ediciones.
- Lázaro Touza, L., Escribano Francés, G., & Crespi de Valldaura, V. (2020). Transición energética y gobernanza climática en tiempos de pandemia. *Información Comercial Española, ICE: Revista de economía*, 165-183.
- Linares Llamas, P. (2018). *La transición energética*.
- Mendizábal Palacios, J. (2020). El Pacto Verde Europeo y su importancia actual. *Derecho y Cambio Social*.
- Miernyck, W. H. (2020). *The Elements of Input-Output Analysis*. WVU Research Repository.
- MITECO. (2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:  
<https://www.miteco.gob.es/es/prensa/pniec.aspx>
- MITECO. (20 de Enero de 2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Documento completo*. Obtenido de La Moncloa:  
[https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto\\_tcm30-508410.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/pnieccompleto_tcm30-508410.pdf)
- MITECO. (20 de Enero de 2020). *Plan Nacional Integrado de Energía y Clima (PNIEC) 2021-2030. Informe socio-económico*. Obtenido de La Moncloa:  
[https://www.miteco.gob.es/images/es/informesocioeconomicopnieccompleto\\_tcm30-508411.pdf](https://www.miteco.gob.es/images/es/informesocioeconomicopnieccompleto_tcm30-508411.pdf)
- ORFIN. (1 de Julio de 2020). *EL GREEN DEAL EUROPEO Y LA APORTACIÓN DEL SISTEMA FINANCIERO EN LA SALIDA DE LA CRISIS*. Obtenido de OBSERVATORIO DE LA REALIDAD FINANCIERA: <https://orfin.es/wp-content/uploads/2020/07/ORFIN-El-green-deal-europeo-y-la-aportaci%C3%B3n-del-sistema-financiero-en-la-salida-de-la-crisis.pdf>
- Orfin. (2021). *El Green Deal Europeo y la aportación del sistema financiero en la salida de la crisis*.

- Parlamento Europeo. (27 de Mayo de 2020). *Europe's moment: Repair and Prepare for the Next Generation*. Obtenido de EUROPEAN COMMISSION:  
[https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/assessment\\_of\\_economic\\_and\\_investment\\_needs.pdf](https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/economy-finance/assessment_of_economic_and_investment_needs.pdf)
- Pereira, X., & Fernández, M. (2015). ¿Cómo transformar los modelos input-output para calcular multiplicadores netos? *Revista Electrónica de Comunicaciones y Trabajos de ASEPUMA*, 69-89.
- Picek, O. (2020). Spillover Effects From Next Generation EU. *Intereconomics. Review of European Economic Policy*, 325-331.
- Raa, T. T. (2006). *The Economics of Input-Output Analysis*. Nueva York: Cambridge University Press.
- Segovia González, C. J. (2021). *Impacto del Covid-19 en los Recursos Humanos de las empresas*. Grupo SATEC.
- Sevilleja Aceituno, D. (2011). *Eficiencia energética en el sector industrial*. Leganés.
- Soza Amigo, S. A. (2007). *Análisis estructural input-output: antiguos problemas y nuevas soluciones*. Oviedo.
- Terceiro Lomba, J. (2019). Transición energética y sistema financiero. *Revista de estabilidad financiera*, 45-80.
- UNCTAD. (19 de Noviembre de 2020). *Impact of the COVID-19. Pandemic on Trade and Development*. Ginebra: United Nations Publications. Obtenido de  
[https://unctad.org/system/files/official-document/osg2020d1\\_en.pdf](https://unctad.org/system/files/official-document/osg2020d1_en.pdf)

## Anexos

Anexo 1. Enlace para descargar tabla input-output de España de 2016 (sin modificar)

[https://www.ine.es/daco/daco42/cne15/cne\\_tio\\_16.xlsx](https://www.ine.es/daco/daco42/cne15/cne_tio_16.xlsx)

Anexo 2. Enlace para descargar fichero Excel con los resultados obtenidos en este trabajo

<https://1drv.ms/x/s!Aqx0bxXB6xThgblburJd61WoHq4-oQ?e=1NoVm6>

Anexo 3. Código de Matlab para calibrar y simular el modelo de Leontief de la economía española

El siguiente código en Matlab modeliza la economía española como un modelo de Leontief input/output abierto y cerrado a los ingresos y las decisiones de consumo de las familias. Las dos versiones del modelo se calibran con la versión más reciente publicada de las Tablas Input Output españolas (2016) y el modelo calibrado se utiliza para valorar el impacto sobre la actividad económica del plan de inversión asociado a la puesta en práctica del Plan Nacional de Energía y Clima de España (2021-2030).

Los comandos a insertar en Matlab están escritos en cursiva.

### A. MODELIZACIÓN

#### 1. Los datos del modelo básico

Los datos básicos del modelo provienen de la Tabla Input Output más reciente de la economía española correspondiente al año 2016. De esta tabla en Excel se han recuperado las siguientes matrices (cuyos nombres se indican en negrita entre paréntesis) que serán utilizadas para calibrar el modelo básico de Leontief.

- La producción total (**PRODF**). Oferta total de bienes finales e intermedios, vector fila en la matriz IO: 1x62.
- La demanda intermedia (**DDAINT**). Vector columna, por conveniencia para obtener la demanda total.
- Las demandas intersectoriales (**ZIJ**) matriz 62x62.

- La demanda final (**FINALD**). Vector columna con la suma (C+I+G+X-M).

En este paso recuperamos las matrices desde las tablas importadas

*PF=table2array(PRODF); % Crea el vector de producción final a precios básicos con datos de la TIO*

*DI=table2array(DDAINT); % Crea un vector columna con la demanda intermedia total de bienes producidos en cada sector*

*X=PF'; % Convertimos la producción en vector columna*

*Z=table2array(ZIJ); % Crea la matriz de demandas intersectoriales con los datos de la TIO*

*F=table2array(FINALD); % Creamos el vector de demanda de bienes y servicios finales (C+I+G+X-M)*

*Er1=X-F-DI; % Comprobamos la coherencia de los datos X=DI+F (producción igual demanda intermedia más demanda final)*

## **2. El modelo básico de Leontief: calibrado a los datos de la economía española**

En esta sección utilizamos los datos de la sección anterior para obtener la matriz de coeficientes técnicos de la economía española y calibrar el modelo básico de Leontief. Una vez comprobada la viabilidad del ejercicio (o la existencia de la inversa de Leontief), obtenemos el modelo básico (caracterizado por la matriz de Leontief) y lo utilizamos para obtener los datos de la economía española en función de la demanda final de bienes y servicios. Finalmente, comprobamos la precisión del modelo calibrado (comparando la demanda y la oferta total obtenida con los datos de la TIO).

Es decir: comprobamos el modelo de Leontief calculando la producción de cada uno de los sectores (XC) que será necesaria para satisfacer la demanda final ( $F=C+I+G+X-M$ ), mediante el modelo  $XC=(I-A)^{-1}*F=Lx F$

Si no hemos cometido ningún error en el procedimiento anterior el vector XC debe coincidir exactamente con el vector X de la Tabla Input/Output,

*A=Z./X'; % Obtiene la matriz de coeficientes input output*

*Er2=A\*X-DI; % Comprobamos que DI=A\*X (La demanda intermedia es igual a la matriz de coeficientes técnicos por la producción final)*

*I=eye(62); % Matriz identidad 62x62*

$IMA=I-A$ ; % Obtenemos la Matriz (I-A)

$r=\text{rank}(IMA)$ ; % Calculamos su rango, si es 62 se puede obtener la matriz de Leontief

$L=\text{inv}(I-A)$ ; % Matriz de Leontief (o matriz de requerimientos totales)

$Er3=L*F-X$ ; % Comprobamos la precisión del Modelo Básico de Leontief mediante diferencias entre la producción total calculada  $Lx F$  y observada  $X$ .

Conclusión preliminar: Nuestro modelo es muy preciso hasta  $1x10^{(-12)}$ .

Este modelo básico permite evaluar los cambios en la actividad económica derivados de cambios hipotéticos en la demanda final  $F$ .

### 3. Modelo base para simulaciones

Si fuera necesario, es posible definir un escenario base, utilizando el índice cero para la demanda final inicial  $F_0$ , la producción sectorial  $X_0$  y la demanda intermedia  $D_{I0}$ . Para ello sería necesario activar esta sección (eliminado los signos % al inicio de cada línea).

$\%F_0=F$ ; % La demanda final ( $C+I+G+X-M$ ) del escenario base es la demanda inicial

$\%X_0=L*F$ ; % La producción sectorial es igual a la matriz de Leontief multiplicada por la demanda final  $X=(I-A)^{-1}x F$

$\%D_{I0}=A*X_0$ ; % La demanda intermedia sectorial es igual a la matriz de coeficientes por la producción sectorial total

### 4. Multiplicadores sectoriales simples

Un aumento de 1€ en la demanda interior de bienes y servicios de un sector  $i$  produce un efecto directo sobre el ingreso y la producción nacional de 1€ y un efecto directo e indirecto igual al multiplicador sectorial de la producción. Este multiplicador se calcula como la suma de la columna correspondiente de la matriz inversa (D. Miller & D. Blair, 2009).

A continuación calculamos los multiplicadores simples sectoriales que recogen el efecto directo e indirecto de un aumento exógeno de la demanda. Más adelante reformularemos el modelo de Leontief, para que nos permita obtener los multiplicadores totales (que, además de lo anterior, recojan los efectos inducidos a través de los ingresos generados por la producción y la demanda adicional de bienes en el conjunto de la economía).

A continuación utilizamos el modelo de Leontief obtenido en los apartados previos para obtener el multiplicador básico del aumento de la demanda de bienes interiores.

$ONE=ones(1,62)$ ; % Creamos un vector fila de unos para sumar las columnas de la matriz L

$KS=ONE*L$ ; % Obtenemos los multiplicadores básicos sectoriales.

$EI=KS-ONE$ ; % Obtenemos el tamaño del efecto indirecto (de 1€ de aumento de la demanda de bienes interiores en el sector i). El Efecto directo es 1€ y el resto es indirecto.

## 5. Cierre del modelo respecto a las familias

Este paso es necesario para calcular el efecto del aumento del ingreso sobre la demanda de bienes finales y los impactos inducidos sobre la economía.

En este apartado cerramos el modelo para incluir el ingreso de las familias por rentas de trabajo (como una fila adicional en la matriz Input Output) y su gasto en consumo (como una columna). Los datos se cargan como una nueva matriz.

Después de hacer estos cambios en la TIO (ver el fichero de Excel compartido en el Anexo 1), Recuperamos las siguientes cuatro matrices de la TIO (nótese que añadimos la letra C al nombre de las tablas):

- La producción final (**PRODFC**). Vector fila (por conveniencia para calcular los coeficientes IO). Es el mismo vector de producción anterior pero con un componente más igual al consumo total de la economía.
- La demanda intermedia (**DDAINTC**). Vector columna, por conveniencia para obtener la demanda total. Igual a la anterior con un elemento más igual a la suma de las remuneraciones de los trabajadores de la economía.
- Las demandas intersectoriales (**ZIJC**). Matriz 63x63
- La demanda final modificada (**FINALDC**). Vector columna con la suma (I+G+X-M).

A continuación:

- Recuperamos las matrices de las tablas importadas.
- Calculamos la nueva matriz de coeficientes técnicos.
- Obtenemos la matriz inversa de Leontief **LC**.

Calculamos los nuevos multiplicadores totales y deducimos los efectos inducidos restando el multiplicador simple obtenido en el apartado 5.1.

### 5.1. Carga de datos



*PFC=table2array(PRODFC); % Carga el nuevo vector de Produccion final*

*DIC=table2array(DDAINTC); % Carga vector columna de demanda intermedia total de bienes y de consumo*

*XC=PFC'; % Convertimos la producción en vector columna*

*ZC=table2array(ZIJC); % Crea la matriz de demandas intersectoriales incluyendo una fila para la remuneración del trabajo y una columna para el consumo*

*FC=table2array(FINALDC); % Creamos el vector de demanda final excluyendo el consumo (I+G+X-M).*

## **5.2. Nuevo modelo calibrado: Leontief cerrado**

*AC = ZC./XC'; % Obtiene la nueva matriz de coeficientes input output*

*IC=eye(63); % Matriz identidad 63x63*

*IMAC=IC-AC; % Obtenemos la Matriz (IC-AC)*

*rc=rank(IMAC); % Calculamos su rango, si es 63 se puede obtener la matriz de Leontief*

*LC=inv(IMAC); % Matriz de Leontief (o matriz de requerimientos totales)*

*% Probamos la coherencia de los datos*

*FCC=IMAC\*XC;*

*DICC=AC\*XC;*

*XCC=LC\*FC;*

*Er4=FCC-FC ;% Prueba de que la producción total no ha cambiado*

*Er5=DICC-DIC; % Esto debe ser cero Pero como puede comprobarse Matlab tiene pequeños errores (los datos son precisos hasta la décima cifra decimal)*

*Er6=XCC-XC ; % Esto debería ser una vector de ceros porque DIC es AC\*XC (Y lo es: precisión hasta el 12 decimal)*

## **5.3. Cálculo de multiplicador total**

En este paso se obtiene el multiplicador total y se calculan los multiplicadores que miden los tres impactos (directo, indirecto, e inducidos) que se presentan desglosados en una matriz K 62x3.

*ONEC=ones(1,63); % Creamos un vector fila de unos para sumar las columnas de la matriz L*

*KT=ONEC\*LC; % Obtenemos los multiplicadores totales sectoriales.*

*KT(:,63) = []; % Eliminamos el elemento 63 (correspondiente al sector de hogares)*

*K = [ONE;KS;KT]; % reunimos los tres efectos totales del aumento de la demanda de bienes nacionales en una matriz de tres filas y 62 columnas*

*K=K'; % transformamos a columnas*

*% writematrix(K,'Multip.xls'); % Exportamos a Excel*

## **B. SIMULACIÓN**

A continuación se desarrollan distintos ejercicios de simulación (no necesariamente relacionados entre sí). Los distintos casos se ilustran con los datos del Plan Nacional de Energía y Clima 2021-30.

### **Caso 1: impacto económico de un aumento de la inversión en un euro**

Se trata de responder dos preguntas:

1. ¿Qué efecto tendrá sobre la actividad económica el aumento/disminución de la inversión en un millón de euros?
2. ¿Cómo se distribuirá este efecto en los distintos sectores de la economía?

La respuesta a la primera pregunta se puede obtener utilizando los multiplicadores (en realidad solo es necesario el multiplicador total, aunque puede resultar interesante descomponer los impactos —directo, indirecto e inducido—).

#### **1.1. Escenario a evaluar: datos**

Como caso de referencia suponemos un aumento de un millón de euros en el gasto de inversión, distribuido entre los 62 sectores de la economía de la misma manera que la Formación Bruta de Capital Fijo en la TIO de referencia del año 2016 representado en un vector DI 62x1 cuyos componentes suman 1. También es necesario incorporar el componente importado del gasto de inversión por sector CIMP 62x1.

Pero para resolver la segunda pregunta solo hay una posibilidad: utilizar el modelo de Leontief (en realidad, la respuesta a esta segunda pregunta contiene también la respuesta a la primera). En este ejercicio utilizaremos los dos métodos para comprobar sus ventajas y

equivalencias. Los datos provienen del fichero Excel (TIO columnas CF y BW filas 10 a 71) y se obtienen utilizando la herramienta «Import Data».

Conclusión: Como puede observarse un aumento de un millón de euros de inversión (a precios de 2016) genera un aumento de 3,1123 millones de euros en el conjunto de la actividad económica.

*Dinv=table2array(DInv); % Crea el vector de suma 1 de variación de la inversión*

*CImp=table2array(CIMP); % Vector de componente importado de la demanda sectorial*

*ONEC=ones(62,1); % Creamos un vector columna de unos para obtener el componente de demanda de bienes nacionales (1-CIMP)*

*Cnac=ONE'-CImp; % Obtenemos el impacto directo de un euro de aumento de la demanda*

## **1.2 Cálculos mediante el uso de multiplicadores**

Esta metodología nos permite calcular el impacto que tendrá sobre la economía en su conjunto el aumento de la demanda final de bienes y servicios de uno o varios sectores (pero no nos permite ver en qué sectores de la economía se produce ese impacto).

Como se puede observar el aumento de la inversión en un millón de euros, genera un efecto directo de 0,8060 millones, uno indirecto de 1,0017 millones (por la demanda de bienes intermedios para satisfacer el aumento de la demanda final) y un impacto inducido de 1,3046 millones (por el aumento de los ingresos y la demanda resultante de bienes y servicios de consumo final). El impacto total para el conjunto de la economía es de 3,1123 millones de euros. La matriz IMP1 62x4 permite observar a qué sectores se puede atribuir el origen de esos impactos

*IMINV1D=Dinv.\*Cnac; % Es el impacto directo calculado con el multiplicador*

*IMINV1I=Dinv.\*Cnac.\*EI'; % Obtenemos el impacto Indirecto sectorial por el método del multiplicador total*

*IMINV1=Dinv.\*Cnac.\*KT'; % Obtenemos el impacto total sectorial por el método del multiplicador total*

*IMINV1Indu=IMINV1-IMINV1I-IMINV1D; % Obtenemos el impacto inducido sectorial (método multiplicador)*

*IMP1=[IMINV1D,IMINV1I,IMINV1Indu,IMINV1]; % reunimos todos los impactos en una matriz*

*Impact1=ONE\*IMP1*

*% writematrix(K,'ImpactDInv.xls'); % Exportamos a Excel*

### **1.3 Cálculo mediante el modelo de Leontief**

Como hemos mencionado arriba, a diferencia del cálculo mediante multiplicadores, el modelo de Leontief nos aporta información sobre el efecto que irradia la inversión sobre todos los sectores de la economía. Aunque en un sector no se produzca un aumento de la inversión, este sector si se beneficiará de, primero, la demanda de bienes intermedios para permitir el aumento de la inversión en otros sectores y, segundo, la demanda adicional de bienes finales resultante del aumento del consumo y de los ingresos del conjunto de las familias de la economía.

Como puede observarse, los impactos son del mismo tamaño (que los que se obtienen mediante los multiplicadores), pero el modelo de Leontief nos da información detallada sobre qué sectores y en qué medida se benefician de la expansión económica (mientras que los multiplicadores sólo nos dicen en qué sectores se origina esa expansión).

*Dinv(63,1)=0; % añadimos un elemento al vector de inversión para utilizar el modelo Leontief cerrado*

*Cnac(63,1)=1; % lo mismo para el componente no importado de la demanda doméstica*

*ONEC(63,1)=1 ; %*

*L(63,63)=0; % ampliamos la Matriz de Leontief para acomodar el sector familias*

*IMINV2D=Dinv.\*Cnac; % Impacto directo*

*IMINV2IS=L\*(Dinv.\*Cnac); % Impacto "simple" con el modelo básico de Leontief*

*IMINV2I=IMINV2IS-IMINV2D; % Impacto indirecto*

*IMINV2T=LC\*(Dinv.\*Cnac); % Obtenemos el impacto total por sector con el Modelo cerrado*

*IMINV2Indu=IMINV2T-IMINV2IS; % Impacto inducido*

*IMP2=[IMINV2D,IMINV2I,IMINV2Indu,IMINV2T]; % Reunimos todos los impactos en una matriz*

*Impact2=ONEC\*IMP2*

*% writematrix(K,'ImpactDInv.xls'); % Exportamos a Excel*

### **Caso 2: Escenario PNIEC**

## 2.1 Datos

Cargamos los datos con la herramienta Import de Excel. Estos consisten en:

Una matriz/tabla de aumento de la inversión INVData 62x5 con la inversión prevista desglosado por programas (Eficiencia energética; Energías renovables; Redes; Electrificación; Total), a precios de 2020. Columnas AA-AE en Excel.

Una matriz/tabla de componente Importado de la demanda de inversión CIMP2Data 52x5, por sectores y programas de PNIEC. Columnas AG-AK en Excel.

*INV=table2array(INVData); % Crea la matriz tabla de aumento de la inversión*

*CIMP2=table2array(CIMP2Data); % Vector de componente importado de la demanda sectorial*

*ONEP=ones(62,5); % Creamos un vector columna de unos para obtener el componente de demanda de bienes nacionales (1-CIMP)*

*CNACP=ONEP-CIMP2; % Obtenemos el impacto directo de un euro de aumento de la demanda*

## 2.2 CÁLCULOS DEL IMPACTO DE LA INVERSIÓN TOTAL

### 2.2.1. Cálculo mediante los multiplicadores

*INVT= INV(:,5) ;%Selecciona la quinta columna (donde se encuentra la inversión total del PNIEC por sector*

*CNACT=CNACP(:,5); % Selecciona la quinta columna del componente de demanda de bienes nacionales de la inv. de cada sector*

*IINVTd=INVT.\*CNACT; % Obtenemos la demanda de bienes producidos en el país (Impacto directo)*

*IINVTi1=IINVTd.\*EI'; % Obtenemos el impacto Indirecto sectorial por el método del multiplicador total*

*IINVTt1=IINVTd.\*KT'; % Obtenemos el impacto total sectorial por el método del multiplicador total*

*IINVTin1=IINVTt1-IINVTi1-IINVTd; % Obtenemos el impacto inducido sectorial (método multiplicador)*

*IMPINVT1=[IINVTd,IINVTi1,IINVTin1,IINVTt1]; % reunimos todos los impactos en una matriz*

*ImpactP1=ONE\*IMPINVT1*

*writematrix(IMPINVT1,'ImpactP1.xls'); % Exportamos a Excel*

### **2.2.2. Cálculo mediante el modelo de Leontief**

*INVT(63,1)=0; % añadimos una fila al vector de inversión para utilizar el modelo Leontief cerrado*

*CNACT(63,1)=1; % lo mismo para el componente no importado de la demanda doméstica*

*ONEC(63,1)=1 ; %*

*L(63,63)=0; % ampliamos la Matriz de Leontief para acomodar el sector familias*

*IINVTd(63,1)=0; % lo mismo para el impacto directo (o la demanda de bienes interiores de la inversión total del PNIEC)*

*IINVTs2=L\*IINVTd; % Impacto "simple" con el modelo básico de Leontief*

*IINVTi2=IINVTs2-IINVTd; % Impacto indirecto*

*IINVTt2=LC\*IINVTd; % Obtenemos el impacto total por sector con el Modelo cerrado*

*IINVTin2=IINVTt2-IINVTs2; % Impacto inducido*

*IMPINVT2=[IINVTd,IINVTi2,IINVTin2,IINVTt2]; % Reunimos todos los impactos en una matriz*

*ImpactP2=ONEC\*IMPINVT2*

*writematrix(IMPINVT2,'ImpactP2.xls'); % Exportamos a Excel*