

UNIVERSIDAD DEL BÍO-BÍO  
Facultad de Ciencias Empresariales  
Departamento de Economía y Finanzas



MEMORIA PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO COMERCIAL

DERIVACIÓN DE MATRIZ DE ENERGÍA INVERSA (111X111)  
NACIONAL, PERÍODO 2014: ANÁLISIS DE IMPACTO Y  
CLASIFICACIÓN DE SECTORES.

ALUMNO: JAVIER IGNACIO CASTILLO CRUCES

PROFESOR GUÍA: OSVALDO PINO ARRIAGADA

CONCEPCIÓN, 2019

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero agradecer a mis padres Jorge y Sandra por ser un apoyo incondicional en todo este proceso y ayudarme a cumplir mis sueños.*

*A mi hermano Fabian que con su interés, apoyo y enseñanzas constantes ha contribuido en mi formación personal y profesional.*

*A mi mejor amiga Ayline quien me acompañó, brindó palabras de ánimo y me entregó su apoyo en todo momento.*

*A Constanza quien se ha convertido en una compañera de vida y día a día me guía al cumplimiento de mis objetivos e impulsa a buscar nuevos desafíos.*

*Al profesor Osvaldo por brindarme su apoyo y confiar en mí en este proceso.*

## **RESUMEN**

En esta investigación se construye por medio de la utilización de tablas insumo-producto una matriz de energía nacional, año 2014 a 111x111 actividades, para analizar la determinación de sectores *clave* en el consumo de energía final, utilizando una metodología basada en las elasticidades de la demanda final. Esta metodología se aplica a la economía chilena permitiendo indicar, la relación entre consumo de energía final y aporte al valor agregado, determinar actividades con mayor consumo de energía final, así como las responsabilidades en mayor o menor cuantía de los distintos sectores productivos (B,A,D y C) en el consumo final de energía, se pone particular énfasis en los sectores que mayor consumo final generan en la economía teniendo mayor implicancia para la política energética chilena.

**Palabras claves:** Insumo-Producto, Elasticidad de la demanda final de energía, Sectores claves.

## ÍNDICE GENERAL

<b>CAPÍTULO I</b> .....	7
<b>ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	7
<b>1.1. Introducción</b> .....	7
<b>1.2. Contextualización</b> .....	11
<b>1.3. Implicancias de la investigación</b> .....	21
<b>1.4. Objetivos de la investigación</b> .....	22
<b>1.4.1. Objetivo General</b> .....	22
<b>1.4.2. Objetivos Específicos</b> .....	22
<b>CAPÍTULO II</b> .....	24
<b>REVISIÓN DE LA LITERATURA</b> .....	24
<b>2.1. Desarrollo histórico del modelo insumo-producto</b> .....	24
<b>2.2. Desarrollo conceptual del modelo insumo-producto</b> .....	27
<b>2.3. Modelo simplificado de Leontief</b> .....	34
<b>2.4. Multiplicadores y encadenamientos</b> .....	45
<b>2.4.1. Multiplicador de producción</b> .....	47
<b>2.4.2. Multiplicador de oferta o de inputs</b> .....	47
<b>2.4.3. Multiplicador de una expansión uniforme de demanda</b> .....	48
<b>2.4.4. Multiplicador de una expansión uniforme de los inputs primarios</b> .....	48
<b>2.4.5. Coeficientes de Rasmussen</b> .....	49
<b>2.5. Desarrollo del modelo insumo-producto energético</b> .....	51
<b>CAPÍTULO III</b> .....	56
<b>METODOLOGÍA</b> .....	56
<b>3.1. Vector de Conversión de energía</b> .....	56
<b>3.2. Impacto total y sectorial del consumo energético</b> .....	59
<b>3.3. Clasificación de sectores</b> .....	61
<b>3.4. Balance Nacional de Energía (BNE) 2014</b> .....	62
<b>3.5. Procesamiento de información</b> .....	63
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	65
<b>RESULTADOS Y RECOMENDACIONES</b> .....	65
<b>4.1. Análisis de resultados</b> .....	65
<b>CAPÍTULO V</b> .....	80
<b>CONCLUSIONES</b> .....	80
<b>5.1 Comentarios y conclusiones finales</b> .....	80

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	83
<b>ANEXOS</b> .....	88

### ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1: Consumo Energético Primario per cápita por países, en Tep, año 2014.</b> .....	12
<b>Tabla 2: Consumo final total por recurso empleado en Ktep para el año 2014.</b> .....	13
<b>Tabla 3: Evolución del Consumo Per Cápita en Chile de Energía Primaria en Tep desde el año 2000 al 2016 y variación porcentual.</b> .....	14
<b>Tabla 4: Porcentaje de proyectos de generación eléctrica en construcción entre 2007 y 2017.</b> 15	
<b>Tabla 5: Capacidad de generación eléctrica neta instalada por sistema entre los años 2007-2017 en MW.</b> .....	18
<b>Tabla 6: Evolución de la demanda horaria SIC y SING en MW.</b> .....	19
<b>Tabla 7: Evolución de la Oferta de Energía Primaria y Consumo Final en Chile desde el año 2006 al 2016 en TCal.</b> .....	19
<b>Tabla 8: Distribución del consumo final de energía primaria y secundaria por región y sector que lo consume 2015.</b> .....	20
<b>Tabla 9: Consumo final de energía según sectores de producción agregados en primario, secundario y terciario para el año 2014.</b> .....	66
<b>Tabla 10: Consumo final de energía por actividades con mayor consumo año 2014.</b> .....	67
<b>Tabla 11: Impacto Total, Distributivo y clasificación de actividades.</b> .....	69
<b>Tabla 12: Impactos de las actividades del sector clave (grupo B).</b> .....	73
<b>Tabla 13: Impactos de las actividades del sector relevante (grupo A).</b> .....	75
<b>Tabla 14: Impactos de las actividades del sector significativo (grupo D).</b> .....	76
<b>Tabla 15: Impactos de las actividades del sector poco relevante (grupo C).</b> .....	77
<b>Tabla 16: Consumo de energía final en Tcal según clasificación de grupos.</b> .....	78

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1:Matriz energética primaria.....</b>	<b>16</b>
<b>Figura 2: Matriz energética secundaria .....</b>	<b>17</b>
<b>Figura 3: Situación de la ciencia económica y sus posibilidades de cuantificación.....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 4: Esquema de la Matriz Nacional Insumo-Producto. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 5: Clasificación de Sectores Económicos según Alcántara y Padilla.....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 6: Sectores con mayor consumo energético final.....</b>	<b>68</b>
<b>Figura 7: Balance Nacional de Energía en Tera Calorías (Tcal). ....</b>	<b>69</b>
<b>Figura 8: Aporte al valor agregado y consumo final de energía según clasificación de sectores.....</b>	<b>79</b>

## CAPÍTULO I

### ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

#### 1.1. Introducción

Según Garrido (2009) uno de los principales impulsores de nuestra evolución es sin lugar a dudas, la energía. Esta ha hecho posible que el ser humano haya poblado prácticamente la totalidad de la superficie del planeta y desarrollado tecnologías en beneficio a su bien estar.

La energía se define como la capacidad para realizar un trabajo, la cual hace posible el desplazamiento, cultivar alimentos, fabricar maquinarias que trabajen para el ser humano, con el objeto de hacer más sencillas las tareas diarias. Por lo tanto, la energía es, en definitiva, fuente de desarrollo.

En el comienzo de la humanidad el día a día se desarrollaba básicamente en torno a la búsqueda de alimentos y la sobrevivencia ante letales depredadores y condiciones extremas. La humanidad en ese entonces solo se valía de la energía que adquiría de los alimentos y el descanso para realizar sus actividades.

Con el paso del tiempo se produjo el descubrimiento del fuego, el cual les proporcionaba calor, con el podían llegar a zonas más frías, cocinar los alimentos, iluminar zonas donde la oscuridad de la noche no lo permitía haciendo que sus actividades se extendieran más allá de la puesta de sol. El fuego junto a la utilización de la madera como combustible entrego utilidad y comodidad al ser humano, dando un paso hacia al desarrollo.

En algún momento de la prehistoria los habitantes de la tierra comprendieron que la domesticación de animales y uso de estos para el transporte y el cultivo, disminuía el esfuerzo

generado por ellos para realizar estas tareas, aumentando la productividad y permitiéndoles desarrollar nuevas actividades como el artesanado, la fabricación de herramientas y maquinarias rudimentarias.

Posteriormente, el ser humano comenzó a desarrollar otras fuentes de energía, principalmente el uso del viento y el agua para el desarrollo de la agricultura, mejorando los procesos de la trilla y el regadío de cultivos gracias a los molinos instalados en las cercanías de los campos.

El uso de la madera como combustible para hacer fuego y materia prima para crear nuevas herramientas y maquinaria provocó lo que se podría llamar la primera crisis energética que llevó a Europa a emprender viajes en busca de materias primas y fuentes de energía para seguir desarrollando su forma de vida. La escasez de madera trajo consigo el aumento del consumo de una fuente de energía conocida pero poco utilizada en ese momento, el carbón mineral, el cual servía para sustituir los usos energéticos de la madera.

La propia extracción del carbón mineral llevó al ser humano a desarrollar nuevas ideas de acceder a estas reservas de mineral, creando así máquinas de vapor que posteriormente dieron lugar a la revolución industrial, extendiendo su aplicación a muchas actividades como imprentas, fábricas de tela, construcción de vías férreas y la consagración del comercio internacional gracias al barco de vapor.

Las economías cambiaron radicalmente con el pasar del tiempo, pasaron de preocuparse por una producción local y autosuficiente a depender del comercio entre naciones y el intercambio de materias primas. En este contexto surge una nueva fuente de energía, el petróleo, que vuelve a impulsar el desarrollo de la sociedad principalmente en el siglo XX.

Su utilización resaltó en el sector transporte debido a los nuevos inventos del motor de explosión y del automóvil, cambiando radicalmente la concepción del desplazamiento a gran escala como a escala individual o familiar. También tuvo un gran impacto en la agricultura incrementando la productividad de los campos con la utilización de fertilizantes nitrogenados, desarrollo de herbicidas y pesticidas basados en productos petroquímicos, así como el comienzo de la utilización de tractores y otras máquinas motorizadas para el cultivo del campo.

Actualmente la energía predilecta es sin duda la electricidad que no es una fuente primaria<sup>1</sup>, sino que procede de la transformación de alguna de las fuentes primarias conocidas, como el carbón, petróleo, gas natural, viento, agua, sol, principalmente. Esta forma de energía refinada es particularmente versátil, que gracias a un desarrollo impresionante de máquinas eléctricas sus aplicaciones son prácticamente ilimitadas en aparatos como lavadoras, bombillas, taladros, soldadoras, tornos, herramientas eléctricas, hornos metalúrgicos, bombas para riego, grúas, ascensores y un larguísimo etcétera. Y sin mencionar las nuevas aplicaciones tecnológicas en la electrónica y nanotecnología que ha propiciado una nueva revolución debido a nuevas tecnologías de la información con la cual podemos almacenar miles de millones de datos en un aparato del tamaño de nuestras uñas y realizar intercambios de información en tiempo real.

No cabe duda que la electricidad ha mejorado ampliamente nuestro estilo de vidas, las ha hecho más fáciles, más cómodas, y en conjunto a las demás fuentes de energía, han impulsado

---

<sup>1</sup> Energía primaria es aquella energía disponible en la naturaleza, antes de ser convertida o transformada. Existen dos grupos: energías primarias no renovables como el petróleo, carbón, gas y energías primarias renovables como la energía solar, hidráulica, eólica, biomasa y térmica.

y siguen impulsado el crecimiento y desarrollo de la humanidad en todo el mundo, generando una dependencia total de estas.

Como hemos visto el uso de la energía se remonta al inicio de nuestra historia, y en la actualidad, Chile carece de estudios que puedan dar cuenta de la magnitud de las interrelaciones en términos de energía que existen en toda la economía, así como las responsabilidades que recaen en las diferentes industrias.

Schushny en 2005 menciona que el análisis de las interrelaciones por medio de una matriz insumo-producto (MIP) no está exenta de limitaciones y críticas, pero trabajar con ellas resulta sumamente simple en comparación con otros sofisticados modelos que ofrece la teoría económica. Esto es particularmente importante, cuando se trata de analizar temas de contingencia que no permiten, por la premura, trabajar con otros modelos. Por otro lado, el nivel de desagregación que se alcanza con el análisis de insumo-producto (IP) difícilmente pueda ser superado por otras metodologías.

Por ello, el objetivo primordial de este estudio es entregar a los tomadores de política una MIP de energía en su máxima desagregación (111x111 actividades) para el año 2014, con el fin de responsabilizar a las diferentes industrias de su impacto energético ante variaciones en la demanda final.

El trabajo se divide en cinco capítulos. Posterior a la introducción del tema, el segundo capítulo desarrolla el método insumo-producto y su implicancia en el análisis económico. El tercer capítulo presenta el método desde un punto de vista energético, encadenamientos, multiplicadores y la clasificación de sectores según los impactos generados en la economía. Además, da cuenta del procesamiento de las bases de datos y las fuentes de información

utilizadas en el estudio. En el cuarto capítulo se analizan y presentan los principales hallazgos en la matriz energética a nivel nacional, finalmente, se presentan las conclusiones junto a los comentarios y recomendaciones finales del estudio.

## **1.2. Contextualización**

El informe Energía 2050 entregado por el Ministerio de Energía menciona que internacionalmente el contexto energético se encuentra marcado por tres fenómenos. El primero se debe a la revolución tecnológica en el ámbito de la energía renovable, lo cual está modificando la histórica composición de la matriz energética de los países. Al impacto de estos cambios tecnológicos, se suma el crecimiento en el intercambio de energía en los mercados internacionales y a través de las integraciones energéticas regionales. Por otra parte, la incorporación de electricidad a nuevas actividades plantea desafíos en cuanto al incremento de la demanda eléctrica y del potencial de eficiencia energética.

Un tercer fenómeno es la preocupación de la comunidad internacional que busca descarbonizar la matriz energética mundial con el objeto de reducir suficientemente las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI).

Este informe (energía 2050) señala además que en los últimos 40 años el consumo y producción energética se han duplicado, teniendo como factores determinantes de este aumento, entre otros, el crecimiento económico mundial, el incremento de la capacidad productiva de los países, el mayor tamaño del sector transporte y un aumento de la población mundial.

Chile según la International Energy Agency (IEA) al año 2014 se encuentra sobre la media mundial en consumo de energía primaria per cápita, además, se observa a Estados Unidos con una media de 6,93 y China con 2,17 Toneladas equivalentes de petróleo<sup>2</sup>.

**Tabla 1: Consumo Energético Primario per cápita por países, en Tep, año 2014**

País	Consumo energético per cápita (Tep) año 2014
Qatar	18,42
Emiratos Árabes Unidos	8,19
EE.UU	6,93
Alemania	3,78
Japón	3,44
China	2,17
Chile	1,95
Media mundial	1,88
México	1,57
Brasil	1,48
Egipto	0,87
Bangladesh	0,22

Fuente: Elaboración propia utilizando datos entregados por la International Energy Agency (IEA).

La Tabla 2 enseña el consumo final total de energía en Ktep<sup>3</sup>, encabezado por China y Estados Unidos. Teniendo en cuenta que el consumo de energía per cápita nos entrega una visión del consumo por habitante y las necesidades directas de energía por persona, no debemos precipitar conjetura alguna, ya que los consumos finales de energía son mucho más elevados y se distorsionan por la cantidad de habitantes en cada país.

<sup>2</sup> 1 Tep = 11,62951 MWh.

<sup>3</sup> Kilo Tonelada Equivalente de Petróleo.

**Tabla 2: Consumo final total por recurso empleado en Ktep para el año 2014**

País	Carbón	Petróleo crudo	Productos del Petróleo	Gas Natural	ERNC <sup>4</sup>	Biocombustibles y residuos	Electricidad	Calor	Total
Consumo mundial	1.099.132	17.260	3.736.201	1.419.985	38.300	1.037.301	1.711.592	272.696	9.332.467
China	761.850	3.869	450.333	105.833	27.294	92.491	409.259	78.164	1.929.093
EE.UU	22.205	0	722.433	351.906	2.478	82.209	325.791	5.594	1.512.616
Japón	22.102	0	154.874	33.614	463	5.931	82.567	516	300.067
Brasil	7.558	0	109.935	12.663	618	58.415	43.059	0	232.248
Alemania	6.788	0	92.099	49.957	710	13.534	44.096	9.150	216.334
México	2.610	0	73.068	14.195	193	6.970	21.687	0	118.723
Egipto	199	0	30.135	9.021	0	1.756	12.609	0	53.720
Emiratos Árabes Unidos	1.973	0	16.600	23.701	0	0	8.676	0	50.950
Bangladesh	643	0	3.797	8.199	0	9.060	3.952	0	25.651
Chile	153	0	13.643	1.290	30	4.023	5.774	0	24.913
Qatar	0	0	7.689	7.632	0	0	2.905	0	18.226

Fuente: Elaboración propia utilizando datos entregados por la International Energy Agency (IEA).

Si observamos en la Tabla 3 cómo ha evolucionado el consumo per cápita de Chile en 10 años, específicamente desde el 2006 al 2016 es posible ver un notorio aumento. La variación entre el año 2006 y 2016 es de 15% para Chile y para la media mundial es de 2,7% que indica claramente los pasos gigantes que Chile ha dado en los últimos años sobre materia energética para conseguir desarrollo, crecimiento y ser más atractivo ante posibles llegadas de capitales extranjeros.

<sup>4</sup> Energías Renovables No Convencionales y se entenderán como todas aquellas fuentes de energías en las cuales no se incurran en un gasto u agotamiento de su fuente generadora.

**Tabla 3: Evolución del Consumo Per Cápita en Chile de Energía Primaria en Tep desde el año 2000 al 2016 y variación porcentual**

Año	Chile		Mundo	
	Consumo per cápita	Var. Porcentual	Consumo per cápita	Var. Porcentual
2006	1,80	3,4%	1,80	1,7%
2007	1,85	2,8%	1,82	1,1%
2008	1,81	-2,2%	1,82	0,0%
2009	1,74	-3,9%	1,78	-2,2%
2010	1,80	3,4%	1,86	4,5%
2011	1,95	8,3%	1,87	0,5%
2012	2,13	9,2%	1,87	0,0%
2013	2,18	2,3%	1,87	0,0%
2014	1,95	-10,6%	1,88	0,5%
2015	1,97	1,0%	1,86	-1,1%
2016	2,07	5,1%	1,85	-0,5%

Fuente: Elaboración propia utilizando datos entregados por la International Energy Agency (IEA).

Este afán por conseguir el desarrollo de la nación y mejorar de esta manera el bien estar de su población ha llevado a la construcción continua de nuevos proyectos de generación eléctrica como lo muestra la Tabla 4, de inmediato es relevante resaltar el cambio en la tecnología empleada para obtener energía eléctrica pasando de una producción mayoritariamente convencional en el 2007 con combustibles fósiles a una producción mayoritariamente no convencional en el 2017. Esta situación se debe principalmente a la clara relación que tiene el uso de los combustibles fósiles con los niveles de contaminación que se propagan por el territorio como gases de efecto invernadero, principalmente CO<sub>2</sub>.

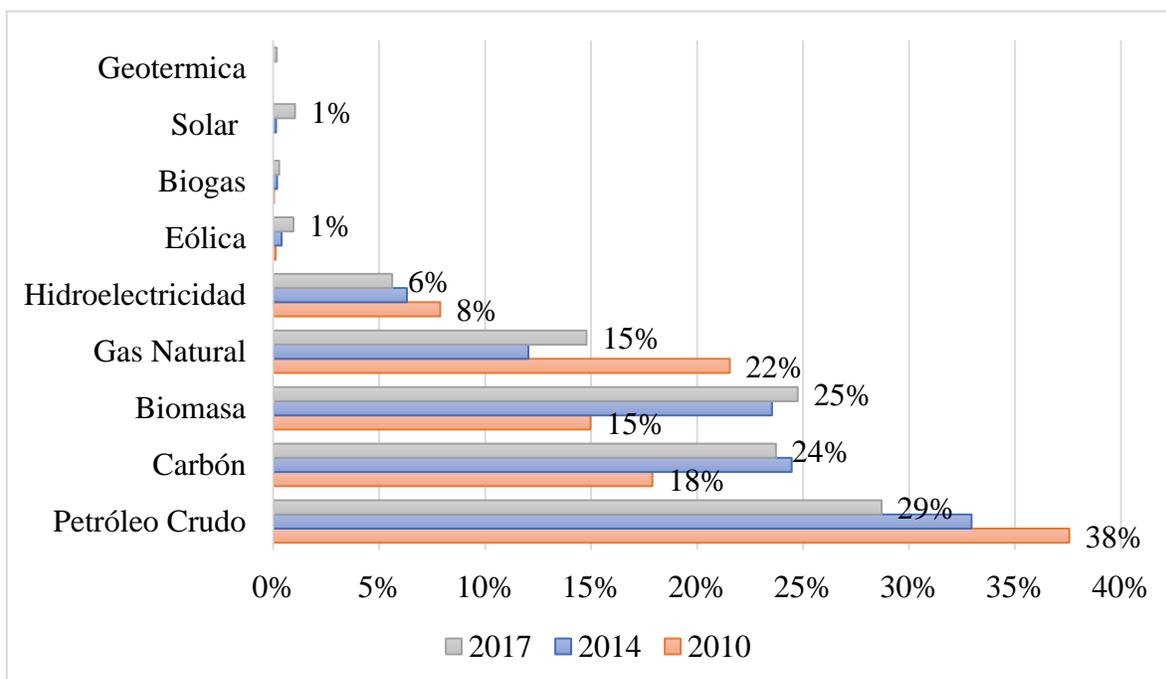
**Tabla 4: Porcentaje de proyectos de generación eléctrica en construcción entre 2007 y 2017**

Año	Convencional	ERNC	Total MW
2007	98%	2%	2.691
2008	95%	5%	4.239
2009	95%	5%	4.147
2010	94%	6%	3.022
2011	82%	18%	2.670
2012	73%	27%	1.845
2013	67%	33%	2.671
2014	53%	47%	4.492
2015	46%	54%	4.908
2016	48%	52%	6.380
2017	49%	51%	3.140

Fuente: Elaboración propia utilizando Anuario Estadístico de Energía 2017, Comisión Nacional de Energía.

Según el Balance Nacional de Energía 2014 los principales energéticos primarios después del petróleo (32,9%), corresponden al carbón (24,5%) y a leña y biomasa (23,5%), siendo esta última preeminencia una característica particular del país, junto con una participación de la hidroelectricidad (6,3%) en la matriz mayor que en otros países. Es destacable que un 96% del petróleo es importado, mientras la biomasa es el principal energético local.

**Figura 1: Matriz energética primaria**



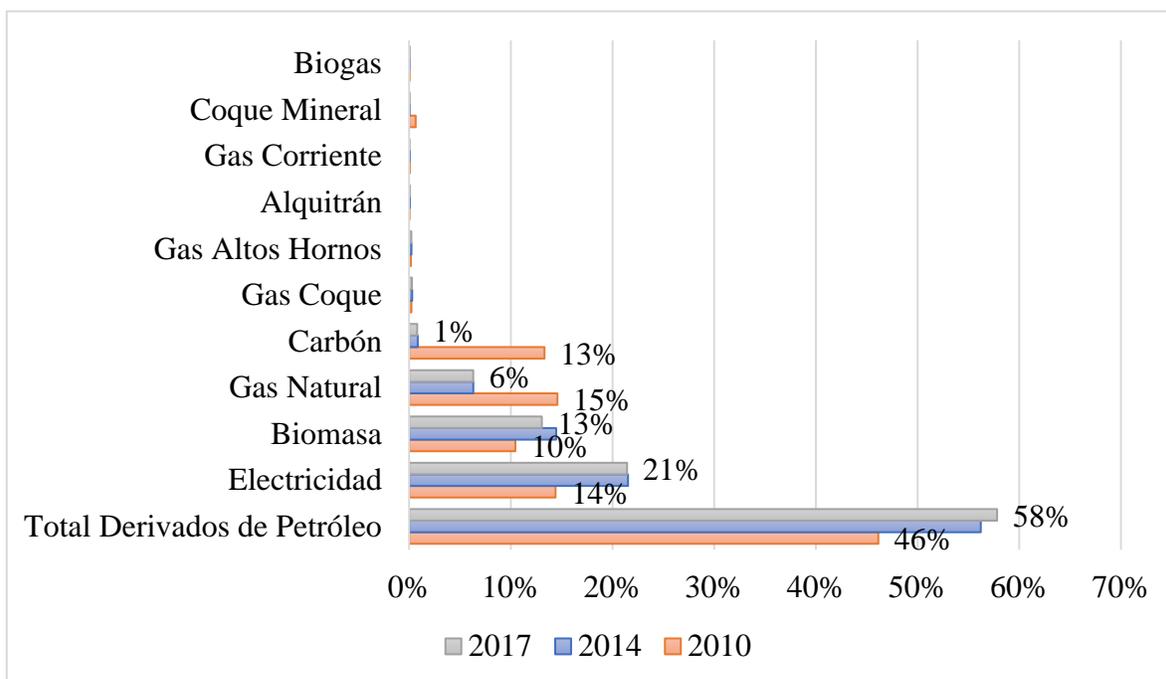
Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2010-2017.

En un periodo de 7 años Chile ha cambia su matriz primaria de energía disminuyendo en un 9% el petróleo crudo y un 7% el gas natural, sin embargo, ha aumentado considerablemente el uso de carbón un 6% y biomasa en un 10%, una contradicción con los fenómenos internacionales que menciona el informe de energía 2050, en específico el de descarbonizar la matriz energética.

En Chile según la Figura 2 la participación de la biomasa y la electricidad en la matriz de consumo energético final también ha crecido en un 3% y 7% respectivamente, pero aún continúa por debajo de los derivados del petróleo que concentra el 58% del consumo de energía secundaria<sup>5</sup>, con un aumento del 12% entre el 2010 y 2017.

<sup>5</sup> Productos energéticos que se obtienen mediante la transformación de fuentes de origen primario o de otras fuentes secundarias.

**Figura 2: Matriz energética secundaria**



Fuente: Elaboración propia con datos del Balance Nacional de Energía 2010-2017.

La generación eléctrica bruta mostrada en la Tabla 5 especifica que durante el año 2017 el SIC<sup>6</sup> alcanzó un total de 54.894 GWh (que es el 73,5% del total generado) y se compone de un 46,2% termoelectricidad, 36,0% hidráulica convencional y un 17,8% ERNC. Por su parte, en el SING<sup>7</sup> se generaron 19.242 GWh (25,8% del total) categorizados en un 88,9% termoelectricidad y un 11,1% ERNC. Los sistemas en conjunto (incluyendo los SSMM<sup>8</sup>, Los Lagos e Isla de Pascua) alcanzaron un total de 74.647 GWh, lo que representó un aumento del 1,1% respecto al año 2016, con una tasa de crecimiento anual compuesta de 3,0% durante los últimos 10 años. Si observamos la composición por categoría, distinguimos 57,4% termoeléctrica, 26,7% hidráulica convencional y 16,0% ERNC.

<sup>6</sup> Sistema Interconectado Central que abarca desde la rada de Paposos en la segunda Región de Chile hasta la Isla de Chiloé.

<sup>7</sup> Sistema Interconectado del Norte Grande que abarca entre la Región de Arica y Parinacota, Tarapacá y Antofagasta.

<sup>8</sup> Sistemas Medianos, actualmente existen nueve sistemas: Cochamó, Hornopirén, Aysén, Palena, General Carrera, Punta Arenas, Puerto Natales, Porvenir y Puerto Williams.

**Tabla 5: Capacidad de generación eléctrica neta instalada por sistema entre los años**

**2007-2017 en MW**

Año	SIC	SING	SSMM	Total
2007	85,0%	13,90%	1,10%	11.222
2008	85,9%	13,00%	1,20%	11.998
2009	86,6%	12,40%	1,00%	13.503
2010	87,2%	11,80%	1,00%	14.230
2011	82,4%	16,70%	0,90%	15.748
2012	82,8%	16,30%	0,90%	16.703
2013	83,2%	15,90%	0,90%	17.173
2014	79,9%	15,90%	0,80%	19.310
2015	79,6%	19,60%	0,80%	20.210
2016	76,4%	22,80%	0,80%	22.045
2017	75,8%	23,40%	0,80%	22.580

Fuente: Elaboración propia utilizando Anuario Estadístico de Energía 2017, Comisión Nacional de Energía.

La Tabla 6 muestra la demanda máxima horaria en el SIC para el año 2017, la cual se registró el 21 de diciembre, alcanzando los 8.057 MW, siendo un 3,4% mayor que la registrada el año 2016 (esta última del 20 de enero). Por otra parte, se observa un crecimiento anual de 2,5% desde el 2007. Por su parte, la demanda mínima del año fue de 4.131 MW, el día 1 de enero de 2017, con un crecimiento anual de 3,6% desde el 2007.

La demanda máxima horaria en el SING en el año 2017 se registró el día 22 de octubre, alcanzando los 2.633 MW, siendo un 3,0% mayor que la registrada el año 2016 (del 15 de febrero). Para los últimos 10 años, el crecimiento anual ha sido de 4,5%. Por su parte, la demanda mínima del año fue de 1.514 MW, el día 6 de marzo del 2017; fue un 21% mayor al 2016 y con un crecimiento anual de 2,5% desde el 2007 (Anuario Estadístico de Energía 2017).

**Tabla 6: Evolución de la demanda horaria SIC y SING en MW**

Año	SIC		SING	
	Demanda Máxima	Demanda Mínima	Demanda Máxima	Demanda Mínima
2007	6.321	2.899	1.690	1.181
2008	6.154	2.965	1.805	1.237
2009	6.145	2.892	1.816	1.250
2010	6.482	2.966	1.877	1.213
2011	6.881	3.245	2.002	1.231
2012	6.992	3.516	2.016	1.407
2013	7.282	3.579	2.060	1.409
2014	7.547	3.749	2.195	1.521
2015	7.557	3.853	2.290	1.523
2016	7.789	4.051	2.555	1.256
2017	8.057	4.131	2.633	1.514

Fuente: Elaboración propia utilizando Anuario Estadístico de Energía 2017, Comisión Nacional de Energía.

La Tabla 7 muestra un incremento de la oferta que, por medio de la producción bruta y las importaciones de energías primarias, ha logrado abastecer el consumo final de energía. Este incremento de la oferta se debe a las necesidades de la economía por atender la creciente demanda de bienes y servicios que en su proceso productivo incorporen energía. Cabe mencionar que la diferencia entre la oferta y el consumo final entrega las pérdidas ocasionadas en el proceso de transformación de la energía primaria a energía secundaria.

**Tabla 7: Evolución de la Oferta de Energía Primaria y Consumo Final en Chile desde el año 2006 al 2016 en TCal**

Año	Oferta	Consumo Final	Año	Oferta	Consumo Final
2006	295.163	242.293	2012	297.959	261.216
2007	258.608	252.958	2013	338.327	278.177
2008	249.958	256.630	2014	334.576	276.811
2009	248.490	250.981	2015	312.857	276.772
2010	237.862	242.126	2016	334.763	284.777
2011	267.136	252.498			

Fuente: Elaboración propia utilizando Anuario Estadístico de Energía 2017, Comisión Nacional de Energía.

Finalmente, es posible apreciar en la Tabla 8 la distribución del consumo de energía tanto primaria como secundaria, distribuido por región de consumo y las actividades económicas que la consumen dentro del área geográfica establecida. Destaca el año 2015 por sobre las demás, la región del Biobío siendo esta la con mayor consumo de energía (26,1%), la que se distribuye en el sector transformación con un 70% de su consumo, luego continua el sector industrial con un 15% y en tercer lugar el sector transporte con el 8% del total. La siguiente región es Valparaíso (17,8%) que de igual forma se caracteriza por su alto consumo en el sector transformación con un 74%, continua la región metropolitana (15,1%) destacando su consumo en transporte con 45% del consumo, el sector comercio, público y residencial con 26%, y el sector industrial con 17% del total de su consumo, finalmente la región de Antofagasta (14,2%) que concentra su consumo en el sector transformación con un 56% y en minería con el 29% del consumo total. El resto de regiones tiene una participación menor en el consumo de energía nacional.

**Tabla 8: Distribución del consumo final de energía primaria y secundaria por región y sector que lo consume 2015**

Región	Uso no energético	Transporte	Transformación	Minería	Industria	Energía	CPR	Total Consumo Final Tcal
Arica y Parinacota	0%	40%	2%	39%	8%	0%	11%	3.916
Tarapacá	0%	29%	15%	44%	5%	0%	6%	10.273
Antofagasta	0%	9%	56%	29%	3%	2%	2%	79.601
Atacama	0%	13%	47%	24%	12%	2%	3%	23.184
Coquimbo	0%	33%	13%	31%	7%	0%	15%	10.487
Valparaíso	1%	13%	74%	3%	3%	1%	5%	100.296
Metropolitana	0%	45%	8%	4%	17%	0%	26%	84.834
O'Higgins	0%	28%	34%	12%	12%	0%	14%	19.767
Del Maule	0%	11%	46%	0%	30%	0%	14%	20.010
Biobío	1%	8%	70%	0%	15%	1%	5%	146.371
Araucanía	0%	21%	47%	0%	10%	0%	22%	19.721
Los Ríos	0%	22%	8%	0%	14%	0%	56%	12.337
Los Lagos	0%	20%	8%	0%	46%	0%	26%	10.388
Aysén	0%	35%	12%	10%	13%	0%	29%	3.017
Magallanes	0%	14%	42%	5%	3%	18%	18%	16.289

Fuente: Elaboración propia utilizando Anuario Estadístico de Energía 2017, Comisión Nacional de Energía.

En conclusión, Chile ha pasado por un periodo de desarrollo en donde su crecimiento y la necesidad de bien estar social de la población derivaron en un aumento en el consumo de energía para cumplir con estas necesidades, comprobando entonces que sin crecimiento energético el desarrollo se estanca, impide seguir creciendo y alcanzar el nivel deseado de bien estar en la población.

### **1.3. Implicancias de la investigación**

El estudio realiza un procesamiento y análisis de información sobre la interdependencia energética que tienen los diferentes sectores de una economía comprendida en una matriz de Insumo-Producto 111x111 actividades, es decir que esta mencionada matriz entrega a disposición del lector el consumo directo e indirecto de energía ante una variación porcentual de la demanda final. Para realizar esta matriz es necesario utilizar el Balance Nacional de Energía 2014 en donde se muestran los diferentes flujos de un sector productor de energía a los diferentes sectores consumidores de esta, como también se utilizará la matriz insumo producto 2014 desagregada a 111 actividades entregada por el Banco Central de Chile. Destacar que no fue posible este análisis en los periodos 2015 en adelante debido al rezago en el periodo de entrega de la MIP por parte del Banco Central de Chile.

La importancia de elaborar este estudio radica en el impacto energético que tiene en la economía una variación del consumo de bienes y servicios por parte de la demanda final, debido a que estas variaciones generan un proceso de intercambio de insumos entre sectores, los cuales utilizan energía para producirlos. Además, estos intercambios no son de igual magnitud en todos los sectores por lo que la clasificación de estos según su importancia

relativa genera un análisis detallado de aquellas actividades que mayor atención necesitan para aplicar políticas energéticas.

#### **1.4. Objetivos de la investigación**

##### **1.4.1. Objetivo General**

A partir del Balance Nacional de Energía y las tablas insumo producto del Banco Central de Chile construir un modelo Insumo-Producto energético nacional de 111x111 sectores para el año 2014, que permita en términos de energía utilizar el potencial analítico de la teoría insumo producto.

##### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- Identificar el consumo de energía de cada sector de la glosa del Banco Central de Chile a 111x111 actividades CIU según la estructura del Balance Nacional de Energía 2014.
- Construir una matriz insumo producto inversa de energía nacional, industria por industria (111x111) para el periodo 2014.
- Construir un modelo de predicción de demanda energética para cambios en componentes de demanda final.
- Analizar y clasificar los sectores según capacidad de encadenamiento hacia adelante y hacia atrás.

Por medio de la aplicación del modelo IP, y el uso de los datos obtenidos del Balance Nacional de energía y la MIP 2014 entregada por el Banco Central de Chile, es posible responder a través del análisis de resultados las siguientes interrogantes:

- En relación a los consumos finales de energía ¿Cuáles son los sectores que más consumen energía final?
- ¿Existe una tercerización desde el punto de vista de la energía al igual que desde la producción?
- ¿La contribución al consumo final de energía, está dado principalmente por las actividades, que en la propuesta metodológica se denominan claves?

Formuladas las interrogantes se plantean las siguientes Hipótesis:

- **Hipótesis 1:** *Por la estructura productiva en Chile los sectores con mayores consumos de energía final son el minero y el de transporte.*
- **Hipótesis 2:** *La tercerización se encuentra presente desde un punto de vista energético al igual que lo hace la producción.*
- **Hipótesis 3:** *Los sectores claves contribuyen en mayor medida al consumo final de energía.*

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LA LITERATURA

#### 2.1. Desarrollo histórico del modelo insumo-producto

Por medio del tiempo, diversos economistas han conducido sus investigaciones al estudio de las relaciones que existen entre industrias con el objetivo de representar de esta manera el funcionamiento de la compleja actividad económica de los países. Entre estos importantes economistas y el primero en representar una economía con relaciones intersectoriales fue el francés François Quesnay, quien en el siglo XVIII en su obra *Tableau Economique*<sup>9</sup> se dedicó al estudio de un sistema integrado de cuentas nacionales empleado como herramienta de análisis de la distribución y consumo del excedente social de una economía.

En el siglo XIX León Walras economista francés, propone su teoría de equilibrio general, en la cual se muestra a la economía como un sistema global en donde las relaciones de interdependencia entre los componentes económicos se determinan matemáticamente, esto se refiere a que todo el sistema económico esta interconectado.

En 1936, Wassily Leontief<sup>10</sup> economista estadounidense de origen ruso publicaba en *The Review of Economic and Statistics* sus primeros trabajos cuantificados sobre las relaciones productivas intersectoriales en Estados Unidos, siguiendo una metodología insumo-producto.

---

<sup>9</sup>Tableau Economique, modelo que describe los flujos monetarios y de bienes que constituyen la base de una economía. Divide a la economía en tres clases: los propietarios del capital, los trabajadores estériles (artesanos, mercaderes), y los trabajadores productivos (agricultores, ganaderos, pescadores).

<sup>10</sup> W. Leontief obtuvo el Premio Nobel de Economía en 1973, por el desarrollo del método Input-Output y su aplicación a los grandes problemas de la economía.

Entre 1935 y 1937, Jan Tinbergen<sup>11</sup> publica sus primeros resultados relativos a la modelización econométrica aplicada de una economía nacional, la de los Países Bajos, primer ejemplo de ese nuevo enfoque de la economía matemática aplicada. Hasta entonces los ensayos de cuantificación del mecanismo económicos se habían limitado al campo microeconómico de la modelización del funcionamiento de algunos mercados (cálculos de elasticidades, en particular).

En el año 1941 Wassily Leontief se basa en los estudios de Quesnay y Walras para publicar una de sus obras más trascendentes *The Structure of American Economy*<sup>12</sup> permitiendo así identificar las interdependencias industriales de la estructura económica de Estados Unidos por medio del uso de las hoy reconocidas tablas de doble entrada, insumo-producto (Input-Output).

Leontief (1941) explicaba claramente en aquel momento su propia visión de la situación de la ciencia económica y de sus posibilidades de cuantificación. Consideraba la existencia de dos enfoques complementarios, pero metodológicamente distantes, por un lado, el equilibrio parcial<sup>13</sup> y por el otro el equilibrio general<sup>14</sup>, además, abordaba dos problemáticas temporales: las relativas al análisis estático y las del análisis dinámico.

---

<sup>11</sup> Tinbergen, J. Economista Holandés, obtuvo el Premio Nobel de Economía 1969 junto a Ragnar Frisch, por haber desarrollado y aplicado modelos dinámicos al análisis de modelos económicos.

<sup>12</sup> *The Structure of American Economy*, 1941. La Estructura de la Economía América, muestra las relaciones intersectoriales en una economía, en donde se elaboran tablas de doble entrada de compra y venta entre los diferentes sectores.

<sup>13</sup> El equilibrio parcial se refiere a la microeconomía del funcionamiento de los mercados

<sup>14</sup> El equilibrio general se refiere a la interdependencia general de todos los mercados de bienes y de factores de producción.

**Figura 3: Situación de la ciencia económica y sus posibilidades de cuantificación**

	Estático	Dinámico
Equilibrio Parcial	$E_{11}$	$E_{12}$
Equilibrio General	$E_{21}$	$E_{22}$

Leontief consideraba que los economistas de su tiempo se interesaban especialmente por el funcionamiento de los problemas tipo  $E_{11}$  de equilibrio parcial en un contexto estático, problemas para los que se buscaba verificaciones empíricas y empezaban a explorar  $E_{12}$ , o sea la dinámica en el tiempo de estos problemas.

Al proponer el análisis insumo-producto Leontief intentaba abordar problemas de equilibrio general desde una perspectiva estática  $E_{21}$ , ya que la dinamización del equilibrio general, se alejaba bastante de las posibilidades investigativas en términos de teoría y datos (Pulido & Fontela 1993).

Por su parte Timberger (1937 citado en Pulido & Fontela, 1993) también se situó en relación con la ciencia económica de su tiempo, señalando que su enfoque era dinámico y orientado hacia la simulación de políticas económicas (destinada a conseguir para los Países Bajos una salida de la depresión independiente de la situación mundial). Su modelo econométrico (18 a 24 ecuaciones analizadas en diferentes versiones) era anual y utilizaba series históricas para la estimación de sus coeficientes. En la clasificación de Leontief, Timbergen daba inicio a diseñar un enfoque cuantificado de  $E_{22}$  limitándose al equilibrio general agregado (macroeconomía), pero con un acercamiento al fenómeno en su dinámica.

Pulido & Fontela (1993), señalan que el objetivo para Leontief y Tinbergen era convergente: elaborar un modelo cuantificado dinámico del sistema económico que

permitiese comprender los mecanismos, interpretar los acontecimientos, identificar las tendencias, simular las políticas económicas y proponer instrumentos de gestión óptima del sistema.

Aunque el enfoque metodológico inicial usado por Leontief era distinto al de Tinbergen, ambos economistas contribuyeron a segmentar las escuelas del pensamiento económico, tanto en la teoría como en la aplicación. Mediante el desarrollo de numerosos dualismos como macroeconomía-microeconomía, coyuntura-estructura, Dinámica-Estática, Corto plazo-largo plazo, conceptos que definen los modelos de equilibrio general calculables <sup>15</sup>y que además facilitan el estudio del cambio institucional en numerosos países (Pulido & Fontela 1993).

## **2.2. Desarrollo conceptual del modelo insumo-producto**

El potencial de análisis de la matriz insumo producto refleja una técnica de dependencia e interdependencia en los diferentes sectores de una economía. Es decir, en el análisis insumo-producto se considera a cualquier sistema económico como un complejo de sectores interrelacionados, donde todo sector recibe insumos de las demás industrias del sistema y a su vez proporciona su producción a los demás sectores. Soza (2007) señala que las tablas de Insumo Producto surgen como una forma de medir las relaciones existentes entre las variables que determinan las funciones de producción y de consumo en un país.

---

<sup>15</sup> Destacan metodologías alternativas, como el Modelo de Equilibrio General Computable (CGE) captura efectos de primer y segundo orden, permite identificar mecanismos de transmisión y los efectos globales de una política o shock en los mercados internos, interregional, exterior y de factores, considerando explícitamente el comportamiento de los agentes económicos, a través de ajustes vía precios que vacían los mercados. Utiliza como base las SAM (Matrices de Contabilidad Social). (Mardones C, 2012). Ver: Devarajan, S. & S. Robinson (2002)

La matriz utiliza un método preferentemente cuantitativo, que permite un análisis objetivo, ya que ofrece una representación del sistema económico de un país o una región específica, este es un instrumento que opera sobre la base de la teoría del equilibrio general y representa un vínculo entre el análisis microeconómico, de corte neoclásico y la teoría macroeconómica keynesiana (Noriega, 1999 citado en Miranda et al. 2006).

Por su parte, Schuschny (2005) se refiere a las tablas de insumo-producto como un conjunto integrado de matrices, que muestran el equilibrio entre la oferta y utilización de bienes y servicios (productos). Estas matrices proporcionan un análisis detallado del proceso de producción y la utilización de los bienes y servicios que se producen en un país (o región) o que se importan del resto del mundo (o regiones), y del ingreso generado en dicha producción por las diversas actividades económicas. Para su construcción se requiere poner en marcha un conjunto de actividades, como la de centralizar, analizar y procesar información básica de diversas fuentes como pueden ser: censos económicos, agropecuarios, censos de población y vivienda, encuestas de gastos e ingresos de los hogares, registros administrativos y, fundamentalmente, los sistemas de cuentas nacionales.

Ramos & Presno (1999), mencionan que las tablas input output son una herramienta de un amplio potencial para el estudio de una economía tanto regional como nacional, debido a que entregan no solo información referente a las relaciones entre las distintas actividades económicas, sino también sobre la demanda final de las mismas. Asimismo, se conoce a la matriz insumo producto como una representación simplificada de la economía que muestra la estructura de la generación y uso de la oferta de bienes y servicios, para un período seleccionado que se define como año base. Expresada mediante un conjunto de tablas de doble entrada, donde la producción obtenida por las distintas actividades económicas se

registra en las filas de las tablas y su respectivo uso intermedio o final, en las columnas. Por uso final de la producción se entiende el consumo, la inversión y las exportaciones. Cabe destacar que la forma en la cual se registra la información económica presente en la MIP, se realiza sobre la base de definiciones genéricas de normas contables y estadísticas internacionales aceptadas (Banco Central de Chile, 2000).

Por tanto, la matriz insumo producto es un conjunto de matrices integradas, que registran las transacciones entre la oferta y utilización de bienes y servicios equilibradamente. Estas matrices entregan un potencial de análisis detallado del proceso de producción y utilización de bienes y servicios que un país o región produce, así como las importaciones del resto del mundo y de los ingresos generados en dicha producción por las diferentes industrias. Su contenido es diferente según sea su lectura, por filas o columnas. Si su lectura es por columnas, la información proporcionada nos indica las compras de insumos que ha requerido cada sector para producir lo que será su oferta. Estos insumos pueden ser materias primas físicas, humanos o de capital. Es decir, nos revela la función de producción del sector.

Pino e Illanes (2003) señalan que el análisis por columnas puede demostrar la relación del Consumo Intermedio (CI), Valor Agregado (VA) y el Valor bruto de la Producción (VBP) mediante la siguiente ecuación:

$$CI = VBP - VA = VBP - (R + Accf + Ee + Ip + Oi) \quad (2.1)$$

Donde:

R = Remuneraciones.

Accf = Asignación Consumo de Capital Fijo.

Ee = Excedentes de Explotación.

$I_p$  = Impuestos sobre los productos.

$O_i$  = Otros Impuestos netos.

Si su lectura es por filas encontramos las ventas (outputs) de cada sector, en primer lugar, su uso intermedio o demanda intermedia (DI), es decir, las ventas interindustriales o las ventas que cada sector realiza a los sectores restantes. En segundo lugar, se aprecia su uso final o demanda final. Por demanda final (DF) se entiende el consumo de hogares (Ch), el consumo de las instituciones sin fines de lucro (ISFL), el consumo o gasto del gobierno (Gg), la formación de capital fijo (inversión) (Ir), la variación de existencias (Ve) y las exportaciones (En).

La relación de la demanda intermedia y la demanda final se relacionan con el valor bruto de la producción mediante la siguiente ecuación:

$$DI = VBP - Df = VBP - (Ir + Ch + Gg + En + Ve + ISFL) \quad (2.2)$$

El cuadro de demanda intermedia registra los flujos de circulación intersectorial de productos entre las distintas actividades, mostrando la utilización intermedia de los bienes y servicios en el sistema productivo. En una fila de la matriz se describe la distribución de la producción de un sector a través de toda la economía, mientras que en una columna muestra los insumos requeridos por una industria particular en su producción. En definitiva, este cuadro establece el flujo que parte de cada uno de los sectores productores a cada uno de los sectores consumidores.

El cuadro de utilización final o destino de la producción registra las transacciones referentes a la utilización final de los productos, es decir, su consumo por parte de los

hogares, el sector público, la formación bruta de capital fijo (inversión), la variación de las existencias, y las exportaciones.

Finalmente, el cuadro de valor agregado describe las formas de pago a los factores productivos por su participación en el proceso de transformación. En su columna se muestra el aporte de cada actividad económica al valor agregado: Salarios y remuneraciones, beneficios y excedentes de explotación, Amortizaciones y consumo de capital, y otros impuestos menos subsidios a la producción.

**Figura 4: Esquema de la Matriz Nacional Insumo-Producto**

		Utilización Intermedia	Utilización Final					Producción Bruta
		Actividades	Consumo Final			Form. Bruta de Capital	Exportaciones	
		1...j...m	Hogares	ISFL	Gob.	Capit. Fijo		
Producto Nacional	1...j...m							
Producto Importado	1...j...m							
Total Consumo Intermedio								
Valor agregado								
Remuneraciones								
Excedentes								
Costo Cap. Fijo								
Imptos. S/Prod.								
Producción Bruta								

Fuente: Elaboración propia utilizando modelo de Pino e Illanes 2003.

El contenido de los cuadrantes presentados, puede expresarse según los siguientes criterios de valoración:

- **Precios de comprador:** Es la cantidad pagada por el comprador (excluido el IVA); incluye los gastos de transporte (que se supone paga por separado) y los márgenes del comercio.
- **Precios de productor:** Es el monto a cobrar por el productor excluyendo el IVA, transporte y márgenes.
- **Precios básicos:** Es el monto a cobrar por el productor, exceptuando cualquier impuesto y sumándoles las subvenciones a los productos; tampoco incluye los costos de transporte y márgenes.

El Sistema de Cuentas Nacionales (2008), en relación a los criterios de valoración señala que el método preferido para valorar la producción es a precios básicos, aun cuando pueden utilizarse los precios de productor cuando la valoración a precios básicos no resulta viable. La distinción entre ambos métodos guarda relación con el tratamiento de los impuestos y las subvenciones sobre los productos. Los precios básicos como se mencionaba anteriormente son los precios antes de sumar los impuestos sobre los productos y de restar las subvenciones sobre los productos. Los precios de productor incluyen, además de los precios básicos, los impuestos menos las subvenciones sobre los productos, distintos de los impuestos del tipo valor agregado.

Schuschny (2005), ratifica que siempre conviene trabajar con matrices valoradas a precios básicos, debido a que presentan los coeficientes técnicos más puros, exentos de márgenes de distribución e impuestos indirectos. La idea de obtener coeficientes lo más depurados posible

se asocia a que ayuda a la obtención de resultados más representativos para el análisis económico.

En relación a los enfoques para construir la Matriz Insumo Producto, puede ser abordada bajo cuatro perspectivas.

- 1. Una matriz producto-por-producto, bajo el criterio de la tecnología producto.*
- 2. Una matriz producto-por-producto, bajo el criterio de la tecnología industria.*
- 3. Una matriz rama de actividad-por-rama de actividad, bajo el supuesto de una estructura fija de ventas del producto.*
- 4. Una matriz rama de actividad-por-rama de actividad, bajo el supuesto de una estructura fija de ventas de la industria.*

De estos cuatro enfoques en la presente investigación se utiliza la matriz simétrica en la modalidad actividad por actividad, siendo aquella que describe las relaciones intersectoriales o entre ramas de actividad, dando a conocer qué actividad utiliza los productos de otra actividad para su propia producción. Es esta matriz la que posteriormente se transformara en una matriz de energía.

Para construir una matriz actividad por actividad existen dos formas: según el criterio de la estructura fija de ventas del producto, criterio que nos dice que la demanda de las industrias está en función del producto más no de la industria donde es producida y vendida; y el criterio de la estructura fija de ventas de la industria, la cual asume que todas las industrias demandan una misma combinación de productos (primarios y secundarios).

### 2.3. Modelo simplificado de Leontief

El Modelo propuesto por Leontief permite representar en forma matricial el equilibrio entre la oferta y la utilización de los bienes y servicios de una economía. Hernández (2012) señala que este modelo se puede utilizar para estudiar la composición del valor agregado de los productos, hacer análisis de precios, calcular requerimientos de importaciones y responder preguntas como: ¿cuál es la intensidad de uso de los factores requeridos para la producción en los distintos sectores?, ¿cómo se afecta la participación de los salarios o las ganancias en el producto a medida que este crece?, ¿cuáles son los requerimientos de importaciones para mantener o elevar el producto? y ¿cómo cambian los precios de las mercancías cuando aumentan los salarios o las ganancias? entre otras.

Así también lo señala Pulido & Fontela (1993), que el modelo simplificado de Leontief al configurar relaciones entre las magnitudes económicas involucradas facilita una forma de analizar los posibles efectos de cambios en unas magnitudes sobre las restantes variables económicas.

En la elaboración de la inversa de Leontief se asumen los siguientes supuestos simplificadores:

- Los productos elaborados por las actividades económicas domésticas son homogéneos, esto es, dentro de cada actividad, la elasticidad de sustitución es infinita.
- Los productos elaborados por diferentes sectores son heterogéneos; así, la elasticidad de sustitución entre actividades es cero.

- La producción de cualquier actividad puede ser representada por una combinación lineal de insumos, con lo cual no hay economías ni diseconomías de escala (coeficientes técnicos constantes).
- La tecnología sectorial es homogénea y está determinada exógenamente.
- Hay perfecta complementariedad entre capital y trabajo, es decir, la elasticidad de sustitución factorial es cero.

La notación que utilizaremos será la siguiente:

$x_{ij}$ = Flujo del Sector  $i$  (suministrador) al sector  $j$  (utilizador).

$x_i$  = Producción total del sector  $i$ .

$y_i$  = Demanda final del sector  $i$ .

$g_i$ = Valor añadido del sector  $i$ .

$i, j = 1, 2, \dots, n$ , siendo  $n$  el número de sectores considerados.

La tabla insumo-producto en su relación por filas puede expresarse simbólicamente como:

$$x_1 = x_{11} + x_{12} + \dots + x_{1n} + y_1$$

$$x_2 = x_{21} + x_{22} + \dots + x_{2n} + y_2$$

.....

$$x_n = x_{n1} + x_{n2} + \dots + x_{nn} + y_n$$

o en forma matricial desarrollada,

$$\begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ \vdots \\ 1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_n \end{bmatrix}$$

que puede resumirse en la relación matricial:

$$x = Xi + y \tag{2.3}$$

donde

$x$  = Vector columna de producción por sectores.

$X$  = Matriz de transacciones interindustriales.

$i$  = Vector columna de  $n$  elementos unitarios.

$y$  = Vector columna de demanda final por sectores.

En forma similar, las relaciones en columnas pueden expresarse para cualquier sector  $j$  como:

$$x_j = x_{1j} + x_{2j} + \dots + x_{nj} + g_j \tag{2.4}$$

y en términos matriciales

$$\begin{bmatrix} x_1 & x_2 & \dots & x_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} g_1 & g_2 & \dots & g_n \end{bmatrix}$$

es decir,

$$x' = i'X + g' \quad (2.5)$$

Por último, se tiene la igualdad entre suma de las demandas finales sectoriales y la suma de los valores añadidos, como dos formas alternativas de cálculo del PIB:

$$y_1 + y_2 + \dots + y_n = g_1 + g_2 + \dots + g_n \quad (2.6)$$

o en notación matricial,

$$i'y = i'g \quad (2.7)$$

Como se mencionó en los supuestos simplificadores el modelo de Leontief admite que la proporción utilizada de factores por parte de cada sector es inicialmente invariable, es decir, coeficientes técnicos constantes. La matriz de coeficientes de requerimientos directos o coeficientes técnicos (Leontief, 1936) es el núcleo para el estudio de los efectos directos y multiplicadores de un sector específico sobre el resto de la economía, dicha matriz expresa la relación intersectorial inmediata y se obtiene dividiendo los componentes del consumo intermedio de cada sector por su valor de producción correspondiente. Por lo tanto, expresa los requerimientos de insumos directos o de valor agregado de la industria contenida en la columna. Por lo que se definen coeficientes técnicos para productos intermedios e inputs primarios del tipo:

$$a_{ij} = x_{ij} / x_j \quad v_j = g_j / x_j \quad (2.8)$$

Donde  $a_{ij}$  son los coeficientes técnicos que describen los insumos que van del sector  $i$  al sector  $j$ ;  $x_{ij}$  es el insumo del sector  $i$  al sector  $j$ ; y  $X_j$  son los insumos totales del sector  $j$ .



siempre que pueda calcularse  $(I-A)^{-1}$ , que es la denominada Matriz Inversa de Leontief. Concretamente, en el entorno que nos interesa en que  $\sum_i a_{ij} + v_j = 1$  y  $a_{ij} > 0$ , siempre será calculable la matriz inversa  $(I - A)^{-1}$ .

Hernández (2012, p.206) señala que los componentes de la matriz A son las cantidades de insumos que un sector necesita para producir una unidad de producto, pero no dicen nada acerca de los efectos indirectos que pueden tener en la economía. Es decir, para producir pan se necesita harina de trigo, la cual necesita el trigo producido por el sector agrícola, y este necesita de semillas y fertilizantes para su producción; así, un incremento de una unidad en la producción de pan lleva a la interacción y al movimiento de una cadena productiva, en el cual los insumos requeridos por un sector deben ser producidos y necesitan insumos de otros sectores.

Por tanto, la matriz inversa de Leontief muestra entonces el impacto total o efecto multiplicador de un incremento exógeno de la demanda final.

Los coeficientes de la Inversa de Leontief se denotan por  $\alpha_{ij}$ , por tanto, la producción del sector  $i$  se puede calcular como:

$$x_i = \alpha_{i1}y_1 + \alpha_{i2}y_2 + \dots + \alpha_{in}y_n \quad (2.12)$$

y  $\alpha_{ij}$  nos indica la cantidad adicional producida por el sector  $i$  si la demanda final del sector  $j$  se incrementa en una unidad. Lógicamente,  $\alpha_{ij} > 1$ , dado que recogerá el efecto directo del incremento en la demanda sobre la producción de su propio sector, más los efectos inducidos por necesidades adicionales de otros sectores, es decir, los efectos indirectos.

Hasta aquí hemos desarrollado el denominado modelo de demanda de Leontief, específicamente concebido para analizar los efectos que una alteración en la demanda final de uno o varios sectores tiene sobre su producción.

La simetría propia de las tablas insumo-producto, con igualdad de suma en filas y columnas, hace evidente la posibilidad de plantear un modelo alternativo rotado con respecto a la demanda.

En este modelo alternativo, los coeficientes se determinan en horizontal en lugar de vertical (coeficientes de mercado o distribución) y la variable estratégica determinada exógenamente al modelo será ahora el valor añadido en lugar de la demanda final. Por ello, será conocido como modelo de oferta de Leontief o modelo de Ghosh, quien propuso este nuevo enfoque en 1958.

Partiendo de la expresión matricial 2.5, que es la que corresponde a la suma por columnas:

$$x' = i'X + g'$$

empezaremos por definir los coeficientes de distribución

$$d_{ij} = x_{ij} / x_i \tag{2.13}$$

que suma ahora uno en horizontal, incluyendo la cuota correspondiente a la demanda final.

La matriz  $D$  de los coeficientes de distribución correspondientes a los sectores puede expresarse alternativamente como

$$D = \hat{x}^{-1}X \tag{2.14}$$



en lugar del característico modelo de demanda

$$x_i = a_{i1}y_1 + a_{i2}y_2 + \cdots + a_{in}y_n$$

La interpretación económica de los elementos de la matriz inversa de coeficientes de distribución es pues similar a la de los coeficientes técnicos, pero cambiando la demanda final por valores añadidos y coeficientes en filas por coeficientes en columnas.

Naturalmente, cabe asimismo un acercamiento iterativo a la matriz de coeficientes y su desarrollo como suma de potencias de la matriz  $D$ .

Ante un incremento de una unidad en el valor añadido del sector  $i$  su efecto sobre la producción del sector  $j$  vendrá dado por el coeficiente  $\delta_{ij}$ .

Además de ser complementarios los modelos de oferta y demanda, son las dos caras de la misma moneda, con lo que un mismo problema puede expresarse en forma matemática distinta, mostrando dos perspectivas económicas diferentes.

Así, las matrices  $A$  y  $D$  (y sus correspondientes inversas) pueden expresarse una en función de la otra, con lo que todas las fórmulas anteriores pueden plantearse alternativamente en términos de ambas matrices.

Sabemos que

$$A = X\hat{x}^{-1} \quad \text{y} \quad D = \hat{x}^{-1}X \quad (2.18)$$

por tanto,

$$AX=XD \tag{2.19}$$

y reordenando

$$A = XDX^{-1} \text{ y } D = X^{-1}AX \tag{2.20}$$

o bien

$$\hat{x}^{-1}A = D\hat{x}^{-1} \tag{2.21}$$

y reordenando nuevamente

$$A = \hat{x}D\hat{x}^{-1} \text{ y } D = \hat{x}^{-1}A\hat{x} \tag{2.22}$$

Utilizando estas últimas expresiones es inmediato comprobar que las relaciones se cumplen para las inversas<sup>16</sup>

$$(I - A)^{-1} = \hat{x}(I - D)^{-1}\hat{x}^{-1} \tag{2.23}$$

y

$$(I - D)^{-1} = \hat{x}^{-1}(I - A)^{-1}\hat{x} \tag{2.24}$$

---

<sup>16</sup> La demostración puede encontrarse en Miller y Blair 2009.

Este tipo de relaciones puede resultar útil para obtener, por ejemplo, una expresión operativa de los efectos de incrementos en la demanda final en términos de porcentajes, en lugar de variaciones absolutas en cantidades.

Así, sabemos que en el modelo de demanda

$$x = (I - A)^{-1}y$$

y queremos determinar el efecto de un incremento en la demanda final de cada sector proporcional a su producción total, es decir  $\Delta y = kx$ .

Por tanto, la nueva producción incrementada sería

$$x^* = (I - A)^{-1}(y + kx) = (I - A)^{-1}y + (I - A)^{-1}kx = x + (I - A)^{-1}kx \quad (2.25)$$

y, por diferencia,

$$(x^* - x) = \Delta x = (I - A)^{-1}kx \quad (2.26)$$

Si queremos ahora valorar los incrementos de producción también en términos de porcentaje, dividiremos estos por la producción de cada sector, es decir, multiplicaremos por la inversa de la matriz diagonal.

$$\hat{x}^{-1}\Delta x = \hat{x}^{-1}(I - A)^{-1}kx \quad (2.27)$$

y, de acuerdo con la relación 2.25, dado que  $k$  es una constante y, por tanto, puede alterar su orden, así como utilizamos la igualdad  $x = \hat{x}i$

$$\hat{x}^{-1}\Delta x = k\hat{x}^{-1}(I - A)^{-1}\hat{x}i = k(I - D)^{-1} \quad (2.28)$$

En resumen, la inversa de la matriz de coeficientes de distribución nos indica el porcentaje de variación de la producción ante alteraciones de la demanda final en un 1% del valor previo de producción sectorial (Pulido & Fontela, 1993).

#### 2.4. Multiplicadores y encadenamientos

Hemos visto que el modelo de Leontief se puede resumir a partir de la ecuación:  $x = Ax + y \Rightarrow x = (I - A)^{-1}y$ . Observando con detenimiento las ecuaciones, la matriz  $(I - A)^{-1}$  tiene características análogas a las del multiplicador keynesiano. En efecto, la producción total, además de satisfacer la demanda final, debe cubrir las necesidades de los demás sectores productivos. Dada la interdependencia existente entre estos, un aumento de la producción en uno de ellos, implica una mayor demanda de insumos, los que deben, a su vez, aumentar su producción con los consiguientes efectos circulares sobre el sistema, incluyendo la producción del sector en el que se inició el proceso. Por ello, cuando la demanda final de un bien aumenta, la producción total de dicho sector debe aumentar en una proporción mayor, ya que debe satisfacer el incremento de la demanda final y cubrir, simultáneamente, el aumento de las demandas intermedias.

Siguiendo este razonamiento queda claro que el modelo de insumo-producto, al cuantificar las relaciones de intercambio (circular) entre sectores, tanto como oferentes o demandantes de insumos intermedios, permite identificar aquellos sectores cuya importancia relativa en tales interdependencias es de significación. La idea central de este tipo de enfoque,

es que no todas las actividades económicas, tienen la misma capacidad de inducir impactos multiplicadores sobre otras.

Esta metodología, desarrollada por Rasmussen (1956), Hirschman (1961) y Chenery & Watanabe (1958), entre otros, utiliza los denominados encadenamientos o eslabonamientos sectoriales que, técnicamente, consisten en sumas de las filas o columnas de la matriz de Leontief (o, alternativamente de la matriz de coeficientes técnicos), como método para analizar los efectos de cambios en la demanda final en situaciones diversas. Es posible distinguir entre dos tipos de encadenamientos: hacia atrás (backward linkages), que miden la capacidad de una actividad de provocar o arrastrar al desarrollo de otras, dado que utiliza insumos procedentes de estas, y hacia delante (forward linkages), que se producen cuando una actividad ofrece determinado producto, que resulta ser el insumo de otro sector, que a su vez opera como estímulo para un tercer sector, que es un insumo del primer sector en consideración. La forma en que se construyen los indicadores de encadenamiento no es única, por lo cual, es conveniente complementar los estudios que se realicen con las distintas metodologías.

Es importante destacar, que estar en presencia de multiplicadores de gran magnitud, no es lo mismo que grandes impactos multiplicadores, ya que los impactos dependen tanto del valor de los multiplicadores, como de la magnitud de los estímulos externos, que originan el potencial efecto multiplicador. Es por esta razón, que la utilización de multiplicadores y encadenamientos, conlleva la crítica de que su uso no toma en consideración, los volúmenes de producción de cada sector (Schuschny 2005).

Los multiplicadores para un enfoque de demanda son conocidos como Multiplicador de la Producción y Multiplicador de una Expansión Uniforme de la Demanda. Y, los multiplicadores para un enfoque de oferta se conocen como Multiplicador de Oferta o Inputs y Multiplicador de una Expansión Uniforme de los Inputs Primarios (Pulido & Fontela 1993).

#### 2.4.1. Multiplicador de producción

El efecto final sobre todos los sectores de un incremento de una unidad en la demanda final del sector  $j$  vendrá dado por la suma de los elementos de la columna  $j$ -ésima de la matriz inversa, y lo denominaremos multiplicador de la producción del sector:

$$O_j^a = \sum_i a_{ij} \quad (2.29)$$

Se puede expresar como:

$$O^a = i'(I - A)^{-1} \quad (2.30)$$

#### 2.4.2. Multiplicador de oferta o de inputs

El efecto final sobre todos los sectores de un incremento de una unidad en el valor añadido del sector  $i$ -ésimo vendrá dado por la suma de los elementos de la fila correspondiente de la matriz inversa de distribución.

$$O_i^\delta = \sum_j \delta_{ij} \quad (2.31)$$

Se puede expresar como:

$$O^{\delta} = (I - D)^{-1}i \quad (2.32)$$

### 2.4.3. Multiplicador de una expansión uniforme de demanda

El efecto final sobre la producción de un sector  $i$  de un incremento de una unidad en la demanda final de todos los sectores podrá calcularse como la suma de los elementos de la fila  $i$ -ésima de la matriz inversa y será conocido como multiplicador de una expansión uniforme de la demanda:

$$T_i^a = \sum_j a_{ij} \quad (2.33)$$

se puede expresar como:

$$T^a = (I - A)^{-1}i \quad (2.34)$$

### 2.4.4. Multiplicador de una expansión uniforme de los inputs primarios

La suma de los coeficientes en columna permite cuantificar el efecto sobre la producción de un cambio de una unidad en la oferta de inputs primarios en todos y cada uno de los sectores de la economía.

$$T_j^{\delta} = \sum_i \delta_{ij} \quad (2.35)$$

se puede expresar como:

$$T^{\delta} = i'(I - D)^{-1} \quad (2.36)$$

#### 2.4.5. Coeficientes de Rasmussen

Los coeficientes planteados por Rasmussen (1956) se desarrollan sobre la base de efectos difusión y absorción; lo primero es calcular un promedio de dichos efectos en cada una de las actividades, para luego expresarlos en relación a los efectos globales, y así permitir facilitar las comparaciones intersectoriales.

El autor, sobre la base de los multiplicadores recién definidos, propone el cálculo de dos índices que permiten detectar los efectos relativos de *encadenamiento*, hacia atrás o hacia delante de un sector, independiente del tamaño de este. Antes de introducir la definición formal de tales índices, es necesario establecer algunas precisiones conceptuales, señalando qué es lo que entenderemos por efectos de *arrastre o encadenamiento hacia atrás* y por efectos de *empuje o encadenamiento hacia adelante* (Pulido y Fontela, 1993).

- El efecto de arrastre hacia atrás, se define como la cadena de efectos que va produciéndose hacia los proveedores, producto de mayores necesidades de insumos intermedios.
- El efecto de empuje hacia adelante, se define como el impacto que mayores producciones tienen sobre las posibilidades de compra de los sectores clientes.

Uno de los índices que propone Rasmussen corresponde al Poder de Dispersión. Índice que describe la extensión relativa sobre la que un aumento de la demanda final de los productos de la industria  $j$  se dispersa a través del sistema de industrias. Es decir, cuantifica

en términos relativos la fuerza con que un sector productivo es capaz de arrastrar al total de sectores de la economía.

Otro de los índices definido por Rasmussen corresponde a la Sensibilidad de Dispersión, que permite medir en términos relativos el impacto que recibe un sector ante un crecimiento en la demanda de la totalidad del sistema de industrias. Es decir, la medida en que la industria i es afectada por una expansión en el sistema de industrias.

Siendo posible el cálculo de los índices de poder y sensibilidad de dispersión se puede establecer una clasificación sectorial en cuatro grupos: El primer grupo formado por aquellas ramas de actividad para las cuales ambos índices sean mayores que uno. Llamados sectores claves, aquellos que poseen efectos de arrastre superiores a la media tanto de otros sectores como de otros sectores sobre ellos. El segundo grupo lo conforman aquellas ramas cuyo poder de dispersión sea mayor que la unidad y su sensibilidad de dispersión menor. Son sectores con importantes efectos de empuje hacia delante, sectores impulsores del crecimiento, que producen efectos mayores sobre la economía que los efectos que se centran en ellos. El tercer grupo lo conforman los sectores para los que el poder de dispersión sea menor que la media y la sensibilidad de dispersión mayor. Siendo sectores con importantes efectos de arrastre hacia atrás, los sectores estratégicos. Estos pueden provocar estrangulamientos del sistema económico, ya que ante iguales incrementos, sobre estos sectores se concentra un mayor efecto. Y, por último, el cuarto grupo formado por las ramas para las que ambos índices sean menores que la media. Son los sectores islas, sectores poco importantes que no provocan arrastre en el resto de la economía, ni sobre ellos se centra ningún tipo de efecto.

## **2.5. Desarrollo del modelo insumo-producto energético**

Típicamente el análisis insumo-producto energético se enfoca en determinar la cantidad de energía que se utiliza para satisfacer la demanda final de bienes y servicios. Esto es lo que resulta de las cadenas energéticas: cuando un producto es identificado (bien o servicio), se puede hacer una lista de insumos directamente empleados para la producción del bien o servicio. Estos son llamados insumos directos y se conforman de insumos energéticos y de productos elaborados por otras industrias. El mismo procedimiento se aplica para determinar los insumos adicionales necesarios para fabricar los insumos directos. De esta manera la primera ronda de insumos energéticos se llamará el insumo directo de energía o el requerimiento directo de energía. Los insumos presentes en las rondas subsecuentes se les llamarán los requerimientos indirectos de energía o los insumos indirectos de energía. La suma de estas dos cantidades son los insumos totales de energía o los requerimientos totales de energía por cada bien o servicio.

Este método nos da una visión global de lo que involucra el proceso de producción de un único bien o servicio, y teóricamente permite rastrear los procesos de producción hasta sus últimas consecuencias, es decir hasta la extracción de las materias primas (Bullard et al 1976).

Si bien este enfoque ofrece mucha certidumbre en los resultados obtenidos, tiene ciertas desventajas con respecto al análisis insumo-producto. Si se quisiera modelar una economía que tenga por ejemplo 10 sectores, entonces se tendría que repetir el proceso anteriormente descrito 10 veces. Esto puede llegar a ser un trabajo de tiempo completo, por ejemplo, Carlsson-Kanyama, A (2000) presenta un reporte que rastrea la cadena de producción de una

hamburguesa con queso con el fin de investigar los requerimientos totales de energía. Otro inconveniente que presenta este tipo de análisis, es la disponibilidad reducida de los datos necesarios.

En general existen dos formas en las que se puede conducir un análisis insumo-producto energético. El primero se basa en construir los  $a_{ij}$  básicos ( $a_{ij} = e_{ij}$  que corresponden a requerimientos de energía) de manera que representen una analogía de la función de producción. En oposición, el segundo método y siguiendo a Herendeen y Bullard (1974) consiste en la utilización de vectores de conversión (energía final por unidad de producto sectorial) que transformen la matriz básica de peso por peso en una matriz de flujos energéticos.

Al-Ali (1970), elabora un análisis IP de las necesidades de energía de la economía escocesa para el año 1973. Los resultados muestran la capacidad del modelo IP para analizar la dependencia de la industria de la energía con los demás sectores y con la demanda final, así como las relaciones entre los sectores industriales.

Han y Lakshmanan (1994), realizan estudios sobre el consumo de energía en Japón. Analizan los impactos en el consumo de la energía por cambios estructurales en la economía. Encuentran que los cambios en la demanda final generan un efecto superior al cambio técnico en la reducción de la intensidad de la energía<sup>17</sup>.

Gould y Kulshreshtha (1986), miden los impactos en el uso de energía causados por cambios en la demanda final para la provincia de Saskatchewan, Canadá. Identifican los

---

<sup>17</sup> La aplicación del modelo a la experiencia japonesa sugirió que los cambios en la estructura de la demanda final contribuyeron más a reducir la intensidad energética de la economía que los efectos muy discutidos de los cambios en la tecnología.

sectores clave como aquellos que representan relativamente grandes aumentos en el consumo de energía en respuesta al aumento de la demanda final. El modelo es extendido para analizar la interacción de los cambios en la demanda final en el uso de energía, en el nivel de ingresos de los hogares y en el empleo.

En la misma línea anterior Hsu (1989), define y calcula los multiplicadores que relacionan el uso de energía y las actividades económicas a través de una tabla IP 1978 para Taiwán desagregada en 48 sectores.

Wu y Chen (1990), realiza desarrollos del modelo IP para ser aplicados al análisis de la energía, elaborando un marco IP para analizar la energía en el corto plazo, con el cuál analizan la interdependencia entre la producción sectorial mediante un análisis de multiplicadores y el efecto que tiene una sustitución en el cambio de insumos energéticos.

Lenzen (2001), presenta un modelo IP estático para el cálculo de multiplicadores para Australia. Calculan varios tipos de multiplicadores de empleo y energía, en referencia a la producción total, la demanda final, y otros factores.

Lenzen (2006), emplea un análisis IP para calcular el contenido de energía primaria y gases de efecto invernadero en los bienes y servicios producidos, la cual afirma que es una técnica útil para el diseño de políticas de reducción de gases de efecto invernadero. Analiza la producción interna australiana y las importaciones, desglosado a 48 sectores. Adicionalmente considera las disparidades sectoriales en los precios de la energía.

Alcántara y Roca (1995), presentan una metodología que, a partir de los balances energéticos, permite estimar la demanda de energía primaria, así como las emisiones de

dióxido de carbono generadas por el uso de la energía. En contraste con otros análisis no intenta distribuir la demanda de energía en términos de consumo final, pero si en términos de requerimientos de energía primaria, además no considera el sector energético como un sector económico. La metodología consiste en hallar un vector que por cualquier unidad de energía comercial entregue los requerimientos de las diferentes fuentes de energía primaria. La investigación aplica la metodología en el caso de España durante los años 1980 y 1990.

Alcántara y Padilla (2002), analizan la determinación de sectores *clave* en el consumo de energía final. Enfocando esta cuestión desde una perspectiva input-output, diseñando una metodología basada en las elasticidades de la demanda del consumo de energía final. A modo de ejercicio, aplica la metodología a la economía española. El análisis permite señalar la mayor o menor relevancia de los distintos sectores en el consumo energético final, indicando qué sectores merecen mayor atención en el caso español y apuntando las implicaciones para la política energética.

Alcántara y Padilla (2008), analiza la evolución de los usos de energía primaria y las emisiones de CO<sub>2</sub> resultantes en Cataluña durante 1990-2005. Se presenta un método que permite a partir de los balances energéticos traducir los consumos finales de energía en requerimientos de energía primaria. Se comparan los resultados de 2003-2005 con los de 1990-1992. Los cambios más relevantes son la disminución en la energía primaria necesaria para obtener una unidad de electricidad y el cambio en su composición media por fuentes de energía primaria. Los cambios en las necesidades de energía primaria se descomponen en tres efectos: cambios en el nivel de consumo final de los diferentes sectores (efecto actividad), entre diferentes tipos de energías finales (efecto sustitución) y cambios en las necesidades de energía primaria para disponer de las energías finales (efecto transformación).

Posteriormente, el trabajo traduce los requerimientos de energía primaria en las emisiones correspondientes y analiza su evolución mediante la descomposición factorial antes descrita.

Moreno, Alcántara y padilla (2009) analizan las desigualdades de las intensidades energéticas entre países de la OCDE, su evolución y sus causas. Las intensidades constituyen uno de los principales factores determinantes de las emisiones per cápita y, por tanto, de las diferencias que se dan entre países y grupos de países. Se desarrolla una metodología que permite la descomposición de la desigualdad en los consumos de energía per cápita en factores explicativos, además de analizar la contribución de diferentes grupos de países. Destaca que, si bien las diferencias en afluencia económica son el factor más relevante en la explicación las desigualdades en el consumo energético per cápita, la desigualdad en intensidad energética juega un papel prominente en su reducción en el periodo analizado. Se desarrolla una metodología que permite determinar la importancia de las diferentes estructuras productivas y de las diferencias en eficiencia energética en el mayor o menor uso de energía por unidad de PIB en los diferentes países y grupos de países.

## CAPÍTULO III

### METODOLOGÍA

El estudio realiza un análisis de la interdependencia energética que poseen los diferentes sectores que componen la economía chilena para el año 2014. Cuya fuente de información es el Balance Nacional de Energía publicado por el Ministerio de Energía, el cual entrega información respecto a la oferta y consumo de energía primaria y secundaria desagregada por sectores relevantes de consumo. Para lograr los objetivos planteados, en el siguiente apartado se define la metodología que se ha utilizado, las fuentes de información y el proceso para obtener los datos.

#### 3.1. Vector de Conversión de energía

El método presentado a continuación es una adaptación al análisis energético del método desarrollado en Alcántara (1995), desarrollado por Alcántara y Padilla en 2002 y consiste en una extensión del cálculo desagregado de elasticidad producción/demanda propuesto por Pulido y Fontela (1993; pp. 82-84), el cual ha sido explicado en el apartado 2.3.

Sea  $E$  un escalar que expresa la energía final total utilizada por el sistema productivo y  $e'$  un vector fila de energía final por unidad de producto sectorial. A partir del conocido modelo de Leontief, podemos escribir la siguiente expresión:

$$E = e'x = e'(I - A)^{-1}y \quad (3.1)$$

diferenciando (3.1) y expresando el incremento de la demanda final como una tasa proporcional de la misma:

$$\Delta E = e' \Delta x = e'(I - A)^{-1} y \alpha \quad (3.2)$$

en la que  $\alpha$  es el incremento proporcional de la demanda final.

Si ahora definimos un vector de participación de las demandas finales sectoriales en su producción efectiva respectiva, esto es:

$$s = \hat{x}^{-1} y \quad (3.3)$$

en la que  $\hat{x}$  expresa la diagonalización del vector correspondiente, podemos volver a escribir la ecuación (3.2) como sigue:

$$\Delta E = e'(I - A)^{-1} \hat{x} s \alpha \quad (3.4)$$

dividiendo por  $E$  obtenemos:

$$E^{-1} \Delta E = E^{-1} e'(I - A)^{-1} \hat{x} s \alpha \quad (3.5)$$

que expresa el incremento energético final total en función del incremento de la demanda final. Es decir, la elasticidad de  $E$  respecto de la demanda final. Esta expresión no nos dice apenas nada dado el carácter lineal del modelo, ya que  $E^{-1} \Delta E = \alpha$ . Lo que nos interesa, pues, es desagregar sectorialmente la elasticidad con el fin de obtener información relevante. Para ello, realicemos algunas transformaciones en la expresión (3.5)

Sea  $f' = (f_1, f_2, \dots, f_i, \dots, f_n)$  un vector de distribución de la energía final entre los  $n$  sectores productivos, tal que  $\sum_i f_i = 1$ . El vector de coeficientes de consumo energético sectorial final  $e'$  puede expresarse entonces como sigue:

$$e' = Ef'\hat{x}^{-1} \quad (3.6)$$

y sustituyendo en (3.5):

$$E^{-1}\Delta E = f'\hat{x}^{-1}(I - A)^{-1}\hat{x}s\alpha \quad (3.7)$$

si ahora tenemos en cuenta (Miller y Blair, 1985; p. 360):

$$\hat{x}^{-1}(I - A)^{-1}\hat{x} = (I - D)^{-1} \quad (3.8)$$

donde  $d_{ij} = x_{ij}/x_i$ , es el elemento característico de la matriz  $D$ <sup>18</sup>, que no es sino la matriz de coeficientes horizontales o de distribución de una tabla input–output, sustituyendo en (3.7) y diagonalizando el vector  $s$  obtenemos:

$$\varepsilon' = f'(I - D)^{-1}\hat{s}\alpha \quad (3.9)$$

que nos da la variación proporcional del consumo energético sectorial respecto del cambio proporcional de la demanda final. Para interpretar con más detalle esta última conclusión, diagonalizamos el vector  $f'$  y prescindimos de momento de  $\alpha$ , de forma que podemos escribir:

---

<sup>18</sup> El análisis parte de la matriz  $A$  (absorción), sin embargo, al buscar los impactos como elasticidades se llega a una matriz  $D$  (distribución). Tal como Dietzenbacher en el 2005 demuestra de una forma inmediata, la matriz de distribución o mejor la inversa de Ghosh, es una matriz de elasticidades.

$$E^y = \hat{f}(I - D)^{-1}\hat{s} \quad (3.10)$$

$e_{ij}^y$ , El elemento característico de la matriz  $E^y$ , expresa el incremento porcentual del consumo de energía final del sector  $i$  ante un cambio del 1% de la demanda final del sector  $j$ , y puede ser interpretado como elasticidad, de tal manera que, la suma de la columna del sector  $j$  expresa la variación porcentual del citado consumo energético experimentado por toda la economía ante un cambio del 1% experimentado por el sector  $j$ . No hace falta demostrar que la suma por filas de esta matriz reproduce la distribución sectorial del consumo energético y es un indicador del impacto que sobre cada uno de los sectores tendría un incremento global de la economía de un 1%. La suma por columnas tiene una correspondencia con los eslabonamientos hacia atrás (*backward linkage*) de la perspectiva de Rasmusen (1963) y la suma por filas con los eslabonamientos hacia adelante (*forward linkage*) de este autor. Sin embargo, nótese que en este planteamiento inciden, como elementos claves del impacto de la demanda en el consumo energético, tanto la estructura de la distribución del producto y la estructura de la demanda como, si atendemos a la expresión (3.8), la estructura productiva.

### 3.2. Impacto total y sectorial del consumo energético

Análogamente a los multiplicadores de oferta o input y expansión uniforme de los inputs primarios, Alcántara y Padilla en 2002 definen los impactos totales e impactos de distribución como:

- Impacto total ( $\sum_j e_{ij}^y$ ): incremento porcentual de energía final experimentado por toda la economía ante un incremento de un 1% del sector correspondiente.

- Impacto distributivo ( $\sum_i e_{ij}^y$ ): incremento porcentual de energía en un sector ante el incremento del 1% de la demanda final de todos los sectores.

Que no son más que la suma de los coeficientes de distribución y de absorción de la matriz inversa obtenida con la ecuación 3.10.

El modelo propuesto requiere de un escalar que compare el sector con la media de la totalidad de los sectores, este escalar se define por  $E_T$  y  $E_D$  donde estos representan los valores medianos de los impactos totales y distributivos. Con esta información sobre todos los sectores, es posible establecer una primera taxonomía sectorial que permita mostrar cuán relevante es un sector para el consumo energético final y en qué sentido lo es. De esta manera los sectores económicos se clasifican según la Figura 3.

**Figura 5: Clasificación de Sectores Económicos según Alcántara y Padilla**

	$\sum_i E_{ij}^y < E_T$	$\sum_i E_{ij}^y > E_T$
$\sum_j E_{ij}^y > E_D$	A. Sectores <b>Relevantes</b> por la demanda de otros sectores	B. Sectores <b>clave</b> , impulsan y son impulsados a consumir
$\sum_j E_{ij}^y < E_D$	C. Sectores <b>poco relevantes</b>	D. Sectores <b>significativos</b> desde la perspectiva de su demanda final

Fuente: Elaboración propia a partir de Alcántara y Padilla 2002.

### 3.3. Clasificación de sectores

Según la Figura 3 en el cuadrante A se situarían aquellos sectores que, en términos relativos, destacan como inputs de otros procesos productivos. Su consumo viene determinado, en parte, por la demanda de otros sectores. En consecuencia, las políticas de ahorro energético que puedan afectar a la magnitud de su producción podrían generar estrangulamientos en la actividad productiva.

En el cuadrante B se encontrarían aquellos sectores que consideramos *clave* para el consumo energético. Su efecto total y su participación en el consumo energético, efecto distributivo, tienen unos valores superiores a los valores medianos de todos los sectores productivos. Estos sectores impulsan, por tanto, el consumo energético de otras ramas productivas y, a su vez, son inducidos por el resto a consumir energía, de ahí sus altas participaciones en el consumo energético total.

Los sectores del cuadrante C serían los menos relevantes a la hora de diseñar una política ahorradora de energía, ya que su impacto total, dado por la suma de la columna correspondiente de la matriz  $E^y$ , así como su participación en la distribución del consumo energético final es relativamente bajo.

Finalmente, los sectores del cuadrante D destacan desde la perspectiva de su demanda final. Son sectores con un alto contenido energético, consumo directo e indirecto, aunque su participación en la distribución de la energía final sea relativamente baja. En principio, son sectores candidatos a que las políticas de ahorro energético afecten a su demanda final. No obstante, conviene tener en cuenta que el impacto total, tal como lo hemos definido, incorpora el impacto sobre el propio sector dado por el elemento correspondiente de la diagonal

principal. Por ello, desde la perspectiva de la política energética, cuando este efecto propio representa un porcentaje alto del impacto total cabe pensar en políticas dirigidas a incentivar el ahorro energético del propio sector, sin afectar por ello a la demanda (Alcántara y Padilla 2002).

### **3.4. Balance Nacional de Energía (BNE) 2014**

Chile es un país en donde el consumo de energía registra constantes incrementos producto del dinamismo de su economía, llegando a un incremento del consumo final de energía en 17,5% en los últimos 10 años. Es por esto que se hace necesario poder contar con una metodología para medir las necesidades de energía por parte de los diversos sectores económicos, y caracterizar estos en base a diferentes criterios. El Balance Nacional de Energía que entrega a disposición el Ministerio de Energía, cumple por objetivo entregar a la comunidad la oferta y consumos de energía tanto primaria como secundaria, así como la procedencia de su producción, ya sea interna o importada. De esta manera Chile está cooperando con diferentes organismos mundiales preocupados por el desarrollo humano como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico OCDE y la Agencia Internacional de Energía IEA por sus siglas en inglés. Este balance incorpora el consumo bruto de energía primaria y secundaria, Consumo final de energía, balance de energía primaria y secundaria, y los diferentes consumos sectoriales más importantes del país. Cabe mencionar que esta información es presentada en unidades físicas y en Tera Caloría (Tcal), además presenta una tabla de transformación para diferentes unidades de medidas equivalentes.

Específicamente el dato utilizado para este estudio será el consumo final de energía año 2014 distribuida en los diferentes sectores económicos, además, esta información será utilizada conjuntamente con la Matriz Insumo-Producto 2014 entregada por el Banco Central de Chile con el objeto de transformar los valores monetarios expresados en la MIP a valores energéticos.

### **3.5. Procesamiento de información**

El procesamiento de la información en primera instancia debe ir enfocado a la distribución del consumo energético final, para esto el Balance Nacional de Energía presenta los consumos finales de energía a 17 sectores<sup>19</sup>. Dentro de estos, algunos demasiados agregados, como por ejemplo *Industrias Varias*. El anexo 1 nos permite homologar la información de energía del BNE a la MIP de 111 actividades. La homologación resultante (glosa y código de 111 actividades) se presenta en el anexo 2 y 3.

Para la obtención del vector de energía a 111 actividades se procede de la siguiente manera, en primer lugar, el BNE entrega consumo de energía final para productos y grupo de actividades, para los productos es directa como por ejemplo minería del cobre, minería del hierro, cemento y sector energético. Para las restantes se procede a distribuir el consumo energético del BNE en base a la contribución del VBP que cada actividad tiene en la agrupación. De esta manera se obtuvo el vector de energía para las 111 actividades (Anexo 4).

---

<sup>19</sup> Estos sectores son agrupaciones de actividades que no tienen relación directa con los códigos y glosa de la MIP de 111 actividades.

En base al vector de energía encontrado y las matrices IP del Banco central del año 2014, mediante el uso de la metodología de Alcántara y Padilla descrita anteriormente se procede a estimar la matriz de uso energético.

Finalmente, con los datos obtenidos del Balance Nacional de Energía y su aplicación a la metodología insumo-producto se obtienen los coeficientes de impacto total y de distribución, los cuales se clasifican según la metodología propuesta para detectar sectores claves, relevantes, significativos y poco relevantes.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y RECOMENDACIONES

#### 4.1. Análisis de resultados

El resultado de aplicar la metodología ya mencionada en el capítulo anterior entrega en primer lugar una inversa de la matriz de distribución de energía a 111 actividades para el año 2014, y en segundo lugar transforma esta matriz en otra de elasticidades, en donde cada coeficiente expresa el incremento porcentual del consumo de energía final de la actividad  $i$  ante un cambio del 1% de la demanda final de la actividad  $j$ . De esta manera es posible predecir el consumo final de energía que cada actividad realiza ante variaciones en algún o todos los componentes de la demanda final. Por consiguiente, se deja a disposición de los tomadores de decisiones en políticas energéticas y general las herramientas necesarias para la construcción de modelos de medición de impactos sobre la oferta y demanda energética.

El crecimiento del consumo final de energía en Chile ha sido de una media anual del 1,6%, siendo interesante realizar un primer análisis de las responsabilidades sectoriales de este incremento. Ahora si observamos los últimos 10 años, este análisis se vuelve aún más enriquecedor ya que el incremento total del consumo de energía final ha sido del 17,5%.

En primera instancia se analiza el Balance Nacional de Energía (BNE) mostrando a la economía de manera agregada en tres sectores, primario, secundario y terciario (agregación explicada en el anexo 5), obteniendo una visión general del consumo energético final de la economía chilena.

**Tabla 9: Consumo final de energía según sectores de producción agregados en primario, secundario y terciario para el año 2014**

Sectores productivos	Porcentaje	Actividades consideradas
Primario	27,08%	1 – 18
Secundario	27,53%	19 – 73
Terciario	45,39%	74 – 111

Fuente: Elaboración propia.

El sector primario representa el 27,08% del consumo final total de energía, no obstante, gran parte de este consumo se lo lleva la minería con un 24,06% compuesto por las actividades 13 al 18. Por lo tanto, el 3,02% de la energía restante es consumida por las actividades 1 al 12 que se compone de la industria agropecuaria, industria silvícola y pesca.

El sector secundario o industrial consume un 27,53% de la energía final, del cual la fabricación de celulosa (41) consume un 6,95% de energía final y respecto a las demás actividades se comportan de manera homogénea, logrando destacar algunos de ellos como fabricación de envases de papel y cartón (42) con un 1,66% y fabricación de otros artículos de papel y cartón (43) con 1,41%.

El sector terciario o de servicios representa más del 45% del consumo final de energía y el sector que más consume es el transporte (actividad del 79 al 84) que en conjunto suman un 38,46% de energía final. A su vez, uno de los sectores relevantes es el de la construcción (actividades del 70 al 73) con un consumo final de energía de 4,73%.

Esta distribución en el consumo final de energía confirma el fenómeno moderno de las economías desarrolladas en donde la estructura económica ha cambiado hacia una basada

fundamentalmente en el sector de servicios o terciario en detrimento del sector secundario y primario.

En segundo lugar, se analiza la participación de cada actividad en el consumo final de energía, destacando los consumos más relevantes.

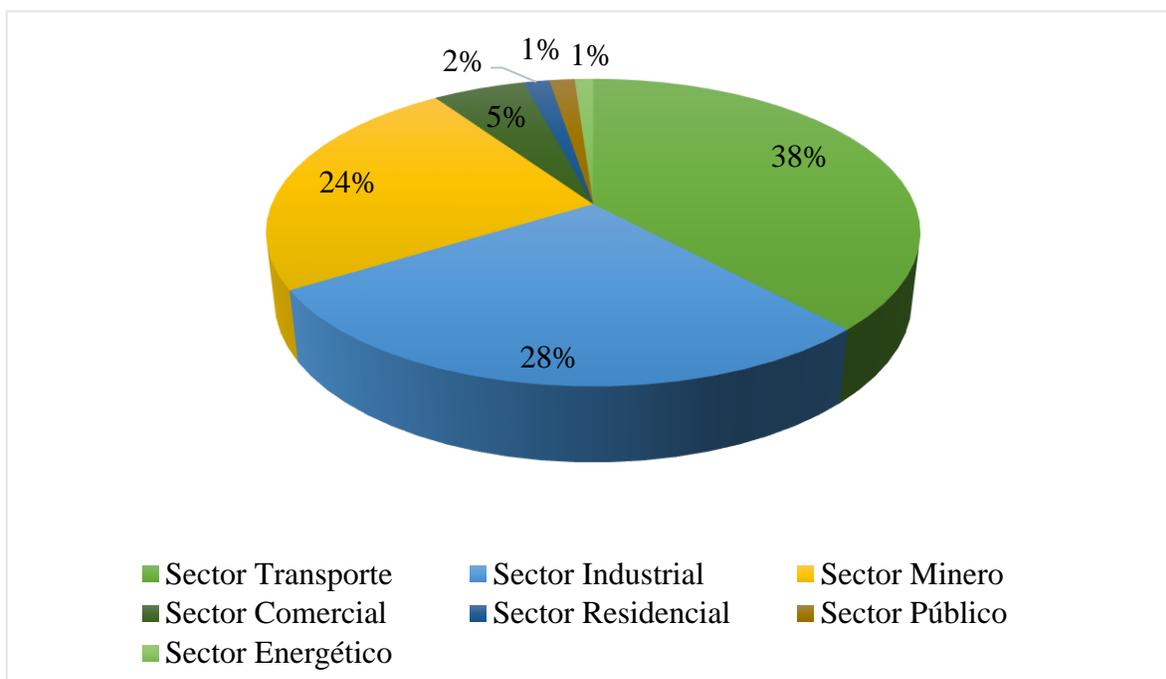
**Tabla 10: Consumo final de energía por actividades con mayor consumo año 2014**

Código MIP	Glosa MIP	Porcentaje
81	Transporte de carga por carretera	16,73%
15	Minería del cobre	15,47%
80	Otros transportes terrestres de pasajeros	14,07%
41	Fabricación de celulosa	6,95%
14	Extracción de petróleo y gas natural	4,32%
84	Transporte aéreo	3,99%
83	Transporte marítimo	2,77%
Total		64,31%

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 10 muestra la realidad del consumo final por actividades de la economía chilena, siendo siete de las ciento once actividades en estudio los que representan más del 64% del consumo final de energía, destacando entre estos, transporte, subdividido en transporte de pasajeros con un 14,07% del consumo final de energía y el transporte por carretera con un 16,73%. Por otro lado, se observa la minería del cobre con un 15,47%, y añadiendo la minería del hierro, extracción de petróleo, extracción de carbón, minería de otros metalíferos no ferrosos y la explotación de otras minas y servicios de apoyo a la minería, se obtiene el consumo de energía final del sector minería que representa más del 24%.

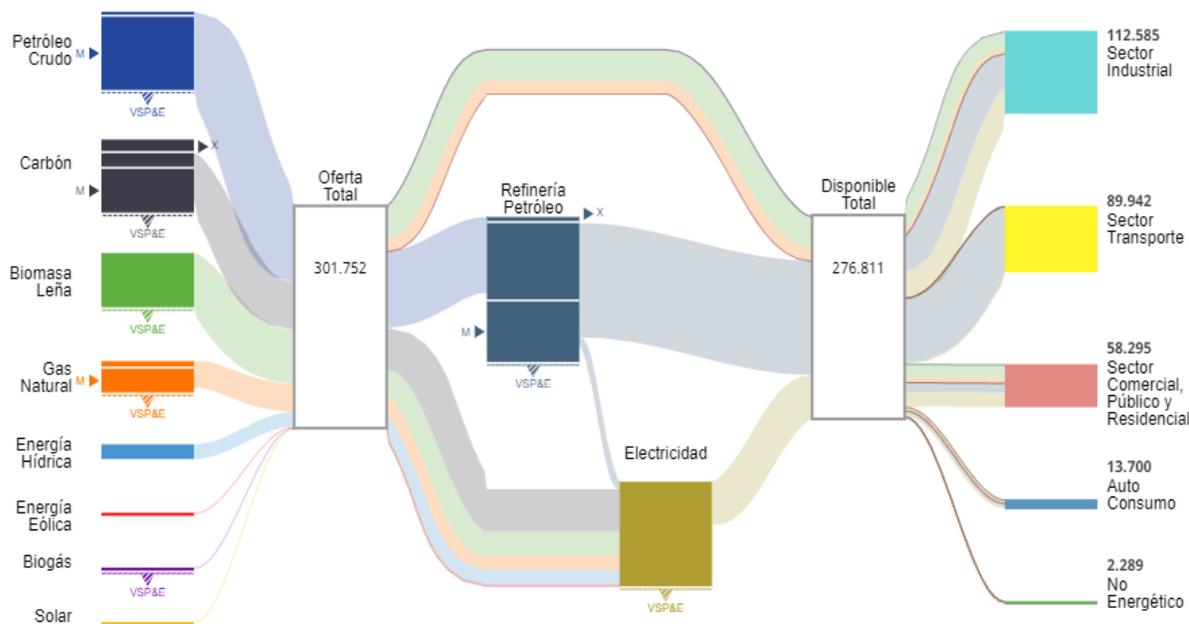
**Figura 6: Sectores con mayor consumo energético final**



La Figura 6 muestra una agregación de los resultados obtenidos en 7 sectores, destacando el alto consumo de energía final por parte del sector transporte, el cual es un fenómeno a nivel internacional según el informe de energía 2050, encontrándose este sector en crecimiento debido a las necesidades de conectividad que favorezcan el desplazamiento de las personas y el comercio nacional e internacional. Además, es posible apreciar que el sector industrial y minero lo siguen con un 28% y 24 % del consumo de energía final.

El origen y destino de la energía en la economía nacional para los sectores relevantes se visualiza en el diagrama de balance de energía generado por la Comisión Nacional de Energía adjunto.

**Figura 7: Balance Nacional de Energía en Tera Calorías (Tcal)**



Fuente: Comisión Nacional de Energía: Balance Nacional de Energía 2014.

Calculando los valores medianos del impacto total y distributivo  $E_T = 0,002430$  y  $E_D = 0,002361$  respectivamente, es posible analizar la matriz de elasticidades desprendiendo de este las siguientes conclusiones en materia de energía.

**Tabla 11: Impacto Total, Distributivo y clasificación de actividades**

Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo	Clasificación	Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo	Clasificación
1	0,0020	0,0028	A	57	0,0038	0,0015	D
2	0,0017	0,0017	C	58	0,0048	0,0050	B
3	0,0030	0,0018	D	59	0,0036	0,0027	B
4	0,0081	0,0044	B	60	0,0025	0,0017	D
5	0,0006	0,0021	C	61	0,0013	0,0012	C
6	0,0000	0,0013	C	62	0,0039	0,0015	D
7	0,0006	0,0021	C	63	0,0008	0,0005	C
8	0,0002	0,0003	C	64	0,0004	0,0052	A
9	0,0001	0,0011	C	65	0,0000	0,0005	C
10	0,0012	0,0036	A	66	0,0075	0,0036	B
11	0,0001	0,0075	A	67	0,0014	0,0018	C

12	0,0005	0,0018	C	68	0,0013	0,0006	C
13	0,0009	0,0014	C	69	0,0006	0,0003	C
14	0,0092	0,0432	B	70	0,0267	0,0109	B
15	0,1883	0,1547	B	71	0,0200	0,0079	B
16	0,0065	0,0057	B	72	0,0458	0,0158	B
17	0,0111	0,0115	B	73	0,0062	0,0126	B
18	0,0138	0,0241	B	74	0,0050	0,0017	D
19	0,0164	0,0068	B	75	0,0341	0,0071	B
20	0,0019	0,0015	C	76	0,0362	0,0061	B
21	0,0286	0,0082	B	77	0,0016	0,0006	C
22	0,0077	0,0027	B	78	0,0139	0,0026	B
23	0,0013	0,0006	C	79	0,0025	0,0044	B
24	0,0102	0,0040	B	80	0,1286	0,1407	B
25	0,0012	0,0016	C	81	0,0107	0,1673	B
26	0,0026	0,0045	B	82	0,0000	0,0046	A
27	0,0068	0,0033	B	83	0,0233	0,0278	B
28	0,0008	0,0003	C	84	0,0286	0,0399	B
29	0,0092	0,0063	B	85	0,0004	0,0003	C
30	0,0013	0,0004	C	86	0,0011	0,0006	C
31	0,0097	0,0028	B	87	0,0008	0,0011	C
32	0,0045	0,0011	D	88	0,0005	0,0002	C
33	0,0115	0,0036	B	89	0,0027	0,0014	D
34	0,0013	0,0005	C	90	0,0016	0,0007	C
35	0,0010	0,0009	C	91	0,0019	0,0009	C
36	0,0019	0,0012	C	92	0,0020	0,0015	C
37	0,0003	0,0002	C	93	0,0014	0,0006	C
38	0,0007	0,0004	C	94	0,0036	0,0042	B
39	0,0069	0,0031	B	95	0,0026	0,0010	D
40	0,0051	0,0024	D	96	0,0012	0,0010	C
41	0,0610	0,0695	B	97	0,0007	0,0026	A
42	0,0020	0,0166	A	98	0,0151	0,0051	B
43	0,0089	0,0141	B	99	0,0003	0,0013	C
44	0,0009	0,0015	C	100	0,0042	0,0034	B
45	0,0114	0,0032	B	101	0,0010	0,0032	A
46	0,0133	0,0058	B	102	0,0011	0,0013	C
47	0,0001	0,0006	C	103	0,0015	0,0033	A
48	0,0022	0,0024	C	104	0,0148	0,0052	B
49	0,0026	0,0013	D	105	0,0069	0,0029	B
50	0,0013	0,0013	C	106	0,0049	0,0019	D
51	0,0010	0,0009	C	107	0,0084	0,0023	D
52	0,0036	0,0038	B	108	0,0088	0,0028	B
53	0,0005	0,0007	C	109	0,0030	0,0006	D
54	0,0003	0,0109	A	110	0,0021	0,0006	C
55	0,0001	0,0028	A	111	0,0022	0,0011	C
56	0,0024	0,0104	B				

Fuente: Elaboración propia.

Como ya hemos mencionado el impacto total es el incremento porcentual de la energía final experimentado por toda la economía ante un incremento de un 1% de la actividad correspondiente. Atendiendo los datos de la Tabla 11, un incremento del 1% de la demanda final de la actividad cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras (1), por ejemplo, daría lugar a un incremento del 0,0020% del consumo energético total. Por otra parte, el impacto distributivo ante un incremento del 1% de la demanda final de todas las actividades provocaría un aumento del 0,0028% del consumo energético de la actividad.

Las actividades más importantes dada la magnitud del impacto total generado corresponden a minería del cobre (15) con un impacto total del 0,1883%, otros transportes terrestres de pasajeros (80) con el 0,1286%, fabricación de celulosa (41) con el 0,0610%, construcción de obras de ingeniería civil (71) con el 0,0200%, comercio minorista (76) con un 0,0362% y comercio mayorista (75) con el 0,0341% de los impactos totales.

Respecto al impacto distributivo las actividades que destacan son: transporte de carga por carretera (81) con el 0,1673%, minería del cobre (15) con el 0,1547%, otros transportes terrestres de pasajeros (80) con el 0,1407%, fabricación de celulosa (41) con el 0,0695% y la extracción de petróleo y gas natural (14) con el 0,0432% de los impactos distributivos.

Para tener una visión más clara de los impactos (impacto total y distributivo) que generan estas actividades se presentan los mismos según grupo de clasificación (B, A, D y C) con sus variables de análisis y recomendaciones generales de política.

Las actividades constituidas en el grupo B son aquellas consideradas *claves*, caracterizados por tener un impacto total y distributivo mayor a los valores medianos. La importancia de este grupo radica en que tanto por impacto total y distributivo estos alcanzan

respectivamente 0,8931% y 0,8740%. Estas son 43 actividades que representan el 39% del total.

Dentro de este grupo B se destaca su composición sectorial en término de primario, secundario y terciario la participación de esta es 13,95%, 53,49% y 32,56%, respectivamente.

Las actividades que pertenecen al grupo B y analizadas en función de su magnitud absoluta de contribución al impacto total en este grupo podemos concluir que tan solo dos actividades, en la lógica de alto, mediano y bajo, clasifican como de alto impacto (minería del cobre y otros transportes terrestres de pasajeros)<sup>20</sup>.

Las actividades que pertenecen al grupo B y analizados en función de su magnitud absoluta de contribución al impacto distributivo en este grupo podemos concluir que tan solo tres actividades, en la lógica de alto, mediano y bajo, clasifican como de alto impacto (transporte de carga por carretera, minería del cobre y otros transportes terrestres de pasajeros).

---

<sup>20</sup> Para definir las categorías alto, mediano y bajo inicialmente se determina el rango entre el mayor y menor impacto total subdividiendo este rango en tres partes iguales.

**Tabla 12: Impactos de las actividades del sector clave (grupo B)**

Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo	Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo
4	0,0081	0,0044	58	0,0048	0,0050
14	0,0092	0,0432	59	0,0036	0,0027
15	0,1883	0,1547	66	0,0075	0,0036
16	0,0065	0,0057	70	0,0267	0,0109
17	0,0111	0,0115	71	0,0200	0,0079
18	0,0138	0,0241	72	0,0458	0,0158
19	0,0164	0,0068	73	0,0062	0,0126
21	0,0286	0,0082	75	0,0341	0,0071
22	0,0077	0,0027	76	0,0362	0,0061
24	0,0102	0,0040	78	0,0139	0,0026
26	0,0026	0,0045	79	0,0025	0,0044
27	0,0068	0,0033	80	0,1286	0,1407
29	0,0092	0,0063	81	0,0107	0,1673
31	0,0097	0,0028	83	0,0233	0,0278
33	0,0115	0,0036	84	0,0286	0,0399
39	0,0069	0,0031	94	0,0036	0,0042
41	0,0610	0,0695	98	0,0151	0,0051
43	0,0089	0,0141	100	0,0042	0,0034
45	0,0114	0,0032	104	0,0148	0,0052
46	0,0133	0,0058	105	0,0069	0,0029
52	0,0036	0,0038	108	0,0088	0,0028
56	0,0024	0,0104			

Fuente: Elaboración propia.

En definitiva, estas actividades son *claves*, que deben tener en cuenta los tomadores de decisiones en política energética a la hora de decidir donde enfocar estas mencionadas políticas de ahorro.

Las actividades constituidas en el grupo A son aquellos considerados *relevantes*. Es decir, caracterizados por ser insumos para otros procesos productivos. La importancia de este grupo radica en que el impacto distributivo es mayor a su impacto total. El impacto distributivo y total de todos los sectores relevantes alcanzan respectivamente 0,0630% y 0,0093%. Estos son 11 actividades que representan el 10% del total.

Dentro de este grupo A para las actividades clasificadas en sectores primario, secundario y terciario resalta la participación homogénea siendo esta 27,27%, 36,36% y 36,36%, respectivamente.

Las actividades que pertenecen al grupo A y analizadas en función de su magnitud absoluta de contribución al impacto total en este grupo podemos concluir que tan solo tres actividades, en la lógica de alto, mediano y bajo, clasifican como de alto impacto (fabricación de envases de papel y cartón, cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras y actividades administrativas y de apoyo). Destaca el predominio de las actividades consideradas de bajo impacto las cuales en este grupo representan el 45,5%.

Las actividades que pertenecen al grupo A y analizadas en función de su magnitud absoluta de contribución al impacto distributivo en este grupo podemos concluir que tan solo una actividad, en la lógica de alto, mediano y bajo, clasifica como de alto impacto (Fabricación de envases de papel y cartón). De manera similar al análisis anterior destaca el predominio de las actividades consideradas de bajo impacto distributivo las cuales en este grupo representan el 73%.

**Tabla 13: Impactos de las actividades del sector relevante (grupo A)**

Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo
42	0,0020	0,0166
54	0,0003	0,0109
11	0,0001	0,0075
64	0,0004	0,0052
82	0,0000	0,0046
10	0,0012	0,0036
103	0,0015	0,0033
101	0,0010	0,0032
1	0,0020	0,0028
55	0,0001	0,0028
97	0,0007	0,0026

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades pertenecientes al grupo D generan en su conjunto un impacto total del 0,0522% y un impacto en la distribución del consumo energético de un 0,0204%. Si observamos estas actividades desde la demanda de sus productos, poseen un gran impacto sobre el consumo total de energía, no así la distribución del consumo energético por lo que las políticas energéticas pueden ser guiadas a primera vista a la disminución de su demanda final conduciendo de esta manera un ahorro energético. Sin embargo, ya se ha definido que el impacto total que es generado por el aumento en la demanda final del sector incluye el impacto propio de sí mismo, que viene dado por su diagonal principal en la matriz.

Las actividades constituidas en el grupo D son aquellas consideradas *significativos*, y se caracterizan por tener un impacto total mayor a la mediana y un impacto distributivo menor a su mediana. La característica de este grupo radica en que tanto por impacto total y distributivo su contribución individual y total es muy bajas. Referido a la contribución total del grupo D por ambas categorías representan respectivamente 0,0522% y 0,0204%. Estas son 13 actividades que representan el 11% del total.

**Tabla 14: Impactos de las actividades del sector significativo (grupo D)**

Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo	Clasificación
3	0,0030	0,0018	D
32	0,0045	0,0011	D
40	0,0051	0,0024	D
49	0,0026	0,0013	D
57	0,0038	0,0015	D
60	0,0025	0,0017	D
62	0,0039	0,0015	D
74	0,0050	0,0017	D
89	0,0027	0,0014	D
95	0,0026	0,0010	D
106	0,0049	0,0019	D
107	0,0084	0,0023	D
109	0,0030	0,0006	D

Fuente: Elaboración propia.

Las actividades que clasifican en el grupo C son aquellos denominadas *poco relevantes*, la cual se caracterizan por tener un impacto total y distributivo menor a su mediana. Como su nombre los indica este grupo tiene una contribución inferior al resto de grupos que representan un impacto total y distributivo 0,0460% y 0,0431% respectivamente. Sin embargo, este grupo en términos de cantidades de actividades es el grupo más numeroso, contabilizando 44 actividades que representan el 40% del total.

Dentro de este grupo C se constata la siguiente contribución sectorial en término de primario, secundario y terciario la participación de esta es 18,2%, 50,0% y 31,8%, respectivamente.

**Tabla 15: Impactos de las actividades del sector poco relevante (grupo C)**

Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo	Código MIP	Impacto total	Impacto distributivo
2	0,0017	0,0017	51	0,0010	0,0009
5	0,0006	0,0021	53	0,0005	0,0007
6	0,0000	0,0013	61	0,0013	0,0012
7	0,0006	0,0021	63	0,0008	0,0005
8	0,0002	0,0003	65	0,0000	0,0005
9	0,0001	0,0011	67	0,0014	0,0018
12	0,0005	0,0018	68	0,0013	0,0006
13	0,0009	0,0014	69	0,0006	0,0003
20	0,0019	0,0015	77	0,0016	0,0006
23	0,0013	0,0006	85	0,0004	0,0003
25	0,0012	0,0016	86	0,0011	0,0006
28	0,0008	0,0003	87	0,0008	0,0011
30	0,0013	0,0004	88	0,0005	0,0002
34	0,0013	0,0005	90	0,0016	0,0007
35	0,0010	0,0009	91	0,0019	0,0009
36	0,0019	0,0012	92	0,0020	0,0015
37	0,0003	0,0002	93	0,0014	0,0006
38	0,0007	0,0004	96	0,0012	0,0010
44	0,0009	0,0015	99	0,0003	0,0013
47	0,0001	0,0006	102	0,0011	0,0013
48	0,0022	0,0024	110	0,0021	0,0006
50	0,0013	0,0013	111	0,0022	0,0011

Fuente: Elaboración propia.

Del total de energía final que consume el aparato económico, más del 87% lo consumen las actividades consideradas *claves*, demostrando que estas actividades que pertenecen a la clasificación B en términos energéticos son de principal atención cuando de aplicación de políticas energéticas se debe.

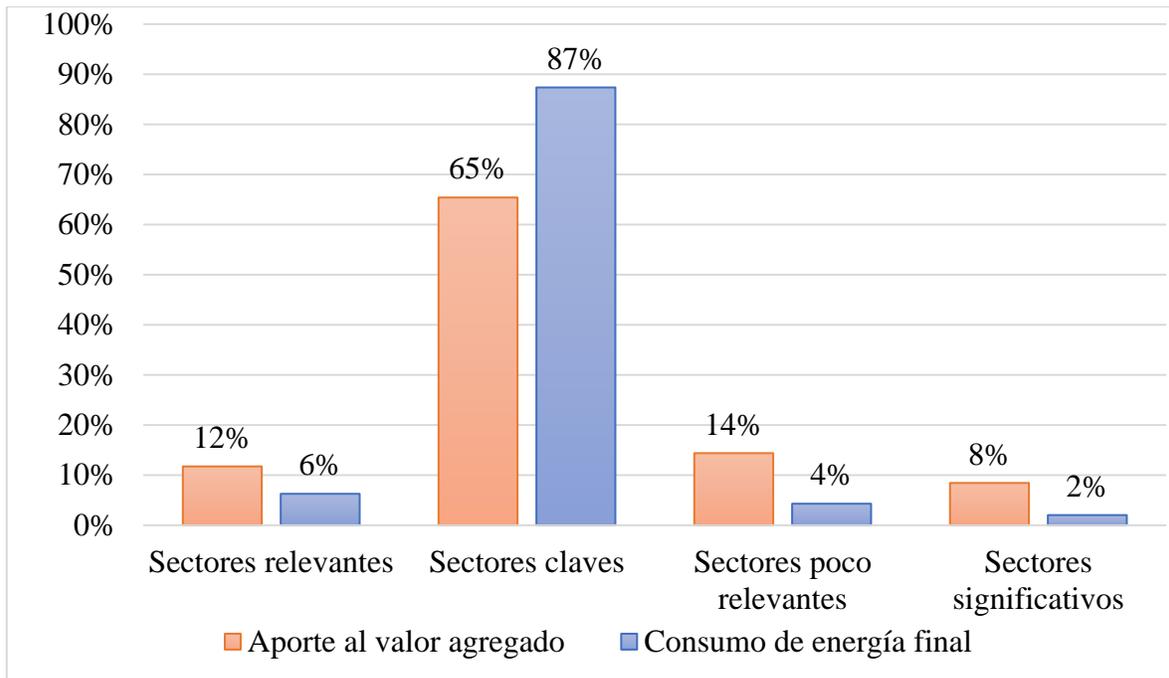
**Tabla 16: Consumo de energía final en Tcal según clasificación de grupos**

Clasificación	Consumo de energía final en Tcal	Porcentaje
Sector clave (B)	204.335	87,4%
Sector relevante (A)	14.693	6,3%
Sector significativo (D)	4.762	2,0%
Sector poco relevante (C)	10.074	4,3%
Total	233.864	

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el consumo final de energía y el aporte que realiza cada uno de los sectores al valor agregado, es posible apreciar en la Figura 8 el alto aporte que realizan los sectores claves o grupo B sin embargo es necesario un gran consumo de energía final. Es necesario destacar el sector poco relevante que a pesar de ser el que menos impactos genera y uno de los que menos energía final consume genera un alto aporte al valor agregado incluso más que el sector significativo y relevante. Esta situación puede ser de gran interés para los tomadores de decisiones ya que al aplicar políticas de ahorro de energía y a su vez continuar generando valor agregado el sector poco relevante puede ser el foco de atención para aplicar ciertas medidas que ayuden a ser más eficientes en el uso de la energía sin afectar en gran medida a la actividad económica nacional.

**Figura 8: Aporte al valor agregado y consumo final de energía según clasificación de sectores**



Fuente: Elaboración propia.

El estudio indaga la relación existente entre la clasificación según grupos con el consumo absoluto de energía final de estos, verificando una correspondencia directa entre la importancia de los grupos (B, A, D y C) con el consumo de energía final, además, se logró visualizar el aporte que cada uno de estos grupos realiza al valor agregado de la economía chilena.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

#### 5.1 Comentarios y conclusiones finales

A manera de resumen, este estudio ha contribuido en colocar a disposición de los tomadores de decisiones de política, una matriz insumo-producto energética en la máxima desagregación posible (111x111 actividades) para el año 2014, que expresa por medio de sus coeficientes el incremento porcentual del consumo de energía final de una actividad  $i$  (fila) ante un aumento del 1% de la demanda final de la actividad  $j$  (columna).

A partir de esta matriz que puede ser interpretada como elasticidades, es posible calcular los eslabonamientos hacía atrás, llamados impactos totales que corresponden a la suma por columna y los eslabonamientos hacia adelante, llamados impactos distributivos correspondientes a la suma por filas.

Estos eslabonamientos homogenizados por sus respectivas medianas permiten clasificar a las diferentes actividades (111) de la economía en cuatro sectores o grupos (B, A, D y C) con características diferentes en los impactos, elasticidades y consumos energéticos conocimiento que queda a disposición de los tomadores de políticas.

En cuanto a la información, fue posible desagregar los datos entregados por el Balance Nacional de Energía 2014, siendo esta el principal insumo para el desarrollo de este estudio. Sin embargo, este insumo es entregado de manera agregada destacando las actividades con mayor consumo final. Por lo que desagregar esta información por parte de las autoridades, significa un aumento en la precisión de los resultados entregados.

Es posible mencionar por medio de los resultados obtenidos en el capítulo anterior que los sectores con mayor consumo de energía final están relacionados al transporte, como la actividad 81 de la glosa MIP transporte de carga por carretera y la actividad 15 minería del cobre. También es destacable los resultados respecto a la tercerización que se está dando desde un punto de vista energético, observamos que el consumo de energía final se está trasladando desde actividades primarias y secundarias a actividades de servicios que son en Chile una de las actividades en donde se crean más empresas dando trabajo e incentivando la actividad económica, desarrollando el crecimiento en el país. En definitiva, las políticas de ahorro energético deben ser dirigidas a las actividades de mayor consumo energético e impacto total y distributivo, que se concentran en lo que en esta metodología se define como sectores claves, además, es necesario poner atención a las posibles medidas aplicables a los sectores poco relevantes ya que estos entregan un aporte al valor agregado más alto que los sectores significativos y relevantes.

El estudio, mediante la generación de matrices de producción y uso energético en el formato insumo-producto representa una modesta pero necesaria contribución al proceso de construcción de modelos de predicción e impacto que cambios en la matriz productiva y demanda final ocasionan en las correspondientes matrices de oferta y uso de energía.

Además, este estudio no pretende presentarse como punto final, sino que por el contrario como punto de partida para otras investigaciones con el enfoque insumo-producto que permitan mejorar y detallar los estudios relacionados al consumo y efectos de la energía en el sistema productivo nacional.

Finalmente entregar encarecidamente como recomendación, el uso de modelos que predigan las reacciones del complejo funcionamiento de la economía en temas tan importantes como el consumo energético. De esta manera se contribuye al entendimiento de las complejas relaciones existentes en la economía y los impactos que estas pueden generar.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Ali, H. (1970). Input-output analysis of energy requirements: An application to the Scottish economy in 1973. *Energy Economics*, 1(4), 211-218.
- Alcántara, V. and Roca, J. (1995). Energy and CO2 emissions in Spain. *Energy Economics*, 17(3), pp. 221-230.
- Alcántara, V. y Padilla, E. (2002). Nota metodológica sobre la determinación de sectores clave en el consumo de energía final: una primera aproximación al caso español. ResearchGate.
- Alcántara, V. y Padilla, E. (2008). De los consumos finales de energía a los requerimientos de energía primaria y las emisiones de CO2.: Aproximación a partir de los balances de energía. Aplicación a Cataluña, 1990-2005. ResearchGate.
- Banco Central de Chile. (2000). Matriz de Insumo Producto de la Economía Chilena 1996. Santiago de Chile.
- Banco Central de Chile. (2008). Anuario Estadístico 2008-2014, Cuentas nacionales, Series de Cuentas Encadenadas De Producción. Santiago de Chile.
- Bullard, C; Penner, P y Pilati, D. (1976). Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. University of Illinois at Urbana Champaign, 214.
- Carlsson-Kanyama, A. (2000). Energy use in the food sector: A data survey. Technical report, Department of Systems Ecology, Stockholm University.

- Chernery, H. Watanabe T. (1958). International comparisons of the structure of production. *Econometrica*, 4(26).
- Dietzenbacher, E. (2005). More on multipliers. *Journal of regional science*, 45(2), pp. 421-426.
- Garrido, A. (2009). La energía como elemento esencial del desarrollo: Consecuencias de un modelo energético insostenible. *Crisis energética*.
- Gould, B. and Kulshreshtha, S. (1986). An interindustry analysis of structural change and energy use linkages in the Saskatchewan economy. *Energy Economics*, 8(3), pp. 186-196.
- Han, X. and Lakshmanan, T. (1994). Structural changes and energy consumption in the Japanese economy 1975-1985: an input output analysis. *The Energy Journal*, 15(3), pp. 165-188.
- Herendeen, R. and Bullard, C. (1974). Energy cost of goods and services, 1963-1967. Center for Advanced Computation, University of Illinois at Urbana Champaign, 140.
- Hernández, G. (2012). Matrices Insumo-Producto y Análisis de Multiplicadores: una Aplicación para Colombia. *Revista De Economía Institucional*, 13(26), pp. 203-221.
- Hirschman, A.O. (1958). *The Strategy of Economics Development*. New Haven. Yale University Press. Edición en español: *La estrategia del desarrollo económico*, Fondo de cultura Económica, México, FCE, 1961.

Hsu, G. (1989). Energy multipliers for economic analysis: An input-output approach. *Energy Economics*, 11(1), pp. 33-38.

International Energy Agency, (2019). *World Energy Balances, Statistics & Data*. Recuperado de <https://www.iea.org/statistics>.

Lenzen, M. (2001). A generalized input output multiplier calculus for Australia. *Economic Systems Research*, 13(1).

Lenzen, M. (2006). Primary energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: an input-output analysis. *Energy Policy*, 26(6), pp. 495-506.

Leontief, W. (1936). Quantitative input-output relation in the economic system of the United States. *Review of Economics and Statistics*, 18, pp. 105-125.

Leontief, W. (1941). *The Structure of the American Economy, 1919-1939: An Empirical Application of Equilibrium Analysis*. Oxford University Press, New York.

Mardones, C. (2012). Chile: Elaboración de un modelo de equilibrio general computable y su aplicación a la región del Biobío. *Revista Cepal* 106.

Miller, R. y Blair, P. (1985). *Input-Output Analysis: foundations and extensions*. Prentice-Hall, New Jersey. Capítulo 2 y 4.

Ministerio de Energía (2019), *Comisión Nacional de Energía, Anuario Estadístico 2017*. Santiago de Chile. Recuperado de <https://www.cne.cl/nuestros-servicios/reportes/informacion-y-estadisticas>

Ministerio de Energía (2019), Energía Abierta. Balance Nacional de Energía 2014. Santiago de Chile. Recuperado de <http://energiaabierta.cl/visualizaciones/balance-de-energia>

Ministerio de Energía, (2019). Energía 2050: Política Energética de Chile. Santiago de Chile. Recuperado de <http://www.energia2050.cl>.

Miranda, J., Moraga, A., Neira, M & Salvo, S. (2006). Análisis de la estructura productiva Regional a través de la Matriz Insumo Producto: Una mirada a la Región de la Araucanía. Temuco: Ediciones Universidad de la Frontera.

Moreno, J; Alcántara, V y Padilla, E. (2009). La desigualdad en las intensidades energéticas y la composición de la producción. Un análisis para los países de la OECD. Documento de trabajo. Universidad Autónoma de Barcelona.

Pino O., Illanes W. (2003), Método Indirecto Para La Obtención De Una Matriz Insumo-Producto: Aplicación Para El Caso VIII Región Del Biobío. *Theoria*, 12 (1), pp. 75-86.

Pulido A., Fontela E. (1993) Análisis input- output. Modelo, datos y aplicaciones, Ediciones Pirámide S.A., Madrid, España.

Quesnay, F. (1758). *Le tableau économique*. Ediciones revista de trabajo, Madrid, 1974.

Ramos, C. Presno, M.J. (1999). Algunas Técnicas Ajuste de Coeficientes Input-Output: Una Comparación, Universidad de Oviedo, España.

Rasmussen, P. N. (1956). *Studies in intersectoral relations*. Einar Harcks Forlag & North-Holland Publishing Company. Copenhagen and Amsterdam.

- Schuschny, A. R. (2005) Tópicos sobre el Modelo de Insumo-Producto: teoría y aplicaciones. División de Estadísticas y Proyecciones Económicas, CEPAL; Chile.
- Soza, S. (2007). Análisis Estructural Input-output: Antiguos Problemas y Nuevas Soluciones. Tesis de Doctorado para la obtención del título de Doctor en Economía, Departamento de Economía Aplicada, Universidad de Oviedo, España.
- Tinbergen, J. (1935). Quantitative Fragen der Konjunkturpolitik. Weltwirtschaftliches Archiv, 42(1), pp. 316-399.
- Tinbergen, J. (1937). An Econometric Approach to Business Cycle Problems. Herman et Cie, Paris, 1937.
- Walras, L. (1989). Éléments d'économie politique pure.
- Wu, R. and Chen, C. (1990). On the application of input-output analysis to energy issues. Energy Economics, 12(1), pp. 71-76.

## ANEXOS

### Anexo 1: Estructura del Balance Nacional de Energía

Clasificación sectorial BNE	Categoría perteneciente a CIU REV 4	Glosa
Cobre	Clase 0729, actividades referidas al cobre	Extracción y fundición de cobre
Salitre	Clase 0891	Extracción de minerales para la fabricación de abonos y productos químicos
Hierro	Grupo 071	Extracción de minerales de hierro
Minas Varias	Divisiones 07-08	Extracción de minerales metálicos y explotación de otras minas y canteras
Papel y celulosa	División 17	Fabricación de productos de papel y de productos de papel
Siderúrgica	Grupo 241	Industria básica de hierro y acero
Cemento	Clase 2394	Fabricación de cemento
Azúcar	Clase 1072	Fabricación de azúcar
Pesca	División 03	Pesca y acuicultura
Agroindustria (*)	Divisiones 1 y 2	Actividades industriales asociadas a la agricultura, ganadería, silvicultura y extracción de madera
Construcción (*)	Divisiones 41, 42 y 43	Construcción de edificios, obras de ingeniería civil y actividades especializadas de construcción
Petroquímica	División 20	Fabricación de sustancias y productos químicos
Industrias varias	Divisiones 1,2,10,11,12,13,14,15,16,18,21,22, 23,24,25,26,27,28,29,30,31 y 32	Resto de actividades manufactureras

Comercio y servicios	Divisiones 33,36-39,45-47,52,53,55,56,58-66,68-75,77-82,90-96, y 99	Actividades de comercio y de servicio
Sanitarias (**)	Divisiones 36, 37 Y 38	Suministro de agua, tratamiento y evacuación de aguas residuales
Transporte terrestre	Grupo 492	Transporte terrestre de carga y pasajeros
Transporte ferroviario	Grupo 491	Transporte de carga y pasajeros por vías ferroviarias, incluye metro
Transporte marítimo	División 50	Transporte por vía acuática
Transporte aéreo	División 51	Transporte por vía aérea
Transporte por ducto (***)	Grupo 493	Transporte por ductos o tuberías
Público	Divisiones 84,85-88	Administración pública y defensa, enseñanza, y actividades de atención en salud humana

Fuente: Ministerio de Energía.

(\*) En ediciones anteriores de BNE estos sectores estaban incluidos en Industrias varias.

(\*\*) En ediciones anteriores de BNE este sector estaba incluido en Comercio y Servicio.

(\*\*\*) En ediciones anteriores de BNE este sector estaban incluidos en Transporte Terrestre.

**Anexo 2: Listado a 111 sectores**

Código MIP	Glosa MIP	Código MIP	Glosa MIP
1	Cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras	57	Industrias básicas de metales no ferrosos
2	Cultivo de hortalizas y productos de viveros	58	Fabricación de productos metálicos
3	Cultivo de uva	59	Fabricación de maquinaria y equipo de uso industrial y doméstico
4	Cultivo de otras frutas	60	Fabricación de maquinaria y equipo eléctrico y electrónico
5	Cría de ganado bovino	61	Fabricación de equipo de transporte
6	Cría de cerdos	62	Fabricación de muebles
7	Cría de aves de corral	63	Reparación de maquinaria y equipo y otras industrias manufactureras
8	Cría de otros animales	64	Generación de electricidad
9	Actividades de apoyo a la agricultura y ganadería	65	Transmisión de electricidad
10	Silvicultura y extracción de madera	66	Distribución de electricidad
11	Acuicultura	67	Suministro de gas y vapor
12	Pesca extractiva	68	Suministro de agua
13	Extracción de carbón	69	Gestión de desechos y reciclaje
14	Extracción de petróleo y gas natural	70	Construcción de edificios residenciales
15	Minería del cobre	71	Construcción de edificios no residenciales
16	Minería del hierro	72	Construcción de obras de ingeniería civil
17	Minería de otros metalíferos no ferrosos	73	Actividades especializadas de construcción
18	Explotación de otras minas y servicios de apoyo a la minería	74	Comercio automotriz
19	Elaboración y conservación de carne	75	Comercio mayorista

20	Elaboración de harina y aceite de pescado	76	Comercio minorista
21	Elaboración y conservación de pescados y mariscos	77	Hoteles
22	Elaboración y conservación de vegetales	78	Restaurantes
23	Elaboración de aceites	79	Transporte ferroviario
24	Elaboración de productos lácteos	80	Otros transportes terrestres de pasajeros
25	Elaboración de productos de molinería	81	Transporte de carga por carretera
26	Elaboración de alimentos para animales	82	Transporte por tuberías (gasoductos y oleoductos)
27	Elaboración de productos de panadería	83	Transporte marítimo
28	Elaboración de fideos y pastas	84	Transporte aéreo
29	Elaboración de otros productos alimenticios	85	Actividades de almacenamiento y depósito
30	Elaboración de piscos y licores	86	Actividades de apoyo al transporte terrestre
31	Elaboración de vinos	87	Otras actividades de apoyo al transporte
32	Elaboración de cervezas	88	Correo y servicios de mensajería
33	Elaboración de bebidas no alcohólicas	89	Telefonía móvil
34	Elaboración de productos de tabaco	90	Telefonía fija y larga distancia
35	Fabricación de productos textiles	91	Otras actividades de telecomunicaciones
36	Fabricación de prendas de vestir	92	Actividades de servicios informáticos e información
37	Elaboración de cuero y sus productos	93	Otras actividades de edición, producción y difusión
38	Fabricación de calzado	94	Intermediación financiera
39	Aserrado y acepilladura de maderas	95	Actividades de seguros y reaseguros
40	Fabricación de productos de madera	96	Auxiliares financieros
41	Fabricación de celulosa	97	Actividades inmobiliarias
42	Fabricación de envases de papel y cartón	98	Servicios de vivienda

43	Fabricación de otros artículos de papel y cartón	99	Actividades de servicios jurídicos y contables
44	Imprentas	100	Actividades de arquitectura e ingeniería
45	Elaboración de combustibles	101	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas
46	Fabricación de sustancias químicas básicas	102	Actividades de alquiler y arrendamiento
47	Fabricación de pinturas y barnices	103	Actividades administrativas y de apoyo
48	Fabricación de productos farmacéuticos	104	Administración pública
49	Fabricación de productos de aseo y cosméticos	105	Educación pública
50	Fabricación de otros productos químicos	106	Educación privada
51	Fabricación de productos de caucho	107	Salud pública
52	Fabricación de productos de plástico	108	Salud privada y asistencia social
53	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	109	Actividades asociaciones
54	Fabricación de cemento, cal y yeso	110	Actividades artísticas, entretenimiento y recreación
55	Fabricación de hormigón y otros productos minerales no metálicos	111	Otras actividades de servicios personales
56	Industrias básicas de hierro y acero		

---

Fuente: Banco Central de Chile.

**Anexo 3: Homologación del BNE a códigos de Cuentas Nacionales 111 sectores**

Clasificación sectorial BNE	Categoría perteneciente a CIU REV 4	Glosa	Código cuentas nacionales 111 actividades
Cobre	Clase 0729 actividades referidas al cobre	Extracción y fundición de cobre	15
Salitre	Clase 0891	Extracción de minerales para la fabricación de abonos y productos químicos	18
Hierro	Grupo 071	Extracción de minerales de hierro	16
Minas varias	Divisiones 07-08	Extracción de minerales metálicos y explotación de otras minas y canteras	17-18
Papel y celulosa	División 17	Fabricación de productos de papel y de productos de papel	41-42-43
Siderúrgica	Grupo 241	Industria básica de hierro y acero	56
Cemento	Clase 2394	Fabricación de cemento	54
Azúcar	Clase 1072	Fabricación de azúcar	29
Pesca	División 03	Pesca y acuicultura	11-dic
Petroquímica	División 20	Fabricación de sustancias y productos químicos	46-47
Industrias varias	Divisiones 1,2,10,11,12,13,14,15,16,18,21,22,23,24,25,26,27,28,29,30,31 y 32	Resto de actividades manufactureras	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-19-20-21-22-23-24-25-26-27-28-29-30-31-32-33-34-35-36-37-38-39-40-44-48-49-50-51-52-53-55-57-58-59-60-61-62-70-71-72-73
Comercio y servicios	Divisiones 33,36-39,45-47,52,53,55,56,58-66,68-75,77-82,90-96, y 99	Actividades de comercio y de servicio	63-68-69-74-75-76-77-78-85-86-87-88-89-90-91-92-93-94-95-96-97-98-99-100-101-102-103-109-110-111
Transporte terrestre	Grupo 492	Transporte terrestre de carga y pasajeros	80-81-82
Transporte ferroviario	Grupo 491	Transporte de carga y pasajeros por vías ferroviarias, incluye metro	79
Transporte marítimo	División 50	Transporte por vía acuática	83

Transporte aéreo	División 51	Transporte por vía aérea	84
Público	Divisiones 84,85-88	Administración pública y defensa, enseñanza, y actividades de atención en salud humana	104-105-106-107-108

---

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 4: Vector de consumo de energía final por sector**

Código	Energía	Código	Energía	Código	Energía
MIP	Tcal	MIP	Tcal	MIP	Tcal
1	654	38	82	75	1.662
2	398	39	721	76	1.422
3	414	40	558	77	140
4	1.031	41	16.254	78	609
5	481	42	3.872	79	1.026
6	315	43	3.305	80	32.913
7	481	44	343	81	39.118
8	64	45	754	82	1.069
9	255	46	1.357	83	6.480
10	837	47	140	84	9.336
11	1.717	48	552	85	74
12	418	49	305	86	135
13	317	50	300	87	249
14	10.107	51	201	88	36
15	36.182	52	892	89	329
16	1.344	53	173	90	170
17	2.683	54	2.551	91	201
18	5.643	55	647	92	347
19	1.579	56	2.443	93	147
20	356	57	359	94	986
21	1.911	58	1.178	95	244
22	626	59	628	96	245
23	148	60	406	97	606
24	942	61	281	98	1.183
25	363	62	347	99	304
26	1.036	63	112	100	791
27	761	64	1.219	101	750

28	77	65	114	102	302
29	1.469	66	841	103	772
30	88	67	415	104	1.227
31	654	68	131	105	674
32	262	69	72	106	454
33	837	70	2.557	107	534
34	110	71	1.857	108	662
35	215	72	3.700	109	146
36	286	73	2.954	110	152
37	37	74	406	111	247

---

Fuente: Elaboración propia.

**Anexo 5: Agregación de los 111 sectores en primario, secundario y terciario**

Primario		Secundario		Terciario	
Código MIP	Nombre	Código MIP	Nombre	Código MIP	Nombre
1	Cultivos anuales (cereales y otros) y forrajeras	19	Elaboración y conservación de carne	74	Comercio automotriz
2	Cultivo de hortalizas y productos de viveros	20	Elaboración de harina y aceite de pescado	75	Comercio mayorista
3	Cultivo de uva	21	Elaboración y conservación de pescados y mariscos	76	Comercio minorista
4	Cultivo de otras frutas	22	Elaboración y conservación de vegetales	77	Hoteles
5	Cría de ganado bovino	23	Elaboración de aceites	78	Restaurantes
6	Cría de cerdos	24	Elaboración de productos lácteos	79	Transporte ferroviario
7	Cría de aves de corral	25	Elaboración de productos de molinería	80	Otros transportes terrestres de pasajeros
8	Cría de otros animales	26	Elaboración de alimentos para animales	81	Transporte de carga por carretera
9	Actividades de apoyo a la agricultura y ganadería	27	Elaboración de productos de panadería	82	Transporte por tuberías (gasoductos y oleoductos)
10	Silvicultura y extracción de madera	28	Elaboración de fideos y pastas	83	Transporte marítimo

11	Acuicultura	29	Elaboración de otros productos alimenticios	84	Transporte aéreo
12	Pesca extractiva	30	Elaboración de piscos y licores	85	Actividades de almacenamiento y depósito
13	Extracción de carbón	31	Elaboración de vinos	86	Actividades de apoyo al transporte terrestre
14	Extracción de petróleo y gas natural	32	Elaboración de cervezas	87	Otras actividades de apoyo al transporte
15	Minería del cobre	33	Elaboración de bebidas no alcohólicas	88	Correo y servicios de mensajería
16	Minería del hierro	34	Elaboración de productos de tabaco	89	Telefonía móvil
17	Minería de otros metalíferos no ferrosos	35	Fabricación de productos textiles	90	Telefonía fija y larga distancia
18	Explotación de otras minas y servicios de apoyo a la minería	36	Fabricación de prendas de vestir	91	Otras actividades de telecomunicaciones
		37	Elaboración de cuero y sus productos	92	Actividades de servicios informáticos e información
		38	Fabricación de calzado	93	Otras actividades de edición, producción y difusión
		39	Aserrado y acepilladura de maderas	94	Intermediación financiera
		40	Fabricación de productos de madera	95	Actividades de seguros y reaseguros

41	Fabricación de celulosa	96	Auxiliares financieros
42	Fabricación de envases de papel y cartón	97	Actividades inmobiliarias
43	Fabricación de otros artículos de papel y cartón	98	Servicios de vivienda
44	Imprentas	99	Actividades de servicios jurídicos y contables
45	Elaboración de combustibles	100	Actividades de arquitectura e ingeniería
46	Fabricación de sustancias químicas básicas	101	Otras actividades profesionales, científicas y técnicas
47	Fabricación de pinturas y barnices	102	Actividades de alquiler y arrendamiento
48	Fabricación de productos farmacéuticos	103	Actividades administrativas y de apoyo
49	Fabricación de productos de aseo y cosméticos	104	Administración pública
50	Fabricación de otros productos químicos	105	Educación pública
51	Fabricación de productos de caucho	106	Educación privada
52	Fabricación de productos de plástico	107	Salud pública

53	Fabricación de vidrio y productos de vidrio	108	Salud privada y asistencia social
54	Fabricación de cemento, cal y yeso	109	Actividades asociaciones
55	Fabricación de hormigón y otros productos minerales no metálicos	110	Actividades artísticas, entretenimiento y recreación
56	Industrias básicas de hierro y acero	111	Otras actividades de servicios personales
57	Industrias básicas de metales no ferrosos		
58	Fabricación de productos metálicos		
59	Fabricación de maquinaria y equipo de uso industrial y doméstico		
60	Fabricación de maquinaria y equipo eléctrico y electrónico		
61	Fabricación de equipo de transporte		
62	Fabricación de muebles		
63	Reparación de maquinaria y equipo y otras industrias manufactureras		
64	Generación de electricidad		

65	Transmisión de electricidad
66	Distribución de electricidad
67	Suministro de gas y vapor
68	Suministro de agua
69	Gestión de desechos y reciclaje
70	Construcción de edificios residenciales
71	Construcción de edificios no residenciales
72	Construcción de obras de ingeniería civil
73	Actividades especializadas de construcción

---

Fuente: Elaboración propia.