



## **Departament d'Economia Aplicada**

**Trabajo 8 Créditos.**

**Requerimientos sectoriales de energía eléctrica en México.  
Una aplicación del concepto de entropía de Theil al análisis  
insumo-producto**

**Martha Janet GASTÉLUM VALDEZ.**

**Director: Dr. Vicent Alcántara Escolano.**

**Febrero de 2009.**

## Agradecimientos

La culminación de este trabajo de investigación significa concluir con un arduo esfuerzo realizado en colaboración con algunos compañeros y amigos del Doctorado en Economía Aplicada.

Primeramente, quiero agradecer a dos de mis compañeras y amigas incondicionales: Luz Dary y Edna. Ellas me han acompañado en el desarrollo de este proceso compartiendo mis inquietudes intelectuales, apoyándome moralmente y asesorándome en las cosas que tienen más experiencia. A luz Dary, quiero manifestar mi gratitud especialmente porque ha sabido entender la importancia que para mí ha representado realizar este proyecto y ha estado día a día compartiendo sus conocimientos conmigo. A las dos, les pido disculpas por el tiempo que les he quitado ya que sin su comprensión, apoyo, tolerancia y gran cariño que nos hemos tomado este tiempo no hubiese podido llevar a buen término esta tesina. Lo que han hecho por mí, me lo llevo en el corazón. Las quiero mucho.

En segundo lugar, quiero agradecer a mi director de tesina por la dirección y asesoramiento del trabajo de investigación. Después, tengo a un grupo de amigos que me han colaborado de forma directa o indirecta en la realización del trabajo. Entre ellos está Pep que me ha ayudado con las dudas matemáticas y me ha dedicado su valioso tiempo a resolverlas y a echar ánimos de seguir adelante, te lo agradezco mucho; Liliana, Fran, Isabel, Antonio (Avendaño) compañeros del doctorado con los que también he compartido experiencias.

Finalmente, les dedico esta tesina a mis padres. Sin ellos no hubiera podido estar aquí y subir este peldaño de la escalera profesional que me he trazado. También, se la dedico a mi hermanita Tania porque ha creído que siempre lograré mis metas y eso me fortalece, gracias mi niña. No puedo olvidar al resto de mi familia que también quiero, a mi tata Daniel, mi nana Goya, mi nana Manuela, Nallely y todos mis hermanos.

## **Tabla de contenido**

<b>Introducción.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Marco de Referencia .....</b>	<b>5</b>
2.1    Marco teórico.....	5
2.2.    Marco empírico .....	12
<b>3. Descripción de los datos .....</b>	<b>24</b>
<b>4. Metodología.....</b>	<b>25</b>
4.1    Requerimientos, directos e indirectos, de energía primaria de los sectores productivos.....	26
4.2    Análisis de la intensidad de energía eléctrica bajo un análisis insumo - producto.....	29
4.3    Estimación de la medida de inter-conectividad de las relaciones industriales .....	33
<b>5. Aplicación de la metodología al análisis de los requerimientos de energía primaria y de electricidad: El caso de México .....</b>	<b>38</b>
5.1    Evolución de los consumos finales de energía de México, 1983-2003... ..	39
5.2    Requerimientos de energía primaria en México, 2003 .....	43
5.3    Análisis de la intensidad de energía bajo un análisis insumo-producto	
48	
5.4    Estimación de la medida de inter-conectividad de las relaciones industriales .....	55
<b>6. Conclusiones .....</b>	<b>63</b>
<b>Bibliografía .....</b>	<b>67</b>

## Introducción

En los últimos años se ha logrado reconocer la importancia de la conservación del medio ambiente a la hora de realizar los procesos de producción económica. Los análisis de equilibrio general como el modelo insumo - producto convencional no tienen en cuenta la energía que entra y sale cuando se lleva a cabo el proceso productivo. Una de las formas de paliar este problema, desde la perspectiva insumo - producto, es poner los consumos energéticos de cada proceso productivo para calcular los valores de la energía (Sánchez-Chóliz, 1999). Así, los valores en energía nos estarán diciendo el consumo de energía que se utiliza para producir el producto que va a la demanda final y el que se usa para producir productos que son insumos de otras ramas.

La investigación de este trabajo se enmarca precisamente en esta cuestión al efectuar un análisis empírico de los sectores claves del consumo de energía. El estudio, sin embargo, no intenta ser completo, sino que se enfoca en una parte de los requerimientos totales de energía, la asociada al consumo de electricidad, así como a una parte de sus determinantes, los relacionados a las medidas de inter-conectividad.

Recurriendo al caso de México para el año 2003 como el ámbito de prueba, este trabajo tiene como *objetivo principal* analizar el papel del consumo final de la energía eléctrica en las interrelaciones de los sectores de actividad económicos. Como *objetivo secundario*, aunque necesario para la consecución primordial, se establece la identificación de los sectores clave en función de las tipologías de vínculos entre sí.

Las aportaciones más importantes del estudio se pueden resumir en dos. Primero, se establece el vínculo formal entre las relaciones de las actividades industriales mexicanas y el consumo de energía eléctrica que se materializa en un modelo insumo - producto de la energía. Contribuye, además, con una tabla

I-O simétrica aplicada al consumo de energía primaria y energía eléctrica, mediante el uso de balances energéticos y los sectores productivos.

La segunda innovación del trabajo tiene que ver con la profundización de las relaciones de inter-conectividad y del tema al que es aplicado, la energía. Generalmente, las perspectivas para las que se utiliza el modelo insumo - producto en México han sido para construir tablas a nivel estatal de los sectores productivos. No obstante, la variación en la temática es poco usual. A pesar de los estudios de naturaleza económica que abordan las interrelaciones de las ramas productivas así como la identificación de sectores claves de la economía mexicana, quedaban cosas por hacer, como la identificación de los sectores más consumidores de energía eléctrica, las fuentes de energía más utilizadas en los procesos productivos y las actividades económicas que impulsan un mayor o menor consumo de energía eléctrica. De esta forma, la investigación es pionera en utilizar el índice de Theil y las medidas de concentración con vínculos hacia adelante y hacia atrás a partir de un modelo insumo - producto de la energía, puesto que no se ha encontrado evidencia empírica que respalte este tipo de estudios para la economía mexicana. El tema en cuestión es interesante al momento en que se discute una reforma energética en el país, después de que se haya declarado que nuestra fuente principal de energía y de ingresos se está agotando: el petróleo (SENER, 2006).

La organización del trabajo se realiza en seis apartados. El primero, se refiere a esta introducción. El segundo, tiene un carácter teórico y empírico en el que se revisa la base teórica del modelo insumo - producto desarrollado por Leontief y la evidencia empírica del modelo aplicado a la energía. El tercero, se centra en describir los datos estadísticos y las fuentes de información utilizadas. El cuarto, desarrolla las metodologías utilizadas para lograr los objetivos planteados del trabajo. El quinto, dirige los esfuerzos a la consecución del objetivo principal y secundario de esta investigación, es decir, aplica un modelo empírico con el que se estiman los requerimientos de energía primaria y eléctrica y se determinan los sectores clave. En el sexto, se presentan las conclusiones.

## 2. Marco de Referencia

El cuadro conceptual que se desarrolla a continuación se basa en la explicación de las interrelaciones que se presentan en los sectores productivos de una economía: esto implica revisar las formas que existen de analizar los coeficientes del modelo insumo-producto.

### 2.1 *Marco teórico*

El modelo de insumo-producto por el lado de la demanda atribuye su desarrollo a Wassif Leontief en los años 1930-40<sup>1</sup>.

El análisis se caracteriza por mostrar una adaptación de la teoría del modelo de equilibrio general al estudio de la interdependencia cuantitativa que existe entre aquellas actividades económicas que guardan entre sí una relación recíproca (Leontief, 1965). El autor despliega una tabla que muestra el flujo de bienes y servicios que se han establecido en la economía durante un periodo determinado de tiempo, digamos un año. Su tabla de insumo-producto está basada en la Tableau Economique de Francois Quesnay y en el modelo de equilibrio general de competencia perfecta de León Walras.

A continuación se exponen los *supuestos* del modelo insumo-producto de Leontief:

El primero, plantea que la producción de un sector se destina como insumo a los sectores productivos, y al consumo de los demandantes (demanda interna, familias y Estado, demanda externa). Y el segundo, supone conocida además, de la producción total de cada sector, la cantidad de producto que un sector utiliza como insumo por cada uno de los restantes sectores productivos y la demanda final de producto de los sectores por parte de los consumidores. Además, como veremos más adelante, supone los coeficientes técnicos estáticos (relaciones estáticas y lineales) así como también demanda final exógena.

---

<sup>1</sup> El punto de partida en el estudio del modelo insumo - producto lo constituye el trabajo publicado por Wassif Leontief: The structure of the American Economy, 1919-1939.

La *formulación matemática* de la tabla insumo - producto (TIO de ahora en adelante) está dada por:

$$\begin{array}{cccccc}
 (x_1 - x_{11}) & -x_{12} & -\dots & -x_{1n} & = & y_1 \\
 -x_2 & + (x_2 - x_{22}) & -\dots & -x_{2n} & = & y_2 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & = & \dots \\
 -x_n & -x_{n2} & -\dots & + (x_n - x_{nn}) & = & y_n
 \end{array} \quad (1)$$

Esta matriz está diseñada para  $n$  sectores por tanto, la matriz es de dimensión  $n \times n$ . (en su ensayo original Leontief la exemplificó para tres sectores<sup>2</sup>), además señala que las TIO aunque están dadas aquí en cantidades físicas, en la práctica se dan en valores, permitiendo de esta manera que las mismas sean vistas como un informe de contabilidad nacional. Todas las cifras de la tabla, por tanto, representan cantidades físicas de los bienes y servicios relacionados respectivamente.

De la matriz se abstrae que a cada sector de la economía le corresponde una fila y una columna y que, de esta manera, cada **fila** muestra los productos de cada sector ( $x_{11} \dots x_{nn}$ ) que se utilizan como consumo intermedio en los  $n-1$ , sectores restantes. Las **columnas**<sup>3</sup>, por su parte, indican la producción (bienes y servicios) que cada sector utiliza en su proceso productivo y que vienen de las demás. En otras palabras, la intersección entre los sectores muestra los productos finales de un sector que son insumos para los otros sectores.

Leontief continúa la presentación de su análisis definiendo los **Coeficientes de producción**, los cuales representan la cantidad de producto del sector  $i$ , (siendo  $i = 1, \dots, n$ ) utilizada por el sector  $j$  (con  $j \neq i$ ) por unidad de su producto total. La formalización matemática de estos coeficientes está dada por:

---

<sup>2</sup> En el anexo No.1 se presenta el ejemplo utilizado por Leontief para explicar la teoría. Tomado de Análisis insumo-producto. de Leontief (1965) páginas 207-219.

<sup>3</sup> "Las cuales indican la estructura de los insumos de cada sector productivo Leontief en su ensayo: Análisis insumo-Producto (1965)"

$$a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$$

Dónde  $x_{ij}$ , es la cantidad de producto del sector  $i$ , absorbida como insumo por el sector  $j$ , y  $X_j$ , es el producto físico total del sector  $j$ .

Este concepto es importante en el sentido que el producto del sector  $i$ , que el sector  $j$ , utiliza como insumo, es proporcional a la producción total del sector  $j$ . En términos matemáticos, esto es,  $x_{ij} = a_{ij}X_j$ . Una vez definidos los coeficientes técnicos se puede presentar su matriz, que se denomina **matriz de coeficientes técnicos**.

$$\begin{matrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{n1} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{n2} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{matrix} \quad (2)$$

Vale la pena recordar que Leontief fue claro al señalar que en la práctica la matriz estructural se calcula con base en tablas insumo - producto valoradas monetariamente.

A partir de las dos matrices presentadas se construye entonces la conocida matriz de Leontief, sustituyendo los valores  $x_{ij} = a_{ij}X_j$  en la matriz insumo producto. Con esta sustitución se obtienen  $n$  ecuaciones generales de equilibrio (razón por la que el autor dice que el análisis insumo producto es una adaptación de la teoría neoclásica de equilibrio), tal como sigue:

$$\begin{matrix} (1-a_{11})x_1 & -a_{12}x_2 & -a_{13}x_3 & \dots & -a_{1n}x_n & = & y_1 \\ -a_{21}x_1 & (1-a_{22})x_2 & -a_{23}x_3 & \dots & -a_{2n}x_n & = & y_2 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & = & \dots \\ -a_{n1}x_1 & -a_{n2}x_2 & -a_{n3}x_3 & \dots & (1-a_{nn})x_n & = & y_n \end{matrix} \quad (3)$$

Como se observa en la matriz 3, los coeficientes no son más que los parámetros del modelo y las  $n$  ecuaciones están definidas entre los productos totales,  $x_1 \dots x_n$

de los  $n$  sectores productivos y la demanda final de bienes,  $y_1 \dots y_n$  por parte de las familias y el estado. **Esta es la denominada matriz de Leontief** que está definida por :

$$(I - A) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 - a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & 1 - a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & 1 - a_{nn} \end{pmatrix} \quad (4)$$

Y, la matriz  $(I - A)^{-1}$  es la **matriz inversa de Leontief**, que se constituye como la matriz de requerimientos de coeficientes directos e indirectos por unidad de demanda final.

El sistema de ecuaciones (3) puede expresarse matricialmente como sigue:

#### Reordenación del sistema insumo - producto estático

$$\left[ \begin{pmatrix} 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ 0 & 0 & \dots & 1 \end{pmatrix} - \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix} \right] * \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix} \quad (5)$$

En forma compacta:  $(I - A)x = y \quad (6)$

Cuya solución es:  $x = (I - A)^{-1}y \quad (7)$

Y en forma desagregada:

$$\begin{aligned} x_1 &= A_{11}y_1 + A_{12}y_2 + \dots + A_{1n}y_n \\ x_2 &= A_{21}y_1 + A_{22}y_2 + \dots + A_{2n}y_n \\ \dots &= \dots \dots \dots \dots \\ x_n &= A_{n1}y_1 + A_{n2}y_2 + \dots + A_{nn}y_n \end{aligned} \quad (8)$$

Donde la constante  $A_{ij}$ , representa el incremento del producto  $x_i$  del sector  $i$ -ésimo, si la demanda de  $i$ , esto es si  $y_i$ , que es la cantidad del bien  $i$ , utilizada por los consumidores finales se incrementa en una unidad. Dicho de

otro modo,  $A_{ij}$  son los elementos de la matriz inversa de coeficientes técnicos que miden impactos directos e indirectos sobre  $n$  productos. En efecto, si  $i = j$  el incremento medido por  $A$ , afectaría directa e indirectamente al sector  $i$ .

De otro lado, si  $i \neq j$ , entonces el impacto de  $A$  sobre  $x_i$  indicaría que este producto se impacta indirectamente dado que el sector  $i$  debe incrementar su producto (insumo) para los demás sectores, que a su vez deben proporcionar una mayor producción (insumos),  $y_j$  para las familias que son consumidores finales del sector  $j$ .

Para terminar con el análisis básico de la solución de las ecuaciones de equilibrio, señala Leontief la importancia de tener en cuenta que para hallar los valores de los  $n$  productos totales,  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , es decir, para que exista una combinación de productos totales positivos que permita hallar la matriz inversa de la matriz de coeficientes  $A_{ij}$ , es necesario que ninguno de los elementos de ésta matriz sea negativo y para que esto se cumpla es necesario que la suma de los coeficientes de cada columna o de cada fila, de la matriz 2 o, lo que es lo mismo, de la matriz estructural sea menor que uno. En términos económicos, esto significa que la suma de los insumos requeridos por parte de los  $n$  sectores que forman la economía no puede ser mayor que la capacidad total de producción.

Llegados a este punto, se observa que lo único que queda por calcular es el empleo total, es decir el insumo total de las familias, representado por el sector  $n+1$  que es la demanda final, sector que en un sistema producto-insumo abierto es exógeno<sup>4</sup> y por tanto este término no aparece ni en la matriz 3 ni en la Solución general de las ecuaciones de equilibrio. El cálculo del empleo total se puede realizar una vez se han hallados los productos de los  $n$  sectores. Esto es:

---

<sup>4</sup> "Las familias no tienen por qué ser consideradas necesariamente como formando parte de los sectores exógenos como hemos supuesto en el ejemplo antes referido. Al estudiar los problemas de formación de la renta en su relación con el empleo, puede considerarse al modo (Keynesiano) que las cantidades de bienes y servicios absorbidos por las familias dependen estructuralmente del nivel general de empleo, ..." Leontief, en Análisis económico Insumo-Producto" página 216.

$$X_{n+1} = a_{n+1,1}X_1 + a_{n+1,2}X_2 + \dots a_{n+1,n}X_n + y_{n+1} \quad (9)$$

**Sector externo (exportaciones e importaciones):** si al estudiar una economía, se observa a través de sus datos que comercia con el exterior, su balanza comercial se puede sumar o restar a la demanda final. En términos matriciales, simplemente se sumaría una columna que se corresponda con la demanda final y sumar así, a los bienes consumidos por las familias, la cantidad exportada por la economía y si es el caso de las exportaciones restarlas.

$$y_1 = x_{1n} + e_1, y_2 = x_{2n} + e_2 + \dots y_n = x_{nn} + e_n \quad (10)$$

Donde  $e_i$ , con  $i = 1, \dots, n$  son las exportaciones con signo positivo y las importaciones con signo negativo.

En cuanto a los productos sectoriales, estos se hallan a partir de la solución general de las ecuaciones de equilibrio.

En su análisis Leontief también presenta la obtención de los precios del sistema insumo-producto estático y abierto<sup>5</sup>. Este sistema conserva la estructura de la expresión 3 (sistema insumo-producto estático) salvo que aquí el sistema de ecuaciones establece que cada sector productivo recibe un precio por unidad de producto que es igual no sólo a los gastos que dicha producción ha originado (compra insumos producidos por el sector mismo y al resto de sectores), sino que también incluye los pagos que el sector en cuestión hace a los sectores exógenos (recursos primarios), esto es incluyen el valor añadido del sector. Matricialmente tendríamos el siguiente modelo de precios:

---

<sup>5</sup> El modelo se considera abierto, ya que relaciona la producción total de un sector con las demandas finales de todos los sectores; es decir, considera no sólo las necesidades de producción para satisfacer la demanda final, sino también toda la cadena de reacciones que ello implica en las transacciones intersectoriales. Así pues, la demanda final se considera como si fuera exógena.

$$\begin{array}{cccccc}
 (1-a_{11})p_1 & -a_{21}p_2 & -\dots & -a_{n1}p_n & = v_1 \\
 -a_{12}p_1 & + (1-a_{22})p_2 & -\dots & -a_{n2}p_n & = v_2 \\
 \dots & \dots & \dots & \dots & \\
 -a_{1n}p_1 & -a_{2n}p_2 & -\dots & + (1-a_{nn})p_n & = v_n
 \end{array} \quad (11)$$

Donde  $v_i$ , con  $i = 1, \dots, n$ , es el valor añadido de cada sector. En otras palabras, son los pagos hechos por el sector  $i$  por unidad de producto a los sectores exógenos. Los pagos hacen referencia a los salarios, intereses de capital, impuestos, entre otros.

Las ecuaciones de este sistema representan el equilibrio que existe entre el precio recibido y el valor añadido de cada sector y como se observa, los coeficientes de las filas de la matriz 3 son ahora los coeficientes de las columnas.

La solución de las ecuaciones de precios está dada por la determinación de los precios de todos los bienes y servicios en función de los pagos o del valor añadido por unidad de producto de cada sector. Siguiendo un razonamiento semejante al que utilizamos en el esquema del modelo de demanda, llegaríamos a la siguiente solución en el modelo de precios:

$$\begin{aligned}
 p_1 &= A_{11}v_1 + A_{21}v_2 + \dots + A_{n1}v_n \\
 p_2 &= A_{12}v_1 + A_{22}v_2 + \dots + A_{n2}v_n \\
 \dots &= \dots \dots \dots \dots \\
 p_n &= A_{1n}v_1 + A_{2n}v_2 + \dots + A_{nn}v_n
 \end{aligned} \quad (12)$$

De igual manera que en el caso de la solución general de equilibrio del sistema insumo-producto, aquí la constante  $A_{ij}$ , mide la dependencia del precio  $p_j$  del producto producido por el sector  $j$ , en proporción al valor añadido del sector  $i$ . De igual manera que en el caso anterior, se invierten las filas y las columnas de esta matriz con respecto a la matriz de la solución general de equilibrio del sistema insumo-producto.

## 2.2. *Marco empírico*

El modelo insumo producto mide la interdependencia cuantitativa que existe entre aquellas actividades económicas que se desarrollan entre sí de forma recíproca. Los supuestos que establece y los datos que arroja han hecho que sus aplicaciones abarquen muchos campos de la ciencia económica<sup>6</sup>. En este apartado se presentan algunos desarrollos realizados al modelo, como por ejemplo, el trabajo de Ghosh en 1958, Raa en 2005, y el estudio compilatorio de Hoekstra en el año 2005, etc. Asimismo se exponen algunas aplicaciones del análisis referidas a la energía y a las emisiones. Se incluye también evidencia empírica de trabajos que han utilizado el índice de Theil y la curva de Lorenz. Es importante, mencionar que el marco empírico se centra en el ámbito internacional ya que no se encontró evidencia de aplicaciones a la energía en el caso de México.

**Ghosh (1958)<sup>7</sup>,** presenta una formulación del modelo insumo producto de Leontief por el lado de la oferta. El autor menciona en su artículo que: “una matriz de transacciones insumo-producto puede ser concebida en términos de una posición de equilibrio de dos fuerzas inter-actuantes. Estas fuerzas pueden ser expresadas como factores técnicos a través de una función de producción o como factores de mercado mediante funciones de asignación”. El modelo se caracteriza por emplear una matriz de distribución, en vez de una técnica, y de la cual se derivan cambios en el cálculo de los coeficientes. Ghosh desarrolla un modelo muy similar al insumo-producto convencional. Los *supuestos* básicos del modelo son: a) considera una economía que consta de sectores económicos; b) el valor que un sector recibe desde otros sectores son funciones lineales de sus desembolsos. La diferencia más importante en este modelo de oferta de Ghosh, sin mucho éxito en su aplicación, es la forma de estimar los coeficientes de la matriz de relaciones intersectoriales o técnicos, que ahora se llamarían

---

<sup>6</sup> Para ver una síntesis de los modelos insumo-producto y sus aplicaciones, veáse Fontela y Pulido (1993).

<sup>7</sup> El artículo de Ghosh publicado bajo el título “Enfoque Insumo-Producto en un sistema de distribución” es considerado como la estructura central en el análisis y desarrollo posterior del modelo e investigación empírica relacionada con el análisis insumo- producto de lado de la oferta.

coeficientes de distribución. Aquí, los coeficientes de distribución son estimados de forma horizontal y no vertical como en la matriz técnica. Por último, la interpretación del resultado obtenido con la matriz inversa de Ghosh, consiste en señalar, cómo varía el aumento en una unidad de producto del sector  $j$  debido al aumento de una unidad en el producto del sector  $i$ .

**Hoekstra, R. (2005)**, aplica seis pasos necesarios para construir una tabla insumo-producto mercancía por mercancía con elementos no negativos en unidades híbridas para el año 1990 y 1997 de la economía holandesa. Los datos utilizados provienen de las estadísticas de las cuentas nacionales holandesas (CBS). Su objetivo es llegar a una tabla híbrida en la cual los productos del hierro, el acero y los plásticos estén medidos en unidades de masa (1000 millones de kilogramos) mientras el resto de mercancías estén valoradas monetariamente (en millones de euros, a precios constantes de 1997). La metodología para construirla la resume en siete pasos: 1) construir una tabla de origen y destino monetaria a precios constantes de 1997; 2) construir una tabla de origen y destino en términos físicos; 3) construir las tablas de origen y destino híbridas; 4) construir una tablas de origen y destino cuadradas (simétricas); 5) construir la tabla de insumo-producto mercancía por mercancía híbrida y; 6) construir una tabla insumo-producto mercancía por mercancía en unidades híbridas no negativas. Así, los resultados encontrados fueron que existían diez mercancías de hierro, acero y plástico en kilogramos y 46 mercancías a precios de 1997. Además, de que se incluyen nueve categorías de insumos primarios además de exportaciones, consumo privado, consumo público, inversión, cambios en los stocks e importaciones. Así, esta metodología sienta las bases para el análisis de descomposición estructural y la previsión de escenarios de los productos clave utilizados en la economía que dan surgimiento a una amplia gama de problemas ambientales.

**Miller y Blair (1985)** en su estudio examinan la forma en que el análisis insumo- producto ha sido extendido para poder contabilizar los flujos de energía inter-industrial en unidades híbridas. Se menciona que el enfoque

insumo-producto de energía determina la energía total requerida para entregar un producto a la demanda final. Esto nos da información sobre la energía consumida directa e indirectamente en un proceso de producción industrial como energía incorporada en los insumos industriales<sup>8</sup>. Desarrollan unas aplicaciones a las transacciones insumo - producto de la economía estadounidense en unidades híbridas, es decir en valores monetarios para los sectores no energéticos y en valores físicos para los sectores energéticos, para el año 1963, 1967 y 1972. Aplican la metodología insumo - producto de la energía a varios de los problemas actuales en la aplicación: análisis de energía neta, un impuesto a la energía, costes de energía de bienes y servicios y el impacto de nuevas tecnologías de energía. Concluyen que el hecho de considerar unidades híbridas supera la limitación de muchos trabajos en el que los coeficientes de energía dependen del nivel de demanda final y que, además, cumplen con las condiciones de conservación de la energía.

**Raa, T. (2005)** recomienda la extensión del sistema de cuentas nacionales por una que incluya las cuentas medioambientales. Así, se considera que la producción además de producir bienes y servicios también produce contaminantes. Establece dos *supuestos* a la contabilidad medioambiental: a) las entradas de los contaminantes deben estar en unidades físicas. Esto es, los valores monetarios son iguales a cero; b) Las cuentas no están balanceadas. Esto requeriría contar con datos de activos medioambientales. Y por tanto, las salidas en las cuentas de stocks se acomodan a las cuentas de flujos de comercio exterior. El primer supuesto constituye el principal impedimento para que sean incluidas en las cuentas nacionales (United nations, 1993) y estas sean tratadas como cuentas satélites (United nations, 2003). El modelo que propone Raa tiene fundamentos microeconómicos. En su modelación lineal se maximiza el nivel de consumo sujeto a las materias primas, factores y balanza de pagos. Además de la dotación de recursos naturales menciona que la energía es considerada un insumo productivo más que un objetivo directamente. Esto

---

<sup>8</sup> En el modelo insumo-producto, el registrar los requerimientos de energía total son llamados intensidad de energía, es lo mismo que la matriz inversa de Leontief en el modelo convencional.

hace que si existe una técnica alternativa para obtenerla, el mecanismo de mercado la volverá rentable si es activada en un escenario eficiente. Al contrario, si hay poca actividad en la relación de costos de la nueva unidad de producción, sería inactiva en un escenario eficiente y un subsidio activaría un sector erróneo. Además, explica que cuando se descubren nuevas dotaciones de recursos naturales, la energía puede obtener ventajas comparativas de otras materias primas y el *Dutch disease*<sup>9</sup> puede aparecer. Esto se debe a que mientras la energía es más abundante, otros factores de insumos se vuelven más escasos, y su producto marginal aumenta. Por lo que si existen aumentos en los precios sombra de la moneda extranjera equivale a una depreciación de la moneda nacional.

**Casler, S. and Wilbur, S. (1983)** Los autores adaptan el modelo insumo - producto para contabilizar el uso de la energía. Este modelo es una ampliación de la formulación básica de Leontief. En su análisis establecen varios supuestos: a) la economía se divide en dos sectores: el sector uno produce productos no energéticos y el sector dos produce un producto energético tal como el petróleo crudo o el carbón y b) proporcionalidad directa entre insumos de un sector particular al producto del sector (coeficiente técnico  $a_{ij}$ ). Básicamente, cambian la ecuación de balance a unidades de energía para realizar el análisis insumo - producto de energía. Consideran, además, necesaria una transformación del sector no energético para conocer la energía que incorpora. Parten del supuesto de que cuando un sector produce energía, normalmente, absorbe más pocas unidades de energía que la que ella produce como producto. Para una economía de dos sectores, uno con sector energía y el otro sin ser productor de energía, las intensidades de energía están en función de los coeficientes de energía describiendo la economía. En definitiva, Casler y Wilbur describen la forma de incorporar la energía en la contabilidad nacional únicamente incorporando un vector de energía para los sectores energéticos y no energéticos y además transformando la equivalencia de los sectores no

---

<sup>9</sup> Se le llama así al fenómeno en el que un incremento de los recursos naturales puede causar daños a la economía. Está basado en la experiencia que la economía holandesa padeció cuando el descubrimiento de gas natural cambió las ventajas comparativas hacia la energía y causó grandes problemas de ajuste como el desempleo según sostienen Dixit and Norman 1980, o Jones y Kenen 1985).

energéticos a las distintos tipos de energía. Como resultado se obtiene una matriz insumo producto con energía y con la desagregación por tipo de energía.

**Lenzen, M. (1998).** En su trabajo realiza una descripción de los requerimientos directos e indirectos de energía primaria y gases de efecto invernadero para un conjunto de consumo final de la economía Australiana<sup>10</sup>. Su documento difiere de anteriores trabajos en cuatro puntos: a) utiliza a parte del CO<sub>2</sub>, las emisiones de otros 2 gases con efecto invernadero, el Metano (CH<sub>4</sub>) y el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O). Además, incluye las emisiones de aquellos tres gases otros como el tetrafluorometano(CF<sub>4</sub>) y el hexafluoroetano (C<sub>2</sub>F<sub>6</sub>) debido a procesos industriales sin combustión, etc; b) se consideran las importaciones y las exportaciones para obtener las emisiones de los gases de efecto invernadero atribuible al consumo de los australianos más que a la producción; c) las intensidades de gases invernaderos serán calculadas refiriéndose solamente a consumo privado y del gobierno final, cambios en los stocks, y las exportaciones sin incluir las inversiones. Estas serán tratadas como parte de la demanda intermedia en lugar de en la categoría de demanda final; d) los flujos de energía intra-industriales se calculan en unidades mixtas, es decir, en unidades de energía. Los principales resultados indican que las intensidades de energía más altas se encuentran en las industrias primarias, seguidas de las manufacturas y servicios. Siendo cuatro sectores los que presentan las mayores intensidades a saber; la generación de electricidad termal, productos de arcilla, metales básicos no ferrosos y hierro y acero, mientras que los sectores de menor intensidad energética son servicios comunitarios, otros transportes, servicios y almacenamiento y servicios financieros. Por el otro lado, el consumo final de energía más alto es comercio al por mayor y al por menor, servicios financieros, servicios sociales, y recreación y otros servicios.

**Karunaratne (1989)** realiza un análisis insumo-producto para aplicarlo a la planeación energética de la economía australiana. Una de las diferencias en su modelación es que las importaciones no son tratadas como encadenamientos

---

<sup>10</sup> El autor menciona dos publicaciones centrales en las cuales se basa la de James (1980) y la de Common y Salma (1992) para el análisis insumo-producto de flujos de energía y gases con efecto invernadero que es aplicado a la economía australiana.

con contribución negativa, como en el modelo I-O convencional, sino como un factor positivo para la demanda final. Por otro lado, los efectos totales están en función de los objetivos macroeconómicos. Estos pueden ser normalizados utilizando coeficientes de energía total para determinar los intercambios sectoriales. Los resultados obtenidos señalan que los coeficientes de intensidad de energía directa sub-estiman el uso de energía total en un promedio del 54,0%. No obstante, uno de los hallazgos más importantes es que existe fuerte correlación entre conservación de la energía y empleo ( $rel = 0.72^*$ ). Esto significa que una escasez de energía provocará que los sectores intensivos en trabajo sean más vulnerables a los efectos del desempleo. Los sectores más sensibles identificados en el caso de Australia son: equipo, entretenimiento y maquinaria. También encuentra que si las clasificaciones de los sectores se da por los intercambios entre objetivos macroeconómicos y energía, estas divergen de las clasificaciones de coeficientes totales indicando que, sobre la base de la conservación de energía, un grupo diferente de sectores puede ser identificado como óptimo: agricultura y construcción. Por tanto, concluye que existen objetivos macroeconómicos que son incompatibles con la conservación de la energía y que por tanto, se requieren juicios políticos y de valor.

**Proops, J. (1983)** el autor desarrolla la investigación en torno a la descripción de la economía desde la perspectiva de la termodinámica, su mantenimiento automático y su evolución estructural observada. Específicamente examina la relación entre organización económica y uso de energía. Para hacer esto utiliza el modelo insumo-producto de Leontief, el cual al incorporar el uso de energía efectiva se convierte en una matriz de disipación de energía en la que ésta se distribuye en la economía. Para mostrar la integralidad del conjunto de relaciones utiliza el contenido de información de la medida de Theil. Aplica esta metodología al estudio de seis países y quince tablas insumo-producto. Las relaciones que establecen son que la disipación de la energía aumenta con la organización a través de la tendencia creciente al desorden interno. Y segundo, la disipación de energía disminuye con la organización a través de la estabilidad física aumentada del sistema (efecto eficiencia). Los resultados

encontrados son que los coeficientes de organización de la información de los elementos similares de la matriz y los coeficientes de disipación de la energía son significativos (ya que son mayores que cero) al nivel de significancia del 1%. Así, según la evidencia la disipación de la energía en la economía aumenta con la organización.

**Al-Ali, H. (1979)** menciona que para poder hacer políticas energéticas efectivas se debe conocer los requerimientos totales (directos e indirectos) de energía de cada tipo de energía, las demandas finales de cada uno de los componentes de ella y las variaciones (en el corto plazo) de los precios de las fuentes de energía nacional y de los productos energéticos importados. La metodología utilizada es un modelo insumo-producto estático abierto con coeficientes técnicos promedio (iguales a su valor marginal y sin sustitución de fuentes de energía). La aplicación de esta metodología se realiza para la economía escocesa del año 1973. Los datos comprenden setenta y ocho sectores productivos, siete componentes de la demanda final y seis insumos primarios. Además, se distribuye la producción de cuatro sectores energéticos en la economía: carbón, petróleo, gas y electricidad. Los resultados obtenidos muestran que el sector que más utiliza carbón es el de la electricidad, que a su vez, su producto se destina mayormente al consumo privado. En cambio, el refinado de productos de petróleo es utilizado para producir productos que van a ser consumidos para exportaciones al resto del mundo. Mientras que el gas, lo utilizan las industrias de gas para proveer, en mayor porcentaje, al consumo privado. Finalmente, el sector eléctrico necesita en mayor cuantía de electricidad para destinarla a proveer al consumo privado. Así, revela a estos sectores como los de mayor consumo términos de consumo, inversión, exportaciones, requerimientos de los procesos de producción y en ambas. En conclusión, el autor demuestra que el modelo insumo-producto es la mejor técnica para analizar las relaciones de los sectores productivos. Además, encuentra que el sector de la energía depende de la demanda final y de las variaciones en los precios.

**Battjes, J.J. (1999)** tratan de explicar los flujos de energía de ocho países europeos que pertenecen a la OCDE utilizando un modelo insumo-producto de la energía. Los datos utilizados provienen de dos fuentes: Eurostat y de la OCDE. La información de Eurostat se refiere al uso de energía directa en términos monetarios para el año 1985. Los valores en términos físicos son los que publican las estadísticas de energía de la OCDE del año 1985. La desagregación de las tablas insumo-producto se realiza para quince sectores productivos. Se utilizan dos métodos para incorporar las importaciones: el primero, asume que la intensidad de energía incorporada (EEI) de las importaciones es igual al valor promedio de los países europeos que pertenecen a la OCDE. Y el segundo, supone que la intensidad de energía incorporada en las importaciones que provienen de los países europeos de la OCDE están determinados por considerar las intensidades de energía de la subregión y que las que provienen de los otros países son iguales al valor promedio de los países europeos de la OCDE. Con el primer enfoque, se encuentra que el estimar la intensidad de energía incorporada de las importaciones usando el promedio de EEI de los países europeos de la OCDE en lugar del EEI promedio de la economía doméstica tiene un mayor impacto (20%) sobre el cálculo de EEI. El análisis multi-región no muestra diferencias significativas con el anterior. Este enfoque permite, además, estudiar los flujos de energía en una forma dinámica al dividir los flujos de energía incorporada por regiones. El resultado agregado del balance de las exportaciones e importaciones (negativo) de los países europeos OCDE revela que esta región es una importadora neta por lo que depende fuertemente de los recursos de energía fuera de la región Europa-OCDE. Concluye diciendo que existen grandes diferencias en las intensidades de energía incorporada en cada país y estas se deben a sus estructuras económicas específicas y a la contribución de las importaciones en el total de sus recursos.

**Bullard and Herendeen (1975)** determinan cuánta energía se requiere para producir bienes y servicios de una economía. Describen un método basado en el análisis insumo-producto lineal estático que se adapta a la energía. Los datos de

la tabla insumo-producto pertenecen a la economía norteamericana desagregada a 357 sectores para el año 1967, medidos en unidades híbridas. Las unidades están medidas en joules/joules para los sectores energéticos y en joules/dólares para los sectores no energéticos. Cinco fuentes de energía son empleadas: carbón, petróleo crudo y pozos de gas, electricidad, refinados de petróleo y gas. Realizan cuatro aplicaciones: 1) el coste de energía para producir energía; 2) el coste energético total del sector del automóvil; 3) el coste energético total de un mix-eléctrico y; 4) el balance exterior de energía total de Estados Unidos de América (USA por sus siglas en inglés). Los resultados que encuentran al realizar estas aplicaciones son las siguientes: con el enfoque (1) se requieren 3.80 joules de energía primaria para entregar un joule de electricidad como electricidad; con el enfoque (2) el coste de energía total del sector del automóvil en promedio es de  $148 \times 10^9$  joules, del cual la demanda final representa el 19,8% del total del presupuesto de la energía de la nación y el 56% de esta era energía directa; con el enfoque (3) el coste promedio del mix-eléctrico era de 14 dólares en el comercio al por menor.; y, finalmente, con (4) se tiene que USA es un importador neto de energía directa en un 6% y en requerimientos totales era aún más, del 9%. Concluyen en su trabajo que si se quiere analizar un análisis insumo-producto con variaciones del consumo de energía a través del tiempo una buena forma de aproximarse es introduciendo índices de precios y la actualización de los usos de energía específica de cada sector.

**Duro y Padilla (2006)** proponen una metodología para analizar la descomposición en las desigualdades internacionales de emisiones de dióxido de carbono. Señalan que el uso del indicador de desigualdad Theil es un buen índice, debido a sus propiedades estadísticas, para mostrar el grado de responsabilidad de los países en las emisiones per cápita que afectan al cambio climático. Una variante en el estadístico Theil es que introducen unos términos de interacción, estas son las covarianzas del índice de carbonización y la energía per cápita y las intensidades de energía y el nivel de desarrollo (ingreso per cápita) para complementar a las contribuciones parciales. Su aplicación la

realizan a 114 países en cuatro años considerados: 1971, 1980, 1990 y 1999. Los resultados revelan que las desigualdades entre los grupos son el principal factor detrás de las desigualdades totales (70%). El decline en las discrepancias entre grupos se explica por la reducción en las disparidades de ingreso per cápita. Las desigualdades dentro de grupos y su importancia a nivel global aumentaron con el tiempo. En concreto, la importancia de la metodología aquí planteada es que se demuestra que las desigualdades en las emisiones totales de CO<sub>2</sub> puede ser descompuesto en factores de Kaya como una suma de la contribución de cada factor y dos interacciones. Y que esto, se puede extender aún más si se utiliza el índice de Theil a analizar los componentes intra e inter grupales.

**Alcántara y Duro (2004)** miden las diferencias internacionales de intensidad energética utilizando el índice theil, este permite obtener de forma consistente una medida al interior de los grupos y entre grupos de países. El análisis se realiza para treinta países de la OCDE durante el período 1971-1999. Entre los resultados obtenidos es importante subrayar que, se presenta una caída de las diferencias en la intensidad energética (64%) tanto al interior de los grupos como entre grupos, esto se explica por componentes de desigualdad, siendo las desigualdades entre grupos el principal contribuyente a la desigualdad total. También es importante anotar que las tendencias hacia la igualdad se presentan en un contexto de decrecimiento de la intensidad energética. Asimismo, el análisis al interior de los grupos subraya el rol significativo desempeñado por los países de la Unión Europea.

**Rong-Hwa Wu y Chia-Yon Chen (1990)** se enfocan en examinar los problemas que el modelo insumo-producto estático, debido sus supuestos, aplicado a la energía en el corto plazo presenta. Estos dos problemas se refieren a la interdependencia entre el producto de los sectores proyectado en los multiplicadores y la incorporación del efecto sustitución de cambios en los coeficientes de insumo de energía en el tiempo. Además, discuten también los impactos que provienen de la restricción de oferta de insumos primarios (impuestos, pagos a los asalariados, importaciones,etc). En síntesis, lo que se

pretende en este documento es mostrar la forma adecuada de tratar a los problemas de utilizar un modelo insumo-producto estático. Para el primer problema, si dos insumos tienen una interdependencia recíproca (en la que cada uno es un insumo mayor que el del otro) se modifican los coeficientes de tal forma que se cancelan para evitar la doble contabilidad debido a la interdependencia. Para el segundo problema proponen trabajar con un modelo insumo-producto dinámico parcial en el que se incluyan los coeficientes reales de insumo de energía (bajo la teoría de la minimización de costes).

**Jacobson et al. (2005)** subrayan en su trabajo, por un lado, la importancia que presentan los servicios de energía en la calidad de vida y en la vitalidad económica de los países, y por otro lado, la escasez de herramientas analíticas para estudiar la actividad económica y los servicios de energía. Los autores proponen utilizar la curva de Lorenz, inusualmente usada en el análisis de energía como una herramienta clave para analizar en un solo indicador el acceso a la energía y el consumo. Este trabajo permite realizar comparaciones entre países y al interior de los países, aunque lo más relevante es que la curva de Lorenz se puede utilizar en estudios longitudinales para determinar las tendencias de distribución en un país. En el estudio analizó la distribución del consumo de la electricidad residencial en cinco países: Noruega, EE.UU., El Salvador, Tailandia y Kenia. Se encontraron grandes diferencias de consumo de energía entre los distintos países, pues al comparar la proporción de población de cada país que representa la mitad del consumo total de electricidad, se encontró que en Noruega la mitad de electricidad residencial es utilizada por el 38% de los hogares noruegos, siendo que el país que presenta la mayor distribución uniforme del patrón de consumo de electricidad. Seguido de Estados Unidos, donde la mitad de la electricidad la consumen cerca del 25% de los hogares, y luego se encuentra el Salvador con el 15%, Tailandia con el 13% y Kenia con el 6%. Algunas de las razones de estas diferencias tienen que ver con las diferencias de riqueza, distribución del ingreso, políticas del gobierno de construcción de infraestructura, eficiencia energética, tamaño y distribución geográfica de la población, etc. En el estudio también se examina el cambio

temporal en la distribución del consumo de energía, teniendo de esta forma una medida de la gestión de la energía en diferentes regiones o países. En este caso se analiza el consumo de la industria y el comercio de California, durante el período 1990-2000 Los datos muestran una estabilidad relativa en los niveles de consumo y la distribución del uso de la electricidad entre las pequeñas y grandes empresas de 1990 a 1995, luego se incrementa el consumo, pero el coeficiente de Gini cae 4% a 0,62 puntos en el año 2000, esto evidencia el cambio de rol de las firmas pequeñas en el boom tecnológico, a finales de los 90's . Finalmente, los autores sugieren la realización de estudios similares para profundizar en el estudio de las relaciones entre el hombre y la energía.

**Patiño, I. (2008)** el objetivo de este trabajo es analizar las necesidades de energía primaria mediante la construcción de la matriz insumo-producto de Colombia, aplicando la metodología de Naciones Unidas. La matriz se elabora bajo el supuesto de la tecnología del producto y el supuesto de la tecnología de la industria. En el estudio se explican los fundamentos básicos del análisis insumo-producto y las principales características del modelo. Asimismo, se realizan estimaciones de los multiplicadores considerando la perspectiva tradicional y el factor de escala. La autora encontró que las industrias que provocan un mayor impacto potencial en el consumo de energía primaria (EP) son: fabricación de sustancias y productos químicos, fabricación de otros productos minerales no metálicos, transporte terrestre, acuático y aéreo. La industria que más pesa sobre el sistema industrial es la de fabricación de papel. Y la industria más afectada por el sistema industrial es la de otros sectores. Por otra parte, las industrias clave considerando los multiplicadores ponderados son: transporte por vía terrestre y otros sectores (esta industria agrupa 15 sectores relacionados con el área de servicios) . Las industrias relevantes por la demanda son las relacionadas con elaboración de productos alimenticios y construcción, y las industrias relevantes por la oferta son las que pertenecen a la agricultura, y fabricación de sustancias y productos químicos. Al considerar las importaciones, las posiciones son parecidas, valga resaltar que en esta última estimación, la fabricación de sustancias y productos químicos pasa a ser clave, y

la fabricación de productos elaborados de metal es relevante por la oferta. Estos cambios se explican por las importaciones realizadas por estas industrias.

### 3. Descripción de los datos

Las fuentes de datos utilizadas son: el balance energético del año 2003, proporcionados por la Agencia Internacional de Energía (AIE) en su publicación titulada *energy balance sheets of OECD countries*, y la Matriz Insumo-Producto de la Economía Interna a precios básicos del año 2003, publicada por el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). Se trabajó con una matriz agregada 19x19<sup>11</sup>.

Los balances energéticos contienen información de las fuentes de energía que los sectores de actividad económica utilizan para su consumo final. Las variables tomadas para el estudio se dividen en fuentes de energías *primarias* y *secundarias*.

Las fuentes de energía primaria son aquellas que son tomadas de la naturaleza directamente para producir energía. Mientras que, las fuentes de energía secundaria requieren de un proceso de transformación de las energías primarias para obtenerse.

Así, las fuentes energéticas primarias son: **Carbón** incluye todo tipo de carbón, carbón de antracita, lignita, hulla, derivados del carbón (carbón patentados, coque de carbón, coque de gas, BKB, gas de altos hornos) y carbón natural; **Crudo de petróleo**, comprende petróleo crudo, líquido de gas natural, refinado de materias primas, hidro-carbonos (mezcla de petróleo, petróleo crudo

---

<sup>11</sup> S1: Agricultura, ganadería y aprovechamiento forestal; S2: Pesca; S3: Explotación de minas y canteras; S4: Energía; S5: Alimentos, bebidas y tabaco; S6: Textil, cuero y calzado; S7: Madera y corcho; S8: Papel, productos del papel e impresión; S9: Industria química; S10: Fabricación de productos minerales no metálicos; S11: Industrias no especificadas; S12: Industrias del hierro y el acero; S13: Maquinaria; S14: Equipo de Transporte; S15: Construcción; S16: Transporte terrestre; S17: Transporte acuático; S18: Transporte aéreo; S19: Otros sectores.

sintético, aceites minerales extraídos de minerales bituminosos tales como pizarra bituminosa, arena bituminosa y aceites de la licuefacción del carbón); *Gas natural* excluye los líquidos de gas natural; *Energía nuclear* muestra el calor primario equivalente en electricidad producida por una planta de energía nuclear con una eficiencia termal promedio de 33 por ciento; *Energía solar, eólica y geo-termal* incluye la producción de energía geo-termal, solar, viento, olas y mareas y el uso de estas formas de energía para la generación de calor y electricidad; *Hidráulica* muestra el contenido de energía eléctrica producida en las plantas hidroeléctricas; *Combustibles renovables y desechos* comprende la biomasa sólida y líquida, biogas, desechos industrias y municipales (carbón vegetal, madera, desechos vegetales, etanol, desechos de animales, etc).

Las energías secundarias se refieren a: los *productos derivados del petróleo* que comprenden el refinado de gas, etano, gas licuado de petróleo (LPG), gasolina para la aviación, gasolina para motor, combustibles de jet, queroseno, gasóleo y gasolina diesel, combustóleo pesado, nafta, aguarrás, lubricantes, ceras de parafina, coque de petróleo y otros productos del petróleo, y la *Electricidad* comprende el consumo y el comercio de electricidad, el cual es contabilizado a su valor calorífico en el consumo final (es decir, 1 GWh = 0.000086 Mtoe).

Respecto a la información recogida de la matriz insumo-producto, cabe decir que esta se tenía desagregada a 79 sectores económicos clasificados según el Sistema de Clasificación Industrial de América del Norte (SCIAN 2002), sin embargo, para efectos de comparación con los balances energéticos que se basa en el sistema de clasificación industrial utilizado a nivel internacional (CIIU Rev. 3 de Naciones Unidas) se agruparon las ramas productivas en 19 sectores. (Ver anexo 1)

## 4. Metodología

La metodología utilizada en esta investigación está conformada de tres partes: a) la utilizada para la estimación de las necesidades directas e indirectas de energía primaria para proporcionar una unidad de las diferentes formas de energía final (Alcántara y Roca, 1995); b) se efectúa un análisis de la intensidad

de energía eléctrica, E/Y, bajo un análisis insumo-producto; y c) se determina la complejidad agregada de estas interrelaciones con el índice de entropía Theil, y una medida de concentración con vínculos hacia delante y hacia atrás (Claus,2002).

#### **4.1 Requerimientos, directos e indirectos, de energía primaria de los sectores productivos**

En cuanto a la parte correspondiente a la estimación de requerimientos de energía primaria fue necesario, primero, convertir la información de los balances energéticos de la AIE en un modelo insumo producto de Leontief. Para ello, se utilizó el método propuesto por Alcántara y Roca<sup>12</sup> (1995).

En su análisis, los autores ilustran la metodología, a partir de datos reales de España para el año 1980-90, como se resume a continuación:

En primer lugar, se debe realizar la elaboración de una *matriz de entradas y salidas* de los flujos de energía. Esta se nutre de la información de las hojas de balance energético, donde los elementos de las filas corresponden a las interrelaciones energéticas (o sectores energéticos) y las columnas representan los tipos de energía. Así, los datos incluidos en esta matriz corresponden (en su diagonal) a los consumos propios de su producción, que utilizan en el proceso de transformación así como a las pérdidas en su distribución. Los elementos por fuera de la diagonal, se registran tomando en cuenta los destinos que van del sector energético (elementos en filas) para dicha fuente de energía<sup>13</sup> (elementos en las columnas) o el uso que hace el determinado tipo de energía del sector energético en cuestión. Con esto, el resultado obtenido del modelo de la energía es equivalente a los consumos intermedios del modelo convencional. Los componentes de la demanda final de energía se toman, en el balance

---

<sup>12</sup> La metodología desarrollada se encuentra en el documento "Energy and CO<sub>2</sub> Emissions in Spain. (Methodology of Analysis and some results for 1980-1990)", Energy Economics 17 (3)

<sup>13</sup> Por ejemplo, para registrar los elementos fuera de la diagonal del sector del carbón (registrado en filas en la matriz de transformación), se debe ver si este sector es insumo para producir electricidad o refinado de petróleo y registrarse en la columna correspondiente (electricidad o productos derivados del petróleo).

energético, de los apartados que se refieren a diferencias estadísticas, transferencias, exportaciones y búnkers marinos internacionales. Expresado el modelo en forma matricial tenemos:

$$e = Zu + d$$

Donde  $e$  es el vector de energía total;  $Z$  es la matriz de entradas en transformación,  $d$  es el vector de demanda final y  $u$  es un vector columna unitario. Así, cada elemento de la matriz  $Z$ , es decir, todos los  $z_{ij}$  señalan el valor necesario de la fuente de energía  $i$  para producir una unidad del tipo de energía  $j$ .

En segundo lugar, se obtiene la *matriz E o de coeficientes energéticos*. Los componentes de la matriz de entradas y salidas permiten obtener los coeficientes directos de energía, primaria y secundaria, por unidad de consumo final, esto es, la matriz  $E$ , siendo  $E$  una matriz cuadrada de dimensión  $n \times n$ , donde  $n$  es el número total de tipos de energía (primaria y secundaria).

El cálculo de la matriz de coeficientes energéticos se expresa formalmente de la siguiente manera:  $E = e_{ij} / X_j$

Sin embargo, el resultado que arroja la estimación de la matriz  $E$  (de coeficientes energéticos) sólo nos dice cuáles son los requerimientos directos de energía, siendo necesario, además, el conocimiento de los requerimientos directos e indirectos para obtener una unidad de los diferentes tipos de energía debido a un incremento en una unidad de la demanda final.

Por tanto, y como tercero, se debe *estimar los requerimientos de energía total*. Para ello, el cálculo de la inversa de Leontief es necesario.

Una vez la matriz  $E$  de coeficientes energéticos es obtenida, se calcula la matriz de Leontief ( $I - E$ ), donde  $I$  es la matriz identidad (la que contiene unos en los elementos de la diagonal  $e_{ii}$  y ceros en el resto) de dimensión  $n$ . Posteriormente,

se realiza el cálculo de la inversa de la matriz de Leontief  $(I - E)^{-1}$ , la cual expresa los requerimientos de cada sector energético directos e indirectos necesarios para abastecer el incremento de la demanda final<sup>14</sup> de cada tipo de energía.

La interpretación del resultado de la inversa se puede enunciar en tres formas:

- a) los elementos  $r_{ij}$  nos dicen en cuánto debe aumentar la producción del sector energético  $i$  debido a que se desea un aumento en una unidad de la demanda final de cada tipo de energía  $j$ .
- b) la suma de las filas de la matriz es igual a la cantidad en que el sector energético  $i$  debe aumentar su producción para aumentar en una unidad lo que cada tipo de energía destina a la demanda final.
- c) Los elementos de la columna denotan la cuantía que debe aumentar cada tipo de energía cuando la demanda final para un sector determinado cambia en una unidad.

Así, los elementos contenidos en la matriz inversa de Leontief también pueden interpretarse como los multiplicadores de producción de los sectores energéticos que habrán de satisfacer la nueva demanda final.

Además de esto, los autores señalan una consideración importante al análisis. Esta consiste en clasificar las fuentes de energía en primaria y secundaria a fin de no incurrir en dobles contabilidades. Por tanto, y como quinto paso, se tendrá la estimación de una nueva *matriz de requerimientos de energía primaria* (*ES*) que en sus filas registra las fuentes de energía primaria y en sus columnas las fuentes de energía secundarias. Esta matriz refleja la eficiencia en la transformación de la energía, es decir, esta matriz nos traduce en cuanto debe ser la transformación de los consumos finales de energía a datos de energía primaria.

---

<sup>14</sup> Ver marco teórico del modelo insumo-producto para explicación detallada del cálculo de la inversa de la matriz de Leontief.

Por último, se calcula el *vector de requerimientos de energía primaria de cada una de las actividades productivas*. Esto se puede realizar ya que los balances energéticos contienen información de los consumos finales de energía por sectores de actividad económica. Para obtener esta matriz se debe definir una matriz, digamos  $C$ , que contenga las cantidades de energía final de cada tipo de energía secundaria utilizada por cada sector. Una vez definida esta, la matriz EP se puede obtener de la manera siguiente:

$$EP = ES \cdot C$$

Con ello, el resultado exhibe los requerimientos de energía primaria por cada una de las actividades productivas. Así, la aplicación de esta metodología nos permite extender la información de los consumos finales de los balances energéticos a una matriz input-output, en este caso, de requerimientos totales (directos e indirectos) de energía primaria. En el siguiente apartado, procederemos a estimar los requerimientos de energía eléctrica total de los sectores productivos, utilizando la matriz insumo-producto de las interrelaciones en el sistema económico como señala Proops (1988).

## **4.2 Análisis de la intensidad de energía eléctrica bajo un análisis insumo - producto**

En esta segunda parte de la metodología del trabajo, se analiza la estimación de los coeficientes de intensidad de energía siguiendo el modelo propuesto por Proops, J. (1988). El modelo se basa en el análisis insumo-producto de Leontief para estudiar la energía necesaria para la producción.

Proops (1988) señala que mediante el marco insumo-producto se pueden establecer vectores de intensidades de energía para una economía. Presenta dos tipos básicos de intensidad de energía: el primer tipo, en el que se relaciona el uso de energía productiva,  $E_{ind}$ , a la producción total de la economía,  $x$ , y el segundo, que atribuye uso de energía productiva a la demanda final,  $y$ . Esto se escribe de la siguiente manera:

$$c'x = E_{ind} \text{ y } c^{*'}y = E_{ind}$$

Donde  $c$  es el vector de requerimientos de energía productiva directa requerida por cada sector para producir una unidad de su producto.

El vector  $c^*$  representa los requerimientos de energía directa e indirecta de cada sector para producir el valor de una unidad de bien, entregado a la demanda final.

El primer paso de esta metodología es obtener  $c$ , el *vector de energía productiva directa*. Para ello, el uso de energía productiva total se reparte entre los sectores de la producción económica. Así, considerando todos los  $n$  sectores de la producción de la economía,  $E_{ind} = \sum_{i=1}^n e_i$ . El sector  $i$  tiene el valor del producto total  $x_i$ , por lo que  $c$  es definida por  $c_i \equiv e_i / x_i$ .

El segundo paso, consiste en calcular el vector  $c^*$ , *de requerimientos totales (directos e indirectos)*. Esto puede ser derivado de  $c$  usando estas relaciones:

$$\begin{aligned} c'x &= E_{ind} & (1) \\ c^{*'} &= E_{ind} & (2) \\ x &= (I - A)^{-1}y & (3) \end{aligned}$$

Después se sustituye en (1) a  $x$  desde (3) lo que nos da:

$$c'(I - A)^{-1}y = E_{ind} \quad (4)$$

Por último, debemos comparar (2) con (4) y obtener:

$$c^{*'} = c'(I - A)^{-1} \quad (5)$$

Con lo que tenemos ahora los dos vectores: el de relaciones directas y el de coeficientes totales. No obstante, estos exhiben gran variabilidad debido a su unidad de medida: el valor de energía/moneda tanto a nivel país como en el tiempo.

Finalmente, el autor propone que para eliminar esta variación se podría considerar *la estimación del ratio*  $c_i^e = c_i^* / c_i$ . Esta relación nos dice cuanta energía indirecta en relación a la directa se necesita para aumentar la producción debido a un aumento en una unidad de la demanda final. De esta forma, obtendríamos una medida más consistente de los componentes sectoriales determinada por la estructura interna de la economía y la inter-conectividad de las relaciones industriales.

La forma de interpretar este vector de  $c^e$  se puede entender mejor con un ejemplo. Supongamos que la intensidad de los elementos del sector minería (sector 5) es  $c_5$  es 1.69,  $c_5^*$  es 3.13 por lo que  $c_5^e$  es 1.85. Aquí  $c_5$  indica que 1.69 tce<sup>15</sup> fue usado directamente en producir 1000 dólares de bienes agrícolas. Similarmente,  $c_5^*$  muestra que 3.13 tce era usado directa e indirectamente en producir 1000 dólares de bienes agrícolas para entrega como demanda final. Por tanto,  $c_5^e$  es el valor medio de esos coeficientes que por cada unidad de tce usada por el sector agrícola para producir bienes para demanda final, 1.85 tce eran usadas en la economía en total hacia la producción de aquellos bienes agrícolas. Otra interpretación sería que por cada unidad de tce usada directamente por el sector agrícola para demanda final, cerca de  $1.85 - 1 = 0.85$  tce eran usados indirectamente en otra parte en la economía. Con esto obtendríamos el cálculo de las necesidades de energía directa e indirecta por un aumento de una unidad en la demanda final digamos de la manera convencional.

No obstante existe una *derivación alternativa de obtener*  $c^e$ . Esta puede ser revertida al modelo general insumo-producto, considerando:

$$x_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} + y_i \quad (7) \quad i = 1, \dots, n$$

---

<sup>15</sup> Toneladas de carbón equivalente.

Para ello, se parte de que la energía usada por cada sector es conocida, entonces una descripción desagregada del uso de energía dentro de la economía puede ser formulado, así:

$$e_i = \sum_{j=1}^n e_{ij} + e_i^y \quad (8) \quad i = 1, \dots, n$$

Por tanto, tendríamos que el total de energía usada en la producción del sector  $i$ ,  $e_i$ , es distribuida en la energía usada en proveer insumos a todos los  $n$  sectores de la economía,  $\sum_{j=1}^n e_{ij}$  y en la energía usada en producir bienes para demanda final,  $e_i^y$ . Asumiendo proporcionalidad nos da:

$$e_i = \sum_j q_{ij} e_j + e_i^y \quad (9)$$

Si lo escribimos en notación matricial:

$$e = Qe + e^y \quad (10)$$

Resolviendo esto para  $e$  nos da:

$$e = (I - Q)^{-1} e^y \quad (11)$$

El resultado de la formula nos indica que si la demanda final de bienes requiere para su producción el consumo de energía directa  $e^y$ , entonces la disipación de la energía total directa e indirecta por los sectores está dada por  $e$ . Si, por el contrario,  $e^y$  tiene un elemento del conjunto que sea la unidad y el resto del conjunto son ceros, entonces  $e$  es por tanto la energía total usada directa e indirectamente en toda la economía de ese sector productor de bienes para demanda final, el cual requiere directamente el gasto de una unidad de energía. Por tanto, en esta nueva derivación la suma de las columnas de la matriz  $(I - Q)^{-1}$  da los *multiplicadores de energía* análogos a los multiplicadores de valores derivados desde la matriz  $(I - A)^{-1}$  en el análisis insumo-producto convencional. Además, tiene la misma interpretación que el vector de requerimientos totales estable  $c^e$ , evitando las fluctuaciones de tipo de cambio y financieros.

Ahora, la energía productiva (si queremos analizarla en el tiempo) se da por:

$$E_{ind} = c'(I - A)^{-1} y \quad (12)$$

La ecuación (12) expresa que el uso de energía productiva depende de tres factores. Primero,  $c$ , el vector de intensidad de energía directa, el cual refleja la tecnología dentro de cada sector. Segundo,  $(I - A)^{-1}$ , el cual expresa la interrelación entre los sectores de la economía. Tercero,  $y$ , la estructura y el nivel de demanda final de bienes desde varios sectores.

Con el tiempo estos tres factores pueden cambiar de forma independiente causando un cambio total en  $E_{ind}$ . Si, con el tiempo,  $c$  cambia por  $\Delta c$ ,  $(I - A)^{-1}$  cambia por  $\Delta(I - A)^{-1}$ , y  $y$  cambia por  $\Delta y$ , entonces el cambio total  $\Delta E_{ind}$  esta dado por la ecuación en diferencia central:

$$\Delta E_{ind} = \Delta c'(I - A)^{-1} y + c' \Delta(I - A)^{-1} y + c'(I - A)^{-1} \Delta y + \frac{1}{4} \Delta c' \Delta(I - A)^{-1} \Delta y \quad (13)$$

Así cuando los cambios se dan en  $(I - Q)^{-1}$ , refleja los intercambios inter-industriales en términos de uso de energía. Por tanto, una medida agregada de complejidad de las interrelaciones es necesaria y una medida de entropía puede ser usada en estas circunstancias (Theil, 1967; Proops, 1983). Por tanto, en el siguiente apartado nos centraremos en medir la complejidad de estas relaciones inter-sectoriales.

### **4.3 Estimación de la medida de inter-conectividad de las relaciones industriales**

Como tercer apartado de esta investigación, se plantea la estimación del índice de concentración hacia delante y hacia atrás y de la medida de entropía Theil, siguiendo a Claus (2009), para medir la inter-conectividad de las relaciones industriales.

Las medidas de inter-conectividad tienen como objetivo medir el número de ventas y compras directas e indirectas de los sectores económicos. En este apartado, utilizaremos las medidas de concentración y la entropía de Theil como una medida de dispersión para determinar el grado de inter-conectividad industrial.

El cálculo de los índices deriva de las matrices de coeficientes directos ( $Q$ ) y totales ( $I - Q$ )<sup>-1</sup>, en términos de uso de energía encontrados en el apartado b).

El **índice de concentración** permite conocer el número de transacciones entre las industrias (demanda intermedia). Se estima a partir de la matriz de coeficientes directos  $Q$  de los sectores intermedios en términos de energía. Para ello, supone que la demanda final es igual a cero. Esta matriz se normaliza al sumar las filas

$q_{i \cdot} = \sum_{j=1}^N q_{ij}$  y las columnas  $q_{\cdot j} = \sum_{i=1}^N q_{ij}$  para todo  $i$  y  $j$ , respectivamente. Entonces,

el resultado que obtenemos al sumar estas filas y columnas son unas matrices que llamaremos  $c_i = [c_{i,j}]$  y  $c_j = [c_{i,j}]$  las cuales contienen a todos los elementos  $c_{i,j} = q_{ij} / q_{i \cdot}$  y  $c_{j,i} = q_{ij} / q_{\cdot j}$ .

Así, las medidas de concentración mide los vínculos hacia delante<sup>16</sup> adaptado a la energía eléctrica formalmente se plantea de la siguiente manera:

$$G_i(q_{ij}) = \left[ N(1 - \sum_{j=1}^N (c_{i,j})^2) \right]^{1/2} \quad (14)$$

Mientras que la medida de concentración con los vínculos hacia atrás<sup>17</sup> adaptado a la energía eléctrica se formula:

$$G_j(q_{ij}) = \left[ N(1 - \sum_{i=1}^N (c_{j,i})^2) \right]^{1/2} \quad (15)$$

---

<sup>16</sup> Los *vínculos hacia delante* muestran el aumento de la producción del sector  $i$  necesaria para proveer los insumos requeridos para producir una unidad adicional del producto que va a la demanda final.

<sup>17</sup> Los *vínculos hacia atrás* mide el impacto sobre las industrias proveedoras debido a un aumento de una unidad en la demanda final.

La interpretación del índice de concentración con vínculos hacia delante en términos de energía eléctrica se puede dividir en dos situaciones:

- De **perfecta igualdad** en la distribución intersectorial: denotado por  $G_i(q_{ij}) = [N-1]^{1/2}$ . Esto se refiere a que el sector  $i$  utiliza en la misma proporción energía eléctrica para producir los bienes que vende a todos los sectores  $j$ . Por tanto,  $c_{i,j} = 1/N$ .
- De **máxima concentración**: esto se da cuando el sector  $i$  consume toda la energía eléctrica para producir el bien que vende a un solo sector  $j$ . Por tanto,  $c_{i,j} = 1$  para un solo sector y  $c_{i,j} = 0$  para el resto de sectores. Así, el índice de concentración es  $G_i(a_{ij}) = 0$

Las transacciones inter-industriales con medidas de concentración que tienen valores pequeños, cercanos a 0, nos indican que existen pocas interrelaciones de venta de bienes. Mientras más alto es el valor del índice denota que existen mayores interconexiones de ventas industriales.

Estas mismas situaciones pueden presentarse en el caso del índice de concentración con vínculos hacia atrás de la energía eléctrica diferenciando solo en la interpretación:

- De **perfecta igualdad** denotada por  $G_j(q_{ij}) = [N-1]^{1/2}$ . Cuando es el sector  $j$  quien consume la misma proporción de energía eléctrica en las compras de la producción de todos los sectores  $i$ . Así que el sector  $j$  reparte sus consumos de electricidad de la manera  $c_{j,i} = 1/N$ .
- De **máxima concentración**: esto se da cuando el sector  $j$  consume toda la energía eléctrica que necesita de sus insumos de la industria  $i$ . De este modo, tendríamos que  $c_{i,j} = 1$  cuando el sector  $j$  consume toda su energía eléctrica porque le compra a un solo sector  $i$  y no consume ni compra nada  $c_{i,j} = 0$  al resto de sectores. Así, el índice de concentración es  $G_i(q_{ij}) = 0$ . Revelando por tanto, menor inter-conectividad de las compras del sector al resto de industrias.

Ahora, procederemos a enunciar la *medida de entropía Theil* ya que esta permite ver la dispersión de las relaciones inter industriales de una forma más detallada de la economía en su conjunto. Esto lo haremos tomando en cuenta las matrices de requerimientos totales, directos e indirectos de energía eléctrica  $(I - Q)^{-1}$ .

La fórmula de la entropía (Theil) de filas del sector  $i$  se enuncia como sigue:

$$H_i(q_{ij}) = \sum_{i=1}^N c_{i,ij} \log\left(\frac{1}{c_{i,ij}}\right) \quad (16)$$

Y la entropía (Theil) de columnas del sector  $j$  es:

$$H_j(q_{ij}) = \sum_{j=1}^N c_{j,ij} \log\left(\frac{1}{c_{j,ij}}\right) \quad (17)$$

El primer paso para llegar a encontrar la medida de desigualdad es *obtener la matriz de los  $c_{i,ij}$  y de los  $c_{ji,ij}$  de requerimientos totales de energía eléctrica*. Esto se realiza, igual que en el apartado anterior, dividiendo los elementos de la matriz  $(I - Q)^{-1}$  entre las sumas totales de filas (directos e indirectos) y columnas (directos).

Enseguida, deben multiplicarse los  $c_{i,ij}$  y  $c_{ji,ij}$ , respectivamente, por el logaritmo de la división de uno entre  $c_{i,ij}$  y  $c_{ji,ij}$ . Luego deben sumarse las filas y columnas de la matriz de requerimientos totales de energía eléctrica. Así, se obtiene la *entropía*.

Por último, se divide cada uno de los elementos del vector resultante entre la norma. Finalmente, obtendremos los vectores correspondientes a las *desigualdades de las inter-conectividades totales (filas) y las directas (columnas)*.

La interpretación del resultado de la *entropía (filas) de los requerimientos totales*  $H_i(q_{ij})$  se da como sigue:

- $H_i(q_{ij}) = 0$  cuando el sector  $j$  es el único que aumenta su consumo de energía eléctrica debido al aumento en el consumo de energía eléctrica que necesita para producir el producto adicional del sector  $i$  debido al aumento de un dólar en la entrega que hace el sector  $i$  a la demanda final.
- $H_i(q_{ij}) = \log(N)$  cuando todos los sectores de la economía consumen energía eléctrica en una cantidad igual del producto del sector  $i$  después de que el sector  $i$  entrega el valor de un dólar de su producto a la demanda final.

La interpretación del resultado de la *entropía (columnas) de los requerimientos totales*  $H_i(q_{ij})$  se expresa como:

- $H_j(q_{ij}) = 0$  cuando el sector  $j$  es el único que aumenta el consumo de energía eléctrica debido al aumento del consumo de energía eléctrica necesario para producir el producto adicional del sector  $i$  debido al aumento de un dólar del producto que entrega el sector  $i$  a la demanda final.
- $H_j(q_{ij}) = \log(N)$  si el sector  $j$  aumenta igualitariamente su consumo de energía eléctrica intra e inter industriales en respuesta a un cambio en el consumo de energía eléctrica para producir la entrega del producto del sector  $i$  que va a la demanda final.

De manera similar, la interpretación de los resultados puede extenderse a la entropía (de filas y columnas) de los requerimientos directos.

En conclusión, en este apartado hemos visto las tres metodologías que se van a utilizar en la aplicación del modelo insumo-producto al uso de energía eléctrica. En el apartado siguiente se detallan los resultados encontrados en el estudio de estas metodologías.

## **5. Aplicación de la metodología al análisis de los requerimientos de energía primaria y de electricidad: El caso de México**

La aplicación de la metodología extraída de los balances energéticos en forma de matriz insumo-producto para analizar los requerimientos de energía primaria de la economía mexicana requiere matizar algunos hechos en el tratamiento de las variables.

En primer término, siguiendo a Alcántara, Padilla y Roca (2007) se han incluido los saldos importadores de petróleo y electricidad como una fuente de energía primaria. Esto debido a que la obtención de estas energías, que resultan de transformar el crudo de petróleo y otras fuentes de calor o agua, generalmente, se ven compensadas en su comercio y, por tanto, lo que nos interesa es el saldo derivado.

En segundo lugar, y procedido del primero, si el saldo es importador tendremos una fuente de energía primaria adicional y si el saldo es exportador, se registrará en la correspondiente sección de exportaciones. Cabe mencionar que este tipo de tratamiento solamente corresponde a las variables de refinados de petróleo y electricidad. En definitiva, estas aumentan la disponibilidad de energía primaria y por ello hace que reciban esta consideración.

Tercero, la aplicación se ha realizado para el año 2003, debido a que la publicación de la tabla insumo - producto de México está con base en ese año. El INEGI integró la matriz I-O considerando a la industria maquiladora de exportación como exógena al modelo y le da un tratamiento similar al de las importaciones, debido a que la actividad que realizan se vincula en su totalidad con el sector externo, por lo que la nombró matriz para la economía interna, que es la que usamos en esta investigación.

Por último, es importante señalar que se utiliza el método de la tecnología de la industria considerando producto por producto, de tal forma que la producción está en función de la demanda final, por lo que los resultados del modelo calculan el impacto de la variación de la demanda final en determinados productos, ya que esta última se encuentra clasificada por productos (ver enfoques en Hoekstra, 2005).

Antes de pasar directamente a los resultados encontrados en la evidencia empírica de las metodologías empleadas, es necesario contextualizar los niveles de consumo final de energía que México estaba realizando en el periodo 1983-2003.

### ***5.1 Evolución de los consumos finales de energía de México, 1983-2003.***

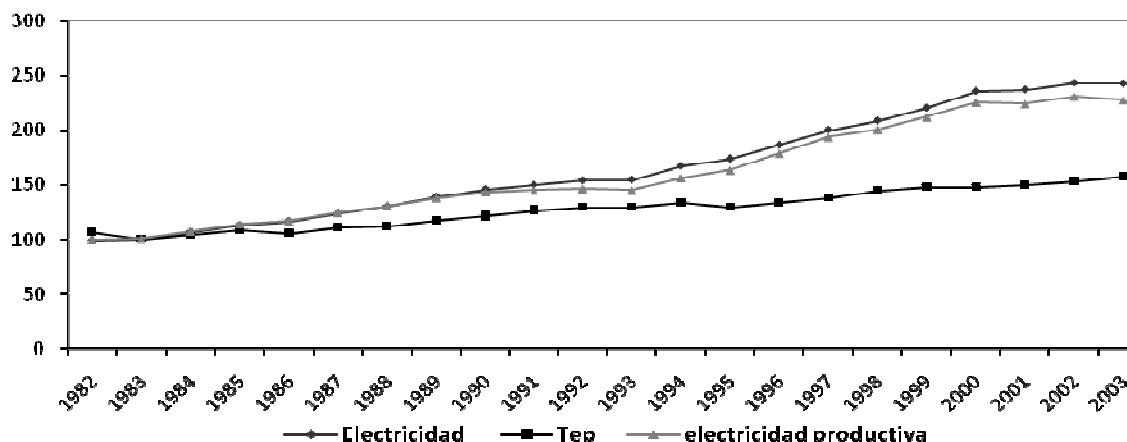
El aumento del consumo de energía primaria en México ha aumentado significativamente al pasar de 107.727 ktep a 159.753 ktep en un período de veinte años (en 55,5%). El aumento más importante se da a partir del año 1994, que coincide con la entrada de México al Tratado de Libre Comercio con Estados Unidos y Canadá (TLCAN) y finaliza también con la mayor capacidad de generación de electricidad a nivel mundial en el año 2003<sup>18</sup>. El gráfico 1 resume los acontecimientos acaecidos en la evolución del consumo final de energía con base al año 1983=100.

---

<sup>18</sup> La capacidad de La capacidad mundial de generación de energía eléctrica mundial en 2003 ascendió a 3,626 GW, lo cual significó un incremento de 3.3%

**Gráfico 1. Evolución de los consumos finales de energía de México, 1983-2003.**

Base 1983=100



Fuente: datos a partir de los Balances energéticos de la Agencia Internacional de Energía (EIA).

En el gráfico 1 podemos visualizar, por un lado, un mayor aumento en el consumo de las energías primarias, eléctrica total y eléctrica disponible para la producción en todo el período. Además, se puede ver que el consumo final de energía eléctrica tanto total como disponible para la producción es mucho mayor que el total de energía primaria sobre todo a partir del año 1994. Y, la brecha entre ellas se ha ampliado en el transcurso del periodo analizado.

En la tabla 1 vemos el peso relativo sobre el consumo final de energía eléctrica de los seis sectores considerados. Donde la industria es la actividad más importante por encima de los servicios y el doméstico. Al mismo tiempo, la industria ha sido la actividad que, en términos absolutos, ha experimentado un mayor aumento en el consumo de energía eléctrica. No obstante, el sector residencial es el que ha sufrido la mayor variación relativa en el periodo.

**Tabla 1. Consumos finales de energía eléctrica total por sectores, México. 1983-2003.**  
Valores absolutos en ktep, peso y variación en porcentaje

	Primario	Industria	Servicios	Construcción	Transporte	Doméstico	Total
<b>Valor absoluto</b>							
1983	382	3063	1314	0	45	1116	5920
1995	575	5888	1284	28	84	2448	10308
2003	633	5888	1637	34	96	3438	11726
<b>Peso</b>							
1983	6.4	51.7	22.2	0.0	0.8	18.9	100.0
1995	5.6	57.1	12.5	0.3	0.8	23.8	100.0
2003	5.4	50.2	14.0	0.3	0.8	29.3	100.0
<b>Variación absoluta</b>							
1983-95	194	2824	-30	28	39	1332	4387
1995-2003	57	0	353	6	12	990	1418
1983-2003	251	2824	324	34	51	2322	5806
<b>Variación relativa</b>							
1983-95	50.7	92.2	-2.3	0.0	86.0	119.3	74.1
1995-2003	10.0	0.0	27.5	22.5	13.9	40.4	13.8
1983-2003	65.7	92.2	24.6	0.0	111.8	208.0	98.1

Fuente: datos a partir de los Balances energéticos de la Agencia Internacional de Energía (EIA).

A continuación se expone en la tabla 2 los consumos finales de energía de las formas de energía utilizadas.

Es importante mencionar que en la siguiente tabla se detallan los consumos finales de energía de los principales tipos de energía, obviamente, existen más fuentes energéticas que no se incluyen en esta breve descripción.

**Tabla 2. Consumo final de energía según tipo de energía. , México 1983-2003**

Valores absolutos en kilos de toneladas equivalentes de petróleo y proporción respecto al total en porcentaje

	Absolutos			Peso			Cambio 1983-2003 Diferencias		
	1983	1995	2003	1983	1995	2003	Absoluto	Relativo	puntos porc.
Carbón	1,994	1,843	1,036	2.6	2.0	1.0	-958	52.0	-1.6
Petróleo	0	0	0	0.0	0.0	0.0	0	0.0	0.0
Prod. del petróleo	44,587	59,200	64,392	58.7	62.7	64.2	19,805	144.4	5.5
Gas natural	16,470	15,237	13,627	21.7	16.1	13.6	-2,843	82.7	-8.1
Combustibles renov.	6,980	7,830	6,934	9.2	8.3	6.9	-46	99.3	-2.3
Electricidad	5,920	10,280	14,360	7.8	10.9	14.3	8,440	242.5	6.5
Total	75,952	94,390	100,349	100.0	100.0	100.0	24,398	132.1	0.0

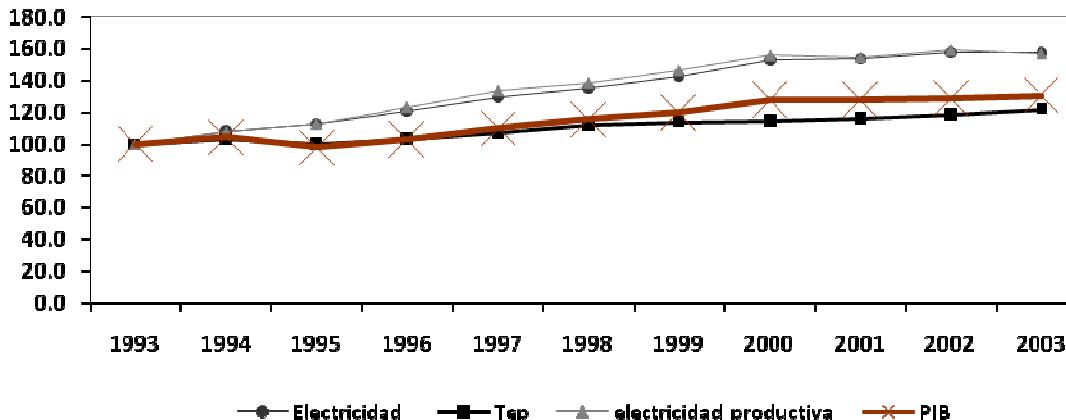
Fuente: datos a partir de los Balances energéticos de la Agencia Internacional de Energía (EIA).

La información de la tabla 2 nos dice que las fuentes de energía más utilizadas son las energías secundarias: productos del petróleo y electricidad en detrimento de las fuentes de energía primaria como el carbón y el gas natural. El cambio positivo más significativo en términos absolutos lo tuvieron los productos de petróleo con +19.805 tep y la menor utilización de la forma de energía es el gas natural con una reducción en el consumo de -2.843 tep.

Ahora, se presenta el gráfico 2 donde se compara la evolución del PIB nacional de México a precios constantes de 1993=100 con la de los diferentes consumos finales de energía. Se puede apreciar que los consumos finales de energía primaria fueron menores que el crecimiento del PIB nacional a partir del año 1996. Por el otro lado, se ve además que el consumo final de energía eléctrica, total y productiva, dibuja la misma trayectoria que el producto interno bruto solo que a una escala mayor. Esto significa pues que, la mayor intensidad energética se debe principalmente al aumento de una de las formas de energía: la energía eléctrica.

**Gráfico 2. Evolución de los consumos finales de energía total, energía productiva, energía primaria y Producto interior Bruto. 1993-2003**

En kilos de toneladas equivalentes de petróleo y con base 1993=100



Fuente: datos a partir de los Balances energéticos de la Agencia Internacional de Energía (EIA) y el INEGI.

## 5.2 Requerimientos de energía primaria en México, 2003

Ahora, vamos a proceder a estimar los requerimientos de energía primaria, directa e indirecta, con los datos de los balances energéticos y transformarlos a una matriz de relaciones energéticas insumo-producto siguiendo a Alcántara, Roca y Padilla (1995). Esto nos permite tener en cuenta toda la energía primaria, directa e indirecta, que se requiere para producir una unidad del producto de un sector energético determinado.

La tabla 3 resume los datos obtenidos a partir de los balances energéticos 2003. La matriz de entradas y salidas nos muestra las relaciones energéticas expresadas en millones de toneladas de petróleo equivalente. Siguiendo la metodología de Alcántara y Roca (1995), en esta matriz se concentran todas las energías en transformación, el uso propio y las pérdidas de distribución de las fuentes primarias y secundarias. Los datos se encuentran desglosados en 12 fuentes de energía total, primaria y secundaria.

**Tabla 3. Matriz de entradas y salidas de energía. México, 2003.**

En millones de toneladas equivalentes de petróleo (Mtoe)

PRODUCTO/ FLUJO													Consumo final de energía		Demanda final		CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA			
	Carbón y productos del carbón	Petróleo crudo	Productos del petróleo	Gas natural	Nuclear	Hidráulica	Geotermal	Solar/eólica/ otras	Combustibles renovables	Electricidad	Imp. de refinados de petróleo	Imp. de electricidad	Consumo intermedio	Exportaciones	Transferencia	Diferencias Estadísticas				
Carbón y productos del carbón	<b>0.461</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.650	0.000	0.000	<b>8.111</b>	0.000	0.000	-0.922	1.036	<b>0.115</b>	<b>8.226</b>	
Petróleo crudo	0.000	<b>0.000</b>	69.632	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>69.632</b>	0.000	12.891	2.067	0.000	<b>14.959</b>	<b>84.591</b>	
Productos del petróleo	0.000	0.000	<b>6.573</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.333	0.000	0.000	<b>23.906</b>	0.000	-13.955	1.019	64.392	<b>51.455</b>	<b>75.361</b>	
Gas natural	0.000	0.000	0.000	<b>9.637</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.490	0.000	0.000	<b>26.127</b>	0.000	0.000	2.213	13.627	<b>15.840</b>	<b>41.967</b>	
Nuclear	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	2.737	0.000	0.000	<b>2.737</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	<b>2.737</b>	
Hidráulica	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	1.710	0.000	0.000	<b>1.710</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	<b>1.710</b>	
Geotermal	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	0.000	0.000	5.401	0.000	0.000	<b>5.401</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	<b>5.401</b>	
Solar/eólica/otras	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	0.000	0.002	0.000	0.000	<b>0.002</b>	0.000	0.000	0.000	0.066	<b>0.066</b>	<b>0.068</b>	
Combustibles renovables	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	1.087	0.000	0.000	<b>1.087</b>	0.000	0.000	0.000	6.934	<b>6.934</b>	<b>8.021</b>	
Electricidad	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>4.300</b>	0.000	0.000	<b>4.300</b>	0.074	0.000	0.000	14.360	<b>14.435</b>	<b>18.735</b>	
Imp. de refinados de petróleo	0.000	0.000	6.450	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>6.450</b>	0.000	0.000	<b>6.450</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	<b>6.450</b>
Imp. de electricidad	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	0.000	0.000	0.000	0.000	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>		
Total	<b>0.461</b>	<b>0.000</b>	<b>82.655</b>	<b>9.637</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>56.710</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>149.463</b>	<b>0.074</b>	<b>-1.064</b>	<b>4.377</b>	<b>100.415</b>	<b>103.803</b>	<b>253.266</b>	
Producción	4.607	185.821	68.253	33.944	2.737	1.710	5.401	0.068	8.020	18.735	0.000	0.000							<b>329.296</b>	
Saldo importador	3.795	-	6.450	8.062	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.450	0.000								<b>-76.926</b>	
Variación de las reservas	-0.176	0.452	0.659	-0.039	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000							<b>0.896</b>	
Necesidades de energía	<b>8.226</b>	<b>84.591</b>	<b>75.361</b>	<b>41.967</b>	<b>2.737</b>	<b>1.710</b>	<b>5.401</b>	<b>0.068</b>	<b>8.020</b>	<b>18.735</b>	<b>6.450</b>	<b>0.000</b>							<b>253.266</b>	

En la tabla 4 se enuncia la tabla de relaciones energéticas directas, en el que se toma en cuenta la entrada de las formas de energía dividida por el consumo total de energía utilizada. Es decir, muestra los coeficientes de las relaciones energéticas de las fuentes de energía que se emplean en todos los procesos inter/industriales.

**Tabla 4. Matriz de transformaciones energéticas directas**

PRODUCTO/ FLUJO	Carbón y productos del carbón	Petróleo crudo	Productos del petróleo	Gas natural	Nuclear	Hidráulica	Geotermal	Solar/eólica / otras	Combustible s renovables	Electricidad	Imp. de refinados de petróleo	Imp. de electricidad
Carbón y productos del carbón	<b>0.0560</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.4084	0.0000	0.0000
Petróleo crudo	0.0000	<b>0.0000</b>	0.9240	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Productos del petróleo	0.0000	0.0000	<b>0.0872</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.9252	0.0000	0.0000
Gas natural	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.2296</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.8802	0.0000	0.0000
Nuclear	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1461	0.0000	0.0000
Hidráulica	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0913	0.0000	0.0000
Geotermal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>	0.0000	0.0000	0.2883	0.0000	0.0000
Solar/eólica/otra s	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
Combustibles renovables	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>	0.0580	0.0000	0.0000
Electricidad	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.2295</b>	0.0000	0.0000
Imp. de refinados de petróleo	0.0000	0.0000	0.0856	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>	0.0000
Imp. de electricidad	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	<b>0.0000</b>

En seguida, tenemos la tabla 5 que nos expresa los requerimientos totales de energía primaria, de las fuentes primarias y secundarias. Esta matriz es la que nos traduce los requerimientos de energía primaria para producir energía. La estructura de la matriz se compone de energías primarias (filas) y fuentes secundarias (columnas). Los resultados obtenidos por la suma de las filas nos dirán los requerimientos totales, directos e indirectos, y la suma de las columnas expresan los requerimientos directos de energía primaria.

**Tabla 5. Matriz inversa de Leontief**

PRODUCTO/ FLUJO	Carbón y productos del carbón	Petróleo crudo	Productos del petróleo	Gas natural	Nuclear	Hidráulica	Geotermal	Solar/eólica /otras	Combustible s renovables	Electricidad
Carbón y productos del carbón	1.0593	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.5615
Petróleo crudo	0.0000	1.0000	1.0123	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.2155
Gas natural	0.0000	0.0000	0.0000	1.2981	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.4829
Nuclear	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1896
Hidráulica	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1184
Geotermal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0000	0.3741
Solar/eólica/otra s	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0000	0.0002
Combustibles renovables	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000	0.0753
Imp. de refinados de petróleo	0.0000	0.0000	0.0938	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1126
Imp. de electricidad	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Total	1.0593	1.0000	1.1061	1.2981	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	4.1301

Los resultados de esta matriz inversa de Leontief nos dicen que en México se necesitan 1.0593 unidades de energía primaria total para consumir una unidad de carbón; Además, muestra que por cada unidad consumida de productos del petróleo se consumen 1.0123 unidades de petróleo crudo y 0.0938 se importan de refinados de petróleo, es decir, se requieren 1.1061 unidades de energía primaria directa e indirecta; así mismo, para la obtención de una unidad de gas natural en la naturaleza se extraen 1.2981 unidades de energía primaria total. Por último, la mayor consumidora de energía primaria es la electricidad. La cual por cada unidad consumida de electricidad se requieren en total 4.1301 unidades de energía primaria; la cual requiere 1.4829 de gas natural y petróleo crudo 1.2155 ayudado también de carbón y sus productos derivados con 0.5615. Es importante mencionar que aunque se han tomado medidas para la disminución del consumo de los hidrocarburos en la generación eléctrica, sobre todo después de los setenta en los que el alto precio llevó a buscar fuentes alternativas de mejora energética especialmente en el gas natural, todavía en nuestro país sigue siendo muy primordial.

Ahora, vamos a ver los resultados que se obtuvieron al aplicar la metodología al análisis por sectores de los consumos finales de energía. A diferencia del apartado anterior, aquí trabajaremos con una mayor desagregación de los sectores a fin de detallar más finamente los de mayor requerimiento de energía primaria.

Los resultados de la tabla 6 encuentran al sector transporte por vía terrestre como el mayor consumidor de energía primaria (35.24% de la energía primaria total). Es seguido por los otros sectores (que incluye comercio y servicios) con el 33.89% y en menor medida, por las industrias no especificadas (11.01%). Es decir, tres industrias básicamente concentran los requerimientos de energía primaria. Es importante mencionar que aquí sobresale como el mayor demandante el sector transporte terrestre, mientras que en la tabla 2 este apenas y tiene participación. Esto se debe a que el transporte no funciona a cuenta de la electricidad principalmente.

**Tabla 6. Requerimientos de energía primaria directa por sector de actividad, México, 2003.**

Sector	Mtoe	%
Agricultura, Ganadería, Silvicultura	31.938	2.6
Pesca	0.0000	0.0
Minería y canteras	16.269	1.3
Alimentos, bebidas y tabaco	56.401	4.6
Papel y productos de papel e impresión	10.275	0.8
Madera y productos derivados de la madera	0.0000	0.0
Textil y cuero	0.0193	0.0
Industria química y petroquímica	38.198	3.1
Industrias metálicas básicas	37.856	3.1
Equipo de transporte	0.2215	0.2
productos metalúrgicos	0.1254	0.1
Fabricación de prod. Minerales no metálicos	18.044	1.5
Maquinaria	0.0340	0.0
Construcción	0.2120	0.2
Transporte por vía terrestre	434.552	35.2
Transporte por vía aérea	29.800	2.4
Transporte marítimo	0.0000	0.0
Otros sectores	417.813	33.9
Industrias no especificadas	135.707	11.0
<b>Total</b>	<b>1.232.973</b>	<b>100.0</b>

La aplicación de esta metodología nos sirve para estimar los requerimientos de energía primaria directa mediante la información del consumo final de energía

de los sectores productivos que se extrae de los balances energéticos. No obstante, para conocer realmente las interrelaciones de las actividades productivas es necesario utilizar una matriz insumo-producto de la economía real. Por ello, en el siguiente apartado extendemos esta metodología a la estimación de los requerimientos de energía total, directa e indirecta, de los sectores productivos de la economía mexicana en términos del consumo de energía eléctrica.

### *5.3 Análisis de la intensidad de energía bajo un análisis insumo-producto*

En el apartado anterior, hemos visto la importancia que tiene la energía eléctrica en las actividades productivas mexicanas. Es por ello, que aquí se pretende analizar el uso de energía eléctrica o de la eficiencia de energía eléctrica por los sectores productivos de la economía nacional. El estudio de la intensidad energética se realizó siguiendo los pasos que se enuncian a continuación:

1. Obtención del vector de energía eléctrica  $E$ . (Proops, 1977). Se distribuyó el consumo final de energía eléctrica disponible entre los sectores productivos según el peso que tienen en la distribución de energía eléctrica.
2. Se obtiene las intensidades directas de energía, que llamaremos  $c$ .
3. Después se estiman las intensidades de energía directa e indirecta, que llamaremos  $c^*$
4. Posteriormente, se calculan las intensidades de energía total por unidad de energía directa,  $C^e$ , sujetas a mayor estabilidad.
5. Se realiza una comparación de la desviación del sector respecto a la media de los tres tipos de intensidades energéticos.
6. Derivación alternativa de las intensidades de energía total por unidad de energía directa  $C^e$ .

El análisis insumo-producto convencional puede ser utilizado para estudiar la intensidad de energía eléctrica de las actividades económicas agregando un vector de coeficientes de energía eléctrica (Casler y Wilbur, 1984; Proops 1988). A partir de entonces, podemos estudiar los requerimientos de energía directa y total por sectores productivos. Esto nos permitirá obtener las relaciones energéticas en términos de electricidad. El objetivo de esta metodología es poder determinar el grado de intensidad energética de la energía eléctrica que es consumida por sectores productivos para desarrollar sus actividades de producción.

**Paso 1:** *Obtención del vector de energía eléctrica E.*

Mediante la distribución del vector de energía eléctrica repartido en todos los sectores según el peso que tienen en la economía, se obtiene este vector de consumo final de energía eléctrica. Para ello, se agregó la matriz insumo - producto a 19 sectores. Los resultados de la agregación demuestran que son los otros sectores (comercio y servicio) los que consumen la mayor parte de la energía eléctrica final y es seguido de las industrias manufactureras. Como se menciona anteriormente, no basta con analizar los consumos finales de energía eléctrica pues esto puede llevar a conclusiones erróneas al no considerar los vínculos inter-industriales. Ver tabla 7

**Tabla 7. Consumo final de energía por sectores de actividad, México, 2003.**  
En Kilos de toneladas de petróleo equivalente (Ktep) y el porcentaje en orden descendiente

Sector	ktep	Sector	%
Agricultura, ganadería, forestal y caza	457.18	Otros sectores	49.44
Pesca	3.42	Maquinaria	9.72
Explotación de minas y canteras	259.83	Alimentos, bebidas y tabaco	9.15
Energía	319.08	Agricultura, ganadería, forestal y caza	4.42
Alimentos, bebidas y tabaco	947.47	Fabricación de prod..minerales no metálicos	3.53
Textil, cuero y calzado	251.55	Industria química	3.19
Madera y corcho	49.78	Energía	3.08
Papel, productos del papel e impresión	253.22	Industrias no especificadas	2.82
Industria química	330.54	Explotación de minas y canteras	2.51
Fabricación de prod. Min. no metálicos	365.73	Papel, productos del papel e impresión	2.45
Industrias no especificadas	292.03	Textil, cuero y calzado	2.43
Industrias del hierro y acero	28.11	Transporte terrestre	2.27
Maquinaria	1005.90	Equipo de transporte	2.20
Equipo de transporte	227.35	Construcción	1.91
Construcción	197.99	Madera y corcho	0.48
Transporte terrestre	234.87	Industrias del hierro y acero	0.27
Transporte acuático	2.77	Transporte aéreo	0.07
Transporte aéreo	6.99	Pesca	0.03
Otros sectores	5117.05	Transporte acuático	0.03
<b>Total</b>	<b>10350.85</b>	<b>Total</b>	<b>100.00</b>

**Paso 2:** Se obtienen las intensidades directas de energía eléctrica, que llamaremos  $c$ .

A partir de tener el vector de energía eléctrica, se multiplicó este vector por la matriz insumo-producto de la economía interna. Así, se obtuvo la matriz insumo - producto en términos de energía eléctrica. Acto seguido, se estimaron los coeficientes de transformación de energía. Esto se hace dividiendo la entrada entre la producción total de energía y así, se obtienen los coeficientes energéticos, de la misma manera que los coeficientes técnicos en el modelo insumo-producto convencional. Estos nos dicen la cantidad de energía eléctrica directa que necesita el sector  $i$  para producir una unidad del bien  $j$ . Los resultados describen al sector de explotación de minas y canteras como el mayor consumidor de energía eléctrica (20.5%); seguido de las industrias del hierro y acero (12.9%) y de la fabricación de productos minerales no metálicos (10.4%) y por último, de la industria del papel y artes gráficas (10.0%).

**Tabla 8. Coeficientes directos de energía eléctrica por sector, México, 2003.**

Sector	Ktep/\$ pesos	%
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal y caza	0.0011	4.9
Pesca	0.0003	1.2
Explotación de minas y canteras	0.0047	20.5
Energía	0.0003	1.4
Alimentos, bebidas y tabaco	0.0010	4.4
Textil, cuero y calzado	0.0015	6.4
Madera y corcho	0.0013	5.5
Papel, productos del papel e impresión	0.0023	10.0
Industria química	0.0009	3.8
Fabricación de productos minerales no metálicos	0.0024	10.4
Industrias no especificadas	0.0017	7.6
Industrias del hierro y acero	0.0001	0.6
Maquinaria	0.0030	12.9
Equipo de transporte	0.0005	2.1
Construcción	0.0002	0.9
Transporte terrestre	0.0003	1.5
Transporte acuático	0.0002	1.0
Transporte aéreo	0.0002	0.8
Otros sectores	0.0009	4.1
<b>Total</b>	<b>0.0229</b>	<b>100.0</b>

**Paso 3:** Despues se estiman las intensidades de energía directa e indirecta, que llamaremos  $c^*$

Como se explica en la metodología, la estimación de los requerimientos de energía total, directa e indirecta, se interpreta como aquella cantidad que por cada unidad consumida de energía eléctrica directa debemos considerar de energía eléctrica indirecta. Así, por ejemplo, el sector de explotación de minas y canteras representa el que más consumo indirecto de energía eléctrica requiere, al tener un peso del 15.1% de la electricidad total consumida. Es seguido, también del sector de maquinaria con el 10.3% y de la fabricación de productos minerales no metálicos con el 9.4%. De este modo vemos que al aumentar la demanda final de electricidad en una unidad el coeficiente total de energía del 0.03 hace que los sectores aumenten su consumo en esa cantidad.

**Tabla 9. Coeficientes totales de energía eléctrica por sector, México, 2003.**

Sector	Ktep/\$ pesos	%
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal y caza	0.0016	4.6
Pesca	0.0007	2.0
Explotación de minas y canteras	0.0052	15.1
Energía	0.0008	2.2
Alimentos, bebidas y tabaco	0.0018	5.2
Textil, cuero y calzado	0.0021	6.2
Madera y corcho	0.0020	5.9
Papel, productos del papel e impresión	0.0032	9.2
Industria química	0.0015	4.5
Fabricación de productos minerales no metálicos	0.0032	9.4
Industrias no especificadas	0.0023	6.7
Industrias del hierro y acero	0.0010	2.8
Maquinaria	0.0035	10.3
Equipo de transporte	0.0010	2.8
Construcción	0.0010	2.8
Transporte terrestre	0.0006	1.9
Transporte acuático	0.0009	2.5
Transporte aéreo	0.0008	2.2
Otros sectores	0.0012	3.5
<b>Total</b>	<b>0.0344</b>	<b>100.0</b>

**Paso 4:** se calculan las intensidades de energía total por unidad de energía directa,  $C^e$ , sujetas a mayor estabilidad.

Con la determinación de las tablas 8 y 9 se puede llegar a establecer el vector de requerimientos de energía total sin estar sujetos a las fluctuaciones en el tipo de cambio. Una de las aproximaciones que señala Proops (1988) es dividir los ratios de energía directa sobre la total y así obtener un vector más estable. La interpretación del resultado se enfoca en la energía indirecta que se consume por cada unidad de energía eléctrica directa. Los resultados señalan que los sectores con los coeficientes de energía eléctrica total son los de las industrias del hierro y el acero (16.2%), la construcción (10.8%) y el transporte aéreo (9.9%). Así, por ejemplo con este método que puede parecer sencillo pero muy útil se identifican sectores productivos distintos a los que se ilustran con el modelo insumo - producto convencional.

**Tabla 10. Coeficientes totales de energía eléctrica**

Sector	Ktep/\$ pesos	%
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal y caza	1.4122	3.2
Pesca	2.3684	5.3
Explotación de minas y canteras	1.1056	2.5
Energía	2.3284	5.3
Alimentos, bebidas y tabaco	1.8018	4.1
Textil, cuero y calzado	1.4554	3.3
Madera y corcho	1.6035	3.6
Papel, productos del papel e impresión	1.3739	3.1
Industria química	1.7689	4.0
Fabricación de productos minerales no metálicos	1.3664	3.1
Industrias no especificadas	1.3335	3.0
Industrias del hierro y acero	7.1794	16.2
Maquinaria	1.1974	2.7
Equipo de transporte	2.0225	4.6
Construcción	4.7727	10.8
Transporte terrestre	1.8738	4.2
Transporte acuático	3.7017	8.4
Transporte aéreo	4.3662	9.9
Otros sectores	1.2931	2.9
<b>Total</b>	<b>44.3249</b>	<b>100.0</b>

**Paso 5:** Se realiza una comparación de la desviación del sector respecto a la media de los tres tipos de intensidades energéticos.

Para profundizar en los resultados, podemos observar en la tabla 11 una comparación de los vectores de energía eléctrica según su desviación relativa de la media. Primeramente, debemos notar que los valores más altos son para los coeficientes directos del sector explotación de minas y canteras, seguido del de maquinaria, y finalmente, el de fabricación de productos minerales no metálicos. Por otra parte, los coeficientes totales muestran a los sectores de explotación de minas, maquinaria y fabricación de productos minerales no metálicos. Por último, cuando se toma en cuenta la energía eléctrica indirecta que se necesita para producir una unidad de energía directa los sectores que más sobresalen son la industria del hierro y el acero, la construcción y el transporte aéreo.

**Tabla 11. Ratio de los vectores de coeficientes de energía eléctrica respecto a la media**

Sector	C	C*	C <sup>e</sup>
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal y caza	0.92	0.87	0.61
Pesca	0.24	0.37	1.02
Explotación de minas y canteras	3.89	2.86	0.47
Energía	0.27	0.43	1.00
Alimentos, bebidas y tabaco	0.83	1.00	0.77
Textil, cuero y calzado	1.22	1.19	0.62
Madera y corcho	1.05	1.12	0.69
Papel, productos del papel e impresión	1.91	1.75	0.59
Industria química	0.72	0.85	0.76
Fabricación de productos minerales no metálicos	1.97	1.79	0.59
Industrias no especificadas	1.44	1.28	0.57
Industrias del hierro y acero	0.11	0.54	3.08
Maquinaria	2.45	1.95	0.51
Equipo de transporte	0.40	0.54	0.87
Construcción	0.17	0.54	2.05
Transporte terrestre	0.28	0.35	0.80
Transporte acuático	0.20	0.48	1.59
Transporte aéreo	0.14	0.42	1.87
Otros sectores	0.78	0.67	0.55
<b>Promedio</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>2.33</b>

**Paso 6:** *Derivación alternativa de las intensidades de energía total por unidad de energía directa C<sup>e</sup>.*

Hasta ahora, hemos obtenido los resultados con el método convencional que argumenta Proops, es decir, a partir del ratio de la relación energía total sobre energía directa. No obstante, existe una derivación alternativa que nos ofrece de manera más formal y que permite realizar esta derivación con el método insumo-producto directamente.

La tabla 12 resume los resultados derivados de la aplicación de la metodología a nuestro caso. De esta manera, se obtiene que el sector de la construcción es el que más insumos indirectos de energía eléctrica utiliza 4.4 para producir una unidad de su producto. Además, el sector de transporte aéreo (3.4), la pesca (2.0) , el transporte acuático (2.0), el equipo de transporte (1.7) y las industrias del hierro y el acero (1.7) son las que le siguen en el orden de mayor consumo de energía indirecta por cada unidad de energía eléctrica consumida por aumento de una unidad de la demanda final.

**Tabla 12. Requerimientos totales de energía eléctrica, México, 2003.**  
En ktep por unidad de valor monetario

Sector	Directos	Totales	Directos/totales
Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal y caza	457	307	0,7
Pesca	3	6	2,0
Explotación de minas y canteras	260	29	0,1
Energía	319	332	1,0
Alimentos, bebidas y tabaco	947	1440	1,5
Textil, cuero y calzado	252	251	1,0
Madera y corcho	50	24	0,5
Papel, productos del papel e impresión	253	116	0,5
Industria química	331	290	0,9
Fabricación de productos minerales no metálicos	366	167	0,5
Industrias no especificadas	292	229	0,8
Industrias del hierro y acero	28	48	1,7
Maquinaria	1006	912	0,9
Equipo de transporte	227	385	1,7
Construcción	198	868	4,4
Transporte terrestre	235	333	1,4
Transporte acuático	3	6	2,0
Transporte aéreo	7	24	3,4
Otros sectores	5117	4585	0,9
<b>Total</b>	<b>10351</b>	<b>10352</b>	<b>25,8</b>

#### *5.4 Estimación de la medida de inter-conectividad de las relaciones industriales*

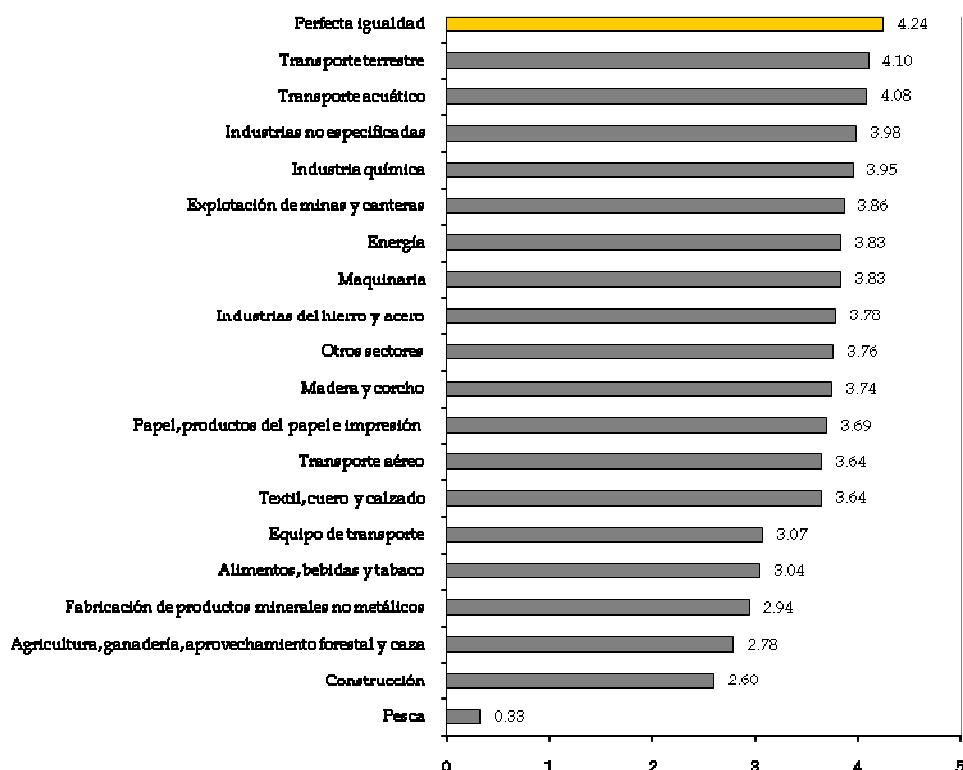
Cuando se estima la inter-conectividad de las industrias estas contabilizan el número de consumos o usos de la energía eléctrica de las industrias. En el gráfico 3 se muestra el índice de concentración hacia atrás de los requerimientos directos de energía eléctrica, esto es, los derivados de la matriz de relaciones energéticas. Podemos decir que, en promedio, el número de relaciones energéticas es de 3.4.

Es necesario precisar que, mientras más bajo es el índice de concentración hacia atrás se requieren menos consumos de energía eléctrica para producir los insumos de otras industrias directamente que se usan para producir una unidad adicional de producto final. Así, las industrias con menor capacidad de impulsar a otras industrias proveedoras a que consuman energía eléctrica son la pesca, la construcción y el sector primario. Mientras que las industrias que inducen a consumir energía eléctrica directamente desde en un número mayor

de industrias, es decir, que no están tan concentradas son: las de transporte terrestre, acuático e industrias no especificadas (Ver gráfico 3).

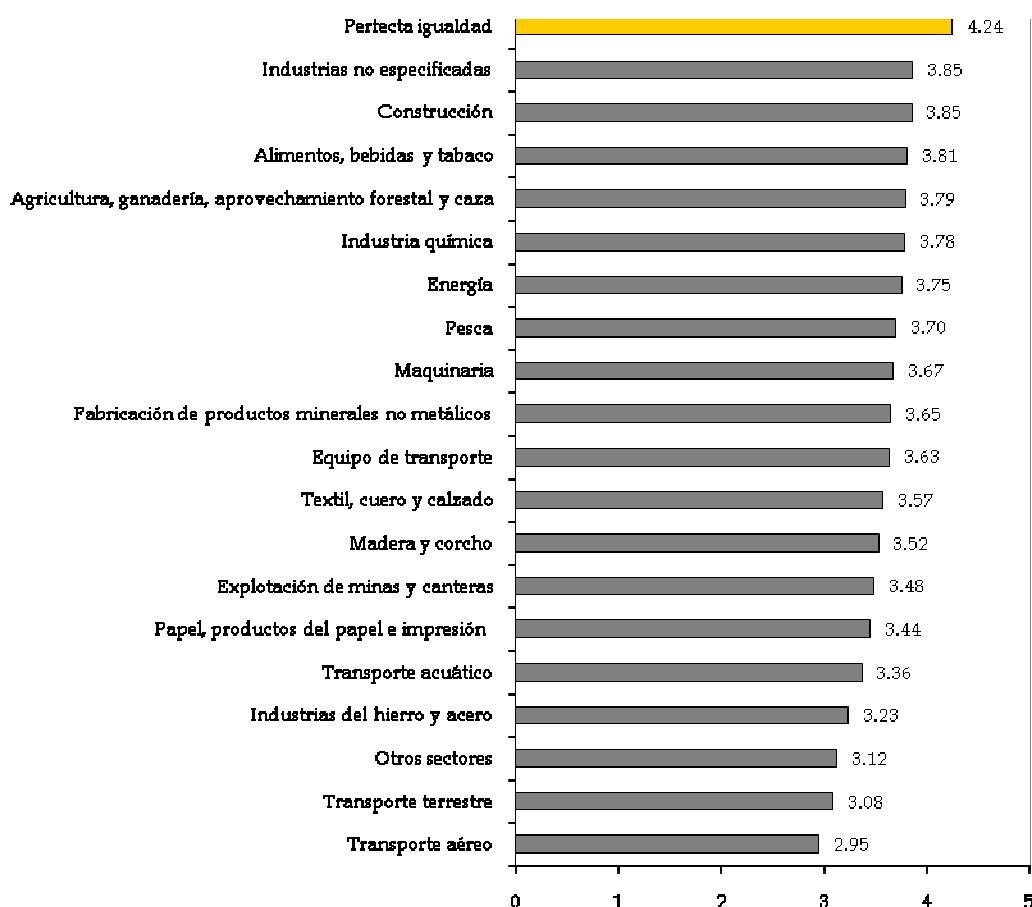
Por otro lado, ningún sector alcanza la perfecta igualdad en la distribución de los consumos de energía eléctrica denotado por  $G_j(q_{ij}) = [N - 1]^{1/2}$ . Solamente el sector transporte, es el más cercano a ella. Normalmente, los sectores que tienen bajos índices hacia atrás tienen mayores índices hacia adelante (Claus, 2002). Además, los requerimientos directos pueden diferir sensiblemente respecto a los requerimientos totales y pueden dejar incompleto el análisis en cuestión. Por ello, debemos siempre estudiar los requerimientos totales, de forma que podamos tener un panorama más completo. Aunque hasta aquí, podemos concluir que los sectores clave de requerimientos directos de energía eléctrica con vínculos hacia atrás son el transporte terrestre, el acuático y las industrias no especificadas (Gráfico 3).

**Gráfico 3. Índice de concentración hacia atrás para los requerimientos directos**



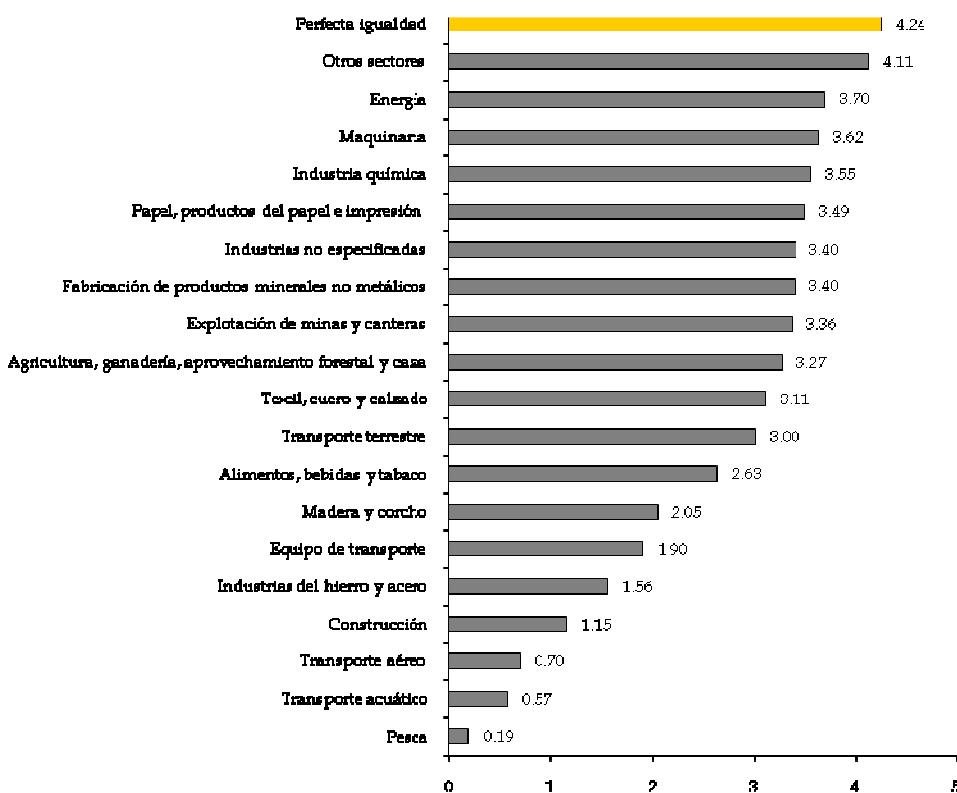
En cuanto a los vínculos hacia adelante (Gráfico 4) indican que el aumento del consumo de energía necesaria para producir los insumos requeridos en la producción de una unidad adicional de la demanda final se debe a las ventas que realizan a los otros sectores. Los sectores con mayores vínculos directos hacia adelante son las industrias no especificadas y la construcción. Ellas consumen alrededor de 3.85 veces más de energía eléctrica directa para su propio consumo y elaborar el producto que vende a las otras industrias. El caso de la construcción es relevante porque nos dice que sus vínculos hacia atrás son muy reducidos 2.60, sin embargo, consume bastante energía eléctrica para la demanda final 3.85. Las industrias no especificadas son unas actividades demandadoras de muchos insumos intermedios y simultáneamente suministradora de productos intermedios a otras ramas. Por lo tanto, la podemos considerar clave para la economía.

**Gráfico 4. Índice de concentración hacia adelante para los requerimientos directos**



El gráfico 5 nos dice los requerimientos totales de energía eléctrica por parte de los sectores económicos para producir un peso adicional destinado a la demanda final de una industria en específico. Así, los sectores con vínculos hacia atrás mayores son los otros sectores (comercio y servicio) con 4.1 número de proveedores. Es seguido del sector energía y maquinaria. Aquí un valor cercano a cero nos explica que ante un cambio en una unidad de la demanda final, su consumo de energía eléctrica permanece sin cambio, como es el caso de la pesca.

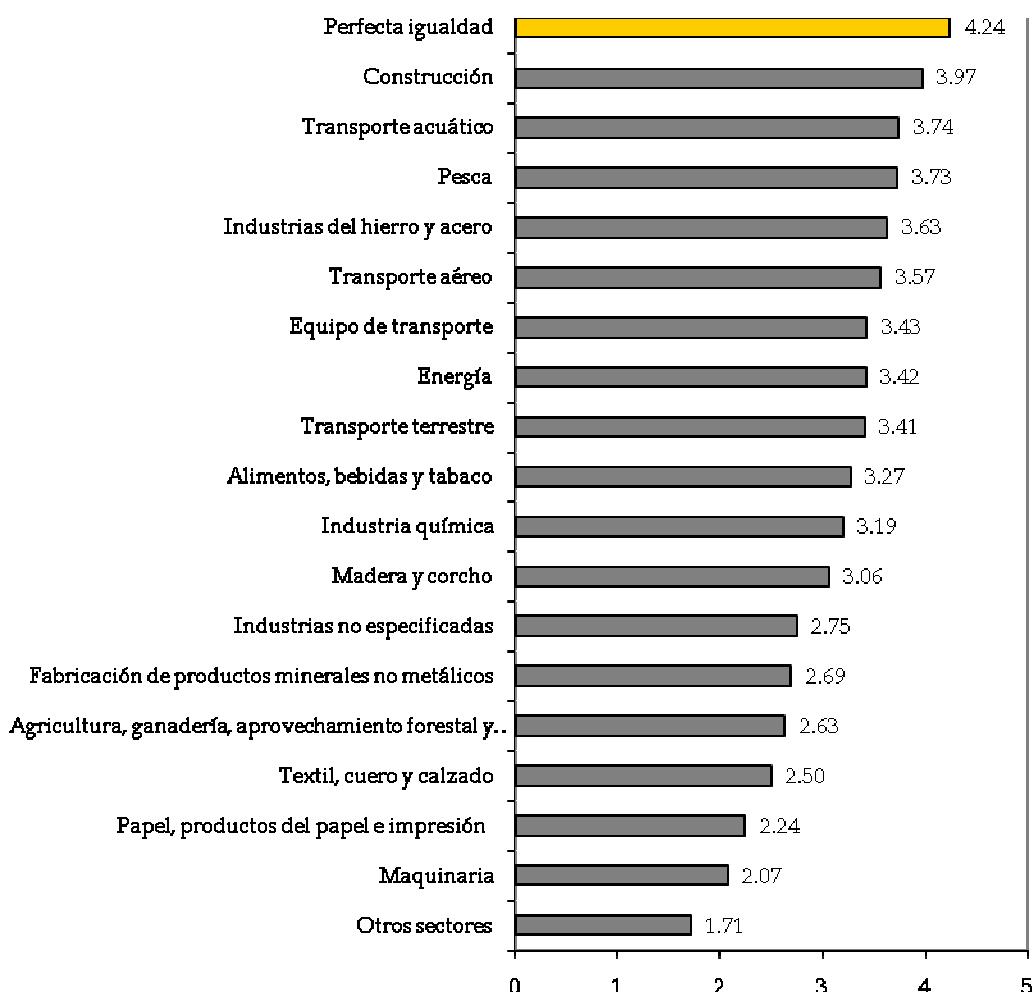
**Gráfico 5. Índice de concentración hacia atrás para los requerimientos totales**



En cuanto a la energía eléctrica total de los vínculos hacia delante este índice muestra que el sector de la construcción es de los que más impulsan a las sus empresas proveedoras a que consuman energía eléctrica para, posteriormente, entregar su producto a la demanda final con 3.97. Le sigue el sector de transporte acuático con 3.74 y la pesca con 3.73. Las actividades que inducen

menos al consumo de energía eléctrica total cuando se aumenta en una unidad la demanda final son los otros sectores (comercio y servicio). Esto puede estar explicado porque ellos prácticamente no modifican su consumo de energía eléctrica ante el aumento en una unidad de la demanda final. También, la construcción consume energía eléctrica de forma indirecta y empuja a sus proveedores a que lo hagan igualmente (Ver gráfico 6).

**Gráfico 6. Índice de concentración hacia adelante para los requerimientos totales**

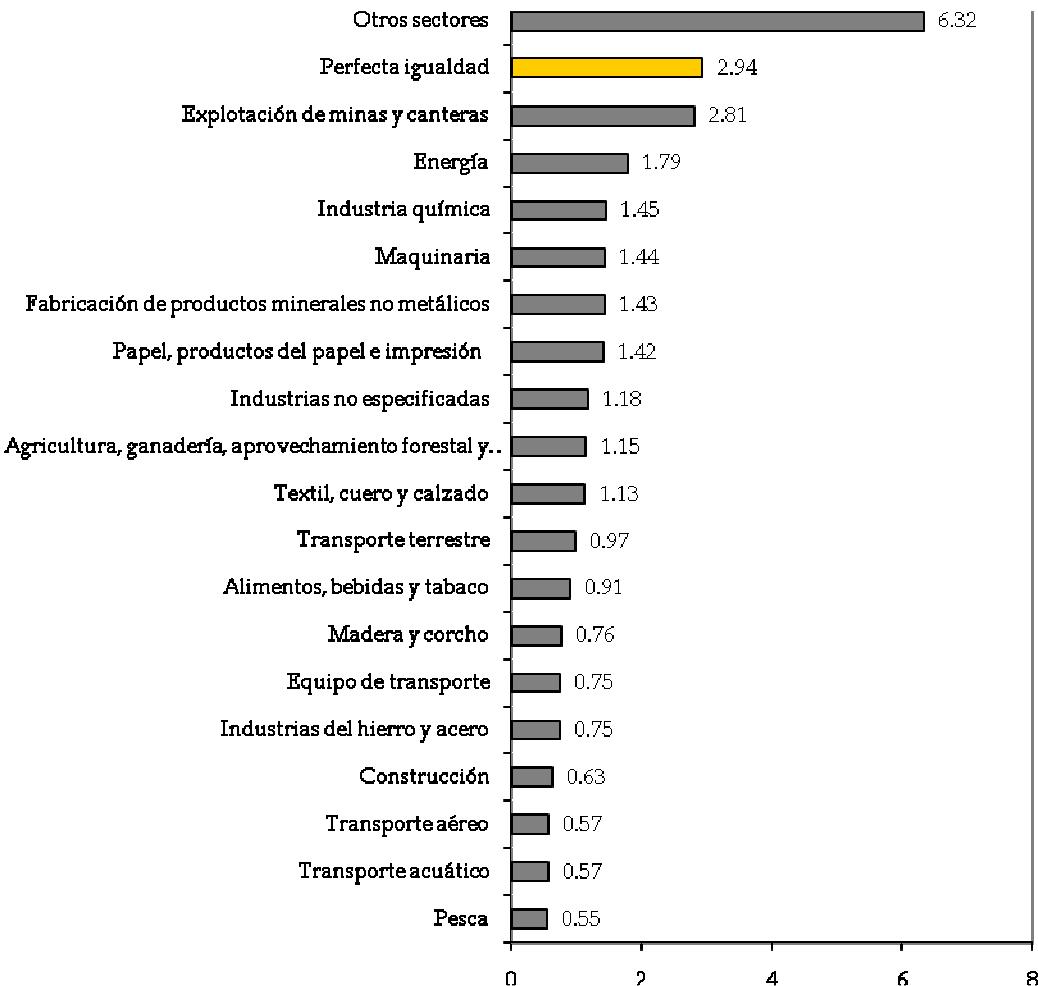


En el gráfico 7 se presentan los resultados de la medida de entropía con vínculos hacia delante de los coeficientes de requerimientos totales. Un valor alto de este índice significa que, siguiendo al aumento en una unidad de la demanda final de la industria  $i$ , la industria  $i$  impulsa el consumo de la energía

eléctrica a muchas industrias. Por el contrario, una baja entropía de los requerimientos totales, directos e indirectos, significa que siguiendo al aumento en una unidad de la demanda final de la industria  $i$ , la industria  $i$  distribuye el consumo de la energía eléctrica a pocas industrias.

Las industrias con entropías hacia adelante más altas son: los otros sectores (6.32), explotación de minas y canteras (2.81) y el sector de energía (1.79). Mientras que, las industrias con baja entropía hacia adelante son: transporte aéreo (0.57), transporte acuático (0.57) y pesca (0.55).

**Gráfico 7. Entropía hacia adelante para los requerimientos totales**

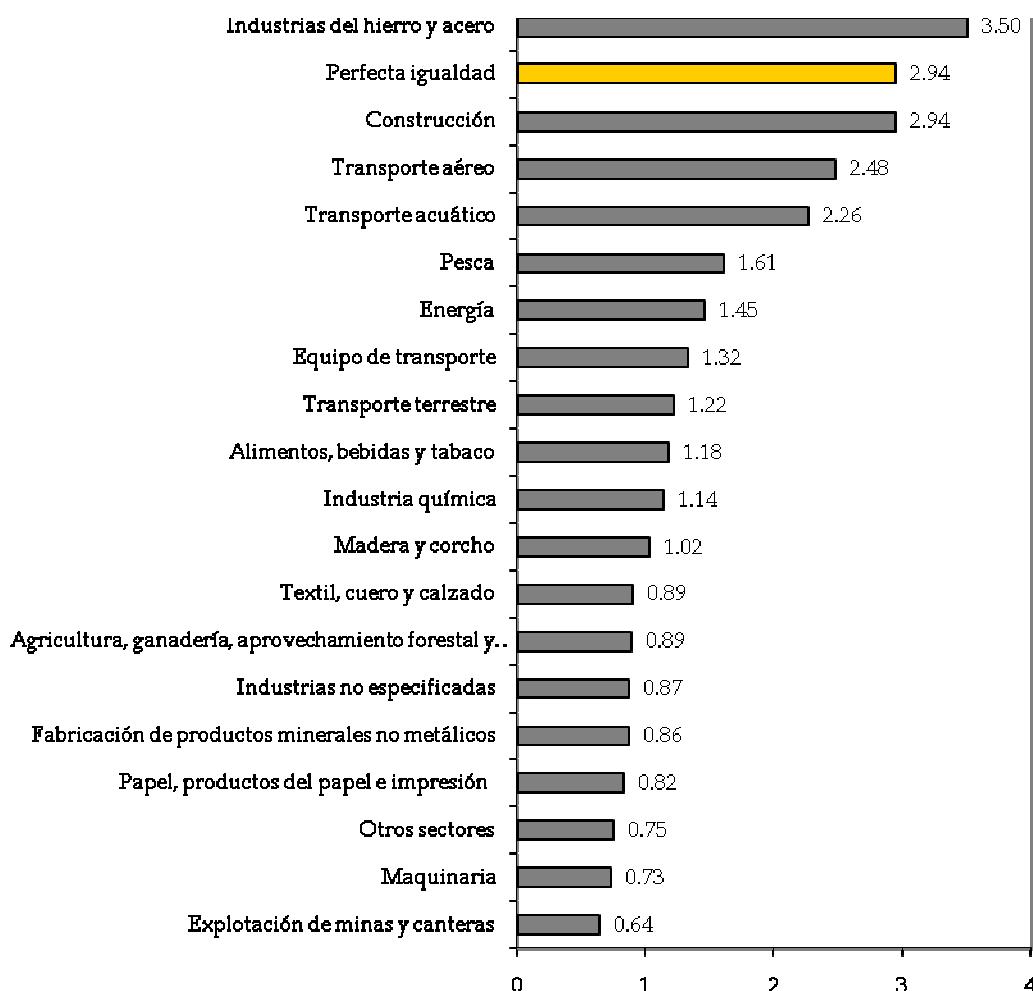


La entropía hacia atrás, o de las filas, se entiende como análoga al índice de concentración hacia atrás. Un valor alto de la entropía hacia tras significa que, ante un aumento de una unidad en la demanda final del sector  $i$ , la industria  $i$

impulsa a muchas industrias proveedoras a que aumenten el consumo de la energía eléctrica. Por otro lado, una baja entropía hacia tras significa que, siguiendo al aumento en el producto final de la industria  $i$ , la industria  $i$  provoca el aumento de consumo de energía eléctrica en pocos sectores para producir ese producto adicional.

Así, las industrias con el valor más alto de entropía hacia atrás son: industrias del hierro y el acero (3.50), seguido de la construcción (2.94), transporte aéreo (2.48) y transporte acuático (2.26). Al mismo tiempo que los otros sectores (0.75), Maquinaria (0.73) y explotación de minas y canteras (0.64) son los de menor valor de entropía hacia adelante.

**Gráfico 8. Entropía hacia atrás para los requerimientos totales**



Es importante mencionar que aquellas industrias que se encuentran en las posiciones más altas del índice de entropía por filas también lo están en el índice de concentración hacia atrás. Mientras que los sectores que se encuentran en la parte alta del índice de Theil por columnas también lo están en el índice de concentración hacia adelante. Un punto adicional es que los vínculos directos del índice de concentración nos muestran que los sectores productivos clave difieren cuando se analizan por requerimientos totales. Así, tendríamos sectores clave de requerimientos directos y otros indirectos. Se confirma pues la gran semejanza que hay en las medidas de concentración y las de inter-conectividad.

Ver tabla 13.

**Tabla 13. Identificación de los sectores clave según los índices de concentración y entropía. México, 2003.**

	Índice de concentración		Entropía	
	Forward linkages	Backward linkages	Forward linkages	Backward linkages
<b>Directos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ind. no especificadas</li> <li>- Construcción</li> <li>- Alimentos, bebidas y tabaco</li> <li>- agricultura</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Transporte terrestre</li> <li>- Transporte acuático</li> <li>- Ind. no especificadas</li> <li>- Ind. química</li> </ul>		
<b>Totales</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción</li> <li>- Transporte acuático</li> <li>- Pesca</li> <li>- Ind. del hierro y acero</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otros sectores</li> <li>- Energía</li> <li>- Maquinaria</li> <li>- Industria química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Otros sectores</li> <li>- Exp. de minas y canteras</li> <li>- Energía</li> <li>- Industria química</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Industria del hierro y el acero</li> <li>- Construcción</li> <li>- Transporte aéreo</li> <li>- Transporte acuático</li> </ul>

En conclusión, en este apartado hemos visto las medidas de inter-conectividad y de entropía con vínculos hacia delante y hacia atrás que nos permiten medir el grado de inter-relación de los sectores productivos asociados a sus requerimientos directos e indirectos de energía eléctrica. Se han identificado como sectores clave a los otros sectores, explotación de minas y canteras, energía, maquinaria y la industria química.

## **6. Conclusiones**

La investigación realizada ha girado en torno a los requerimientos totales de energía eléctrica a partir del rol del consumo final de energía eléctrica en las relaciones de los sectores de actividad económicos así como también a la identificación de los sectores clave. Para llevar a cabo este análisis, previamente se ha caracterizado sus requerimientos directos e indirectos de energía primaria y eléctrica así como la evolución de su consumo final. Las necesidades totales y la identificación de los sectores clave de energía eléctrica se han desarrollado en seis capítulos, en los que se llega a las conclusiones siguientes:

- Los modelos sobre el análisis insumo - producto están basados en la formulación insumo - producto realizada por Leontief, donde se exhibe la gran interrelación de las actividades económicas vinculadas entre sí. Con la obtención de la matriz inversa de Leontief se obtienen la interdependencia tanto directa como indirecta de los sectores productivos. La mayoría de los trabajos se centran en esta matriz de requerimientos totales para analizar los vínculos industriales en amplios campos de la economía que, en comparación con otros temas económicos, son pocos los trabajos que estudian esta aplicación al caso de la energía.
- En los pocos trabajos que abordaron la aplicación del modelo insumo - producto al caso de la energía, sobre todo a partir de los años setentas específicamente después de la crisis del petróleo, el análisis se reduce a explicar metodologías de cómo incorporar el vector de energía a una matriz insumo - producto. Las aplicaciones, por su parte, se centran en identificar cuáles son los sectores clave a fin de realizar la planeación energética.
- Cuando los desarrollos teóricos del modelo insumo - producto comienzan a tener en cuenta el grado de relación, las medidas de interconectividad y las decisiones de las actividades económicas en la planeación económica empiezan también las medidas de concentración y

los vínculos hacia delante y hacia atrás a estudiarse por ellas. Esto sirve, también, para identificar los sectores clave, aquellos que impulsan a otros a que consuman más directamente o aquellos que lo hacen a toda la economía en su conjunto. Son estos desarrollos los que llevan a profundizar en las relaciones productivas y en las repercusiones de sus vínculos. En nuestro caso, lo hemos aplicado a la energía eléctrica como pudo haber sido cualquier otra fuente de energía, primaria o secundaria, emisiones, etc.

- Las metodologías utilizadas se realizaron para la estimación de requerimientos totales de energía de México, tanto para primaria como para eléctrica, desde la perspectiva insumo-producto bajo el supuesto de la tecnología de la industria para el año 2003. Esto permitió estudiar el impacto que el consumo de energía eléctrica tiene en el sistema productivo de las industrias. Además, se identificaron las industrias claves que realizan el mayor consumo de energía eléctrica en el proceso productivo para generar el producto que va a la demanda final y que sirve de insumo a otras industrias.
- Se encontró que, en general, las industrias que requieren mayor proporción de energía primaria para producir energía son la electricidad, el gas natural, los productos del petróleo y el carbón y sus productos.
- A nivel sectorial, se encuentra que el transporte terrestre (35.24%), otros sectores (33.89%) y las industrias no especificadas (11.01%) son las que requieren más energía primaria total.
- Con la aplicación del vector de energía eléctrica al modelo insumo - producto se obtiene que los requerimientos directos de energía eléctrica sitúa a los sectores de explotación de minas y canteras (20.5%), las industrias del hierro y el acero (12.9%), los productos minerales no metálicos (10.4%) y la industria del papel, productos del papel e impresión (10.0%) como los mayores consumidores de energía eléctrica directa.

- Los requerimientos totales de energía eléctrica (sin fluctuaciones de tipo de cambio) señalan que los sectores más consumidores son las industrias del hierro y el acero (el 16.2% del total), la construcción (10.8%) y el transporte aéreo (9.9%).
- En cuanto a la obtención del ratio de energía total sobre la directa nos da como resultado que la construcción (4.4), el transporte aéreo (3.4), la pesca (2.0) y el transporte acuático (2.0) son los que mayor consumen energía eléctrica indirecta.
- Los índices de concentración hacia atrás para los requerimientos directos muestran al sector del transporte terrestre (4.10), el transporte acuático (4.08) y las industrias no especificadas como las actividades con mayor suministro de bienes directos procedentes de otras industrias.
- Los índices de concentración hacia delante para los requerimientos directos identifican a las industrias no especificadas (3.85) y la construcción (3.85), alimentos, bebidas y tabaco (3.81) como las actividades con mayor suministro de bienes directos para otras industrias. En promedio, los vínculos hacia atrás directos son de 3.85.
- En cuanto a los índices de concentración hacia atrás para los requerimientos totales se encontró a los otros sectores (4.11), energía (3.70) y maquinaria (3.62) como las actividades que requieren mayor energía eléctrica para producir un peso adicional destinado a la demanda final.
- Por lo que se refiere a los índices de concentración hacia adelante para los requerimientos totales se encontró al sector de la construcción (43.97), transporte acuático (3.74) y pesca (3.73) como las actividades que requieren mayor energía eléctrica total debido a un aumento de la demanda final.
- Cuando se analiza la entropía con vínculos hacia delante los resultados arrojan que los que aumentan en mayor medida el consumo de energía eléctrica por las compras que realizan a otros sectores son: otros sectores (6.32), explotación de minas y canteras (2.81) y el sector energía (1.79).

- La entropía con vínculos hacia atrás, muestra como los que más impulsan a sus industrias proveedoras a que consuman mayor energía eléctrica a: las industrias del hierro y el acero (3.50), la construcción (2.94) y el transporte aéreo (2.48).

Los altos valores de las entropías nos llevan a confirmar que la importancia creciente del uso de energía disponible para la producción de la economía mexicana se debe a la gran integración de sus sectores productivos.

En conclusión, se puede resumir que los sectores claves para la economía mexicana, en cuanto a que son los que mayor energía eléctrica requieren para llevar a cabo su proceso productivo, son: otros sectores, energía, industria química, explotación de minas y canteras y maquinaria, y por lo tanto, son los sectores sobre los cuales se debe centrar la atención al momento de definir una política energética y/o fijar medidas de regulación de la industria de energía eléctrica.

A futuro sería deseable investigar a profundidad sobre cuáles son los procesos y encadenamientos que conducen a tener una mayor eficiencia energética y qué factores influyen en la distribución del consumo de energía al interior de los distintos sectores económicos.

## Bibliografía

**Al-Ali, H. (1979).** "Input-output analysis of energy requirements. An application to the Scottish economy in 1973", *Energy Economics*, vol. 1, issue 4, pp. 211-218.

**Alcántara, V. and Roca, J. (1995).** "Energy and CO<sub>2</sub> emissions in Spain. Methodology of analysis and some results for 1980-90", *Energy Economics*, Vol. 17, No. 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", *working papers*, Universitat Autònoma de Barcelona, Departament d'economía aplicada, No. 5, pp. 1-17.

**Alcántara, V. y Duro, J. A. (2004).** "Inequality of energy intensities across OECD countries: a note". *Energy Policy* 32 (2004) 1257-1260.

**Alcántara, V. (2007).** "Análisis input-output y emisiones de CO<sub>2</sub> en España: Un primer análisis para la determinación de sectores clave en la emisión", *Working paper*, Departament d'economía aplicada, Universitat autònoma de Barcelona, Julio.

**Alcántara, V. (2007).** "Actividad económica, consumo final de energía y requerimientos de energía primaria en Cataluña, 1990-2005. Análisis mediante el uso de los balances energéticos desde una perspectiva input-output", *Working paper*, Departament d'economía aplicada, Universitat autònoma de Barcelona, Noviembre.

**Alcántara, V. (2007).** "Anàlisi input-output I medi ambient: una aplicación a la determinació de sectors clau en les emissions d'SO<sub>x</sub> a Catalunya", Nota d'economía, Revista d'economia catalana i de sector públic, Departament d'Economia i Finances, Generalitat de Catalunya, no. 87, pp. 199-213.

**Alcántara, V. y Padilla, E. (2008).** "Input -output subsystems and pollution: An application to the service sector and CO<sub>2</sub> emissions in Spain", *Ecological Economics* XX, pp. 1-10.

**Battjes, j.j, (1999).** *Dynamic modelling of energy stocks and flows in the economy: an energy accounting approach*. Dissertations, University of Groningen,Netherlands.

**Bullard, C. and Herendeen,R. (1975).** "The energy cost of goods and services", *Energy Policy*, issue 12, pp. 268-278.

**Casler, S. and Wilbur, S. (1983).** "Energy input-output: a simple guide", *Resources and Energy*, vol. 6, pp.187-201.

**Claus, I. (2002).** "Inter industry linkages in New Zealand", *working paper*, New Zealand Treasury, june, pp. 1-48.

**Duro, J. y Padilla, E. (2006).** "International inequalities in per capita CO<sub>2</sub> emissions: A decomposition methodology by Kaya factors", *Energy Economics*, no. 28, pp. 170-187.

**Ghosh, A. (1958).** "Input-ouput approach in an allocation system", *Economica*, vol. 25, issue 97, pp. 58-64.

**Hoekstra, R. (2005).** Economic Growth, Material Flows and the Enviroment. New Applications of Structural Decomposition Analysis and Physical Input-Output Tables, Edwar Elgar, Chentelham, pages 232.

**INEGI (2007).** Actualización del Sistema de cuentas nacionales, México.

**International Energy Agency (IEA). (1983-2003).** *Energy Balances of OECD-countries*, Paris, International Energy Agency.

**International Energy Agency (IEA). (2008).** *Energy Balances of OECD-countries*, Documentation for beyond 2020 files, Paris, International Energy Agency.

**Jacobson, A., Milman, D., y Kammen, M. (2005)** "Letting the (energy) Gini out of the bottle: Lorenz curves of cumulative electricity consumption and Gini coefficients as metrics of energy distribution and equity". *Energy Policy* 33, pp. 825-1832

**Karunaratne, N. (1989).** Australian Development Issues. An Input-Output Analysis, Avebury, ed. 1, pp. 1-20, 197-207.

**Lenzen, M. (1998).** "Primary Energy and greenhouse gases embodied in Australian final consumption: An input-output analysis", *Energy Policy*, Vol. 26, No. 6, pp. 495 – 506.

**Leontief, W. (1936).** "Quantitative Input and Output relations in the Economic System of the United States", *The Review of Economic Statistics*, vol. 18, nº 3, pp. 105-125.

**Leontief, W. (1966)** Análisis económico Input-output. Biblioteca de Economía. Ediciones Orbis, S.A. 1984.

**Miller, R. and Blair, P. (1985).** Input-Output Analysis: Foundations and extensions. Prentice-Hall, ed.1, USA, pp. 220-265.

**Patiño, I. (2008).** *Análisis de las necesidades de energía primaria desde la perspectiva del modelo insumo-producto: Aplicación a la economía Colombiana*, unpublished Msc., Desertación, Universitat Autonoma de Barcelona, Barcelona.

**Proops, J. (1983).** "Organisation and dissipation in economic systems", *Journal of Social and Biological Structure* (6), pp. 353-366.

**Proops, J. (1988).** "Energy intensities, input-output analysis and economic development", en Input-Output Analysis: current developments, Ciascini Maurizio (director), Chapman and Hall, ed. 1, pp. 201-215.

**Raa, T. (2005)** The Economics of Input-Output Analysis, Cambrigde University Press, vol. 1, United Kingdom, pp. 139-150.

**Rasmussen, N. (1956).** Studies in InterSectoral Relations. Amsterdam: New-Holland.

**Rong-Hwa, W and Chia-Yon, C. (1990).** "On the application of input-output analysis to energy issues", *Energy Economics*, vol. 12, issue 1, pp. 71-76.

**Sánchez-Chóliz, J. (1999).** "Eficiencia termodinámica y el valor económico", en VII Jornadas de Economía Crítica, Albacete, 3-5 de febrero.

**SENER (2005).** "Prospectivas del sector eléctrico 2005-2014". Secretaría de Energía, México.

**Theil, H. (1967).** Economics and Information Theory, North-Holland, Netherlands, pages 488.

**United Nations (1999).** *Handbook of input-output table compilation and analysis*. Studies in Methods, Handbook of National Accounting, serie F, No. 74, New York.

**Anexo 1. Tabla de correspondencia entre la clasificación de la matriz insumo-producto y los balances energéticos**

<b>Código</b>	<b>CIIU-Rev. 3</b>	<b>Balances energéticos</b>	<b>Clasificación SCIAN</b>	<b>Nomenclatura final</b>
	Agricultura, ganadería, caza y silvicultura	Agricultura/forestal	Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal, pesca y caza	
01	01 - Agricultura, ganadería, caza y actividades de servicios conexas 02 - Silvicultura, extracción de madera y actividades de servicios conexas	División 01 División 02	111 agricultura 112 ganadería 113 aprovechamiento forestal 115 servicios relacionados con las actividades agropecuarias y forestales	Agricultura, ganadería, aprovechamiento forestal y caza
02	<b>Pesca</b> 05 - Pesca, explotación de criaderos de peces y granjas piscícolas; actividades de servicios relacionadas con la pesca	<b>Pesca</b> División 05	<b>Pesca</b> 114 Pesca, caza y captura	<b>Pesca</b>
03	<b>Explotación de minas y canteras</b> 13 - Extracción de minerales metálicos 14 - Explotación de otras minas y canteras	<b>Minas y canteras</b> División 13 División 14	<b>Minería</b> 212 minería de minerales metálicos y no metálicos	<b>Explotación de minas y canteras</b>
04	<b>Suministro de electricidad, gas y agua</b> 40 - Suministro de electricidad, gas, vapor y agua caliente 41 - Captación, depuración y distribución de agua 10 - Extracción de carbón y lignito; extracción de turba 11 - Extracción de petróleo crudo y gas natural; actividades de servicios relacionadas con la extracción de petróleo y gas, excepto las actividades de prospección 23 - Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear	No especificado No especificado No especificado No especificado No especificado	Electricidad, agua y suministro de gas por ductos al consumidor final 211 extracción de petróleo y gas 212 minería de carbón mineral 213 Servicios relacionados con la minería 221 Generación, transmisión y suministro de energía eléctrica 222 Agua y suministro de gas por ductos al consumidor final 324 Fabricación de productos derivados del petróleo y del carbón	Energía
05	<b>Elaboración de alimentos y tabaco</b> 15 - Elaboración de productos alimenticios y bebidas 16 - Elaboración de productos de tabaco	<b>Alimentos y Tabaco</b> División 15 División 16	<b>Alimentos, bebidas y tabaco</b> 311 industria alimentaria 312 industria de las bebidas y el tabaco	<b>Alimentos, bebidas y tabaco</b>

**Anexo 1. Tabla de correspondencia entre la clasificación de la matriz insumo-producto y los balances energéticos (continuación)**

<i>Código</i>	<i>CIIU-Rev. 3</i>	<i>Balances energéticos</i>	<i>Clasificación SCIAN</i>	<i>Nomenclatura final</i>
06	Textil y cuero	Textil y cuero	Textil y cuero y calzado	
	17- Fabricación de productos textiles	División 17	313 Fabricación de insumos textiles	
	18 - Fabricación de prendas de vestir; adobo y teñido de pieles	División 18	314 Confección de productos textiles, excepto prendas de vestir	Textil, cuero y calzado
06	19 - Curtido y adobo de cueros; fabricación de maletas, bolsos de mano, artículos de talabartería y guarnicionería, y calzado	División 19	315 Fabricación de prendas de vestir 316 Fabricación de productos de cuero, piel y materiales sucedáneos, excepto prendas de vestir	
07	20 - Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; fabricación de artículos de paja y de materiales trenzables	20 madera y productos de la madera	321 industria de la madera	Madera y corcho
08	Papel, productos de papel e impresión	Papel, productos de papel e impresión	Papel, productos del papel e impresión	Papel, productos del papel e impresión
	21 - Fabricación de papel y de productos de papel 22 - Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones	División 21 División 22	322 - industria del papel 323 - Impresión e industrias conexas	
09	24 - Fabricación de sustancias y productos químicos	24 - Industria química y petroquímica	325 - Industria química	Industria química
	2411 - Fabricación de sustancias químicas básicas	División 24 Grupo 241	325 -Industria química	
10	26 - Fabricación de otros productos minerales no metálicos Elaboración de alimentos y tabaco	26 - Fabricación de productos minerales no metálicos	327 - Fabricación de productos a base de minerales no metálicos	Fabricación de productos minerales no metálicos

**Anexo 1. Tabla de correspondencia entre la clasificación de la matriz insumo-producto y los balances energéticos (continuación)**

<i>Código</i>	<i>CIIU-Rev. 3</i>	<i>Balances energéticos</i>	<i>Clasificación SCIAN</i>	<i>Nomenclatura final</i>
11	<b>Industrias no especificadas</b>	<b>Industrias no especificadas</b>	<b>Industrias no especificadas</b>	
	25 - Fabricación de productos de caucho y plástico	División 25	326 - Industria del plástico y del hule	
	33 - Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes	División 33	337 - Fabricación de muebles y productos relacionados	<b>Industrias no especificadas</b>
	36 - Fabricación de muebles; industrias manufactureras n.c.p.	División 36	339 - otras industrias manufactureras	
	37 - Reciclamiento	División 37		
12	<b>Fabricación de metales comunes</b>	<b>Hierro y acero</b>	<b>Industrias metálicas básicas</b>	
	271 - Industrias básicas de hierro y acero	Grupo 271	331 industrias metálicas básicas	<b>Industrias del hierro y acero</b>
	2731 - Fundición de hierro y acero	Clase 2731		
13	<b>Maquinaria</b>	<b>Maquinaria</b>	<b>Maquinaria y equipo</b>	
	28 - Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo	Division 28	332 Fabricación de productos metálicos, excepto maquinaria y equipo	
	29 - Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.	Division 29	333 Fabricación de maquinaria y equipo	
	30 - Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática	Division 30	334 fabricación de equipo de computación, comunicación, medición y otros equipos, componentes y accesorios electrónicos	<b>Maquinaria</b>
	31 - Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p.	Division 31	335 fabricación de equipo de generación eléctrica y aparatos y accesorios eléctricos	
	32 - Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones	Division 32		

**Anexo 1. Tabla de correspondencia entre la clasificación de la matriz insumo-producto y los balances energéticos (continuación)**

<i>Código</i>	<i>CIIU-Rev. 3</i>	<i>Balances energéticos</i>	<i>Clasificación SCIAN</i>	<i>Nomenclatura final</i>
	<b>Equipo de transporte</b>	<b>Equipo de transporte</b>	<b>Equipo de transporte</b>	
14	34 - Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques 35 - Fabricación de otros tipos de equipo de transporte	Division 34 Division 35	336 fabricación de equipo de transporte	<b>Equipo de transporte</b>
	<b>Construcción</b>	<b>Construcción</b>	<b>Construcción</b>	
15	451 - Preparación del terreno 452 - Construcción de edificios completos y de partes de edificios; obras de ingeniería civil 453 - Acondicionamiento de edificios 454 - Terminación de edificios 455 - Alquiler de equipo de construcción y demolición dotado de operarios	División 45	236 Edificación 237 Construcción de obras de ingeniería civil u obra pesada 238 Trabajos especializados para la construcción	<b>Construcción</b>
	<b>Sector transporte</b>	<b>Sector de transporte</b>	<b>Transportes, correos y almacenamiento</b>	
16	Transporte por vía terrestre; transporte por tuberías 601- Transporte por vía férrea 602 - Otros tipos de transporte por vía terrestre 603 - Transporte por tuberías	División 60	482 Transporte por ferrocarril 484 Autotransporte de carga 485 Transporte terrestre de pasajeros, excepto por ferrocarril 486 Transporte por ductos	<b>Transporte terrestre</b>

## Anexo 1. Tabla de correspondencia entre la clasificación de la matriz insumo-producto y los balances energéticos (continuación)

<i>Código</i>	<i>CIIU-Rev. 3</i>	<i>Balances energéticos</i>	<i>Clasificación SCIAN</i>	<i>Nomenclatura final</i>
17	<b>Sector transporte</b> <b>Transporte por vía acuática</b> 611- Transporte marítimo y de cabotaje 612 - Transporte por vías de navegación interiores	<b>Sector transporte</b> División 61	<b>Transportes, correos y almacenamiento</b> 483 Transporte por agua	Transporte acuático
18	<b>Sector transporte</b> Transporte por vía aérea	<b>Sector de transporte</b> División 62	<b>Transportes, correos y almacenamiento</b> 481 Transporte aéreo	Transporte aéreo
19	<b>Otros sectores</b> 41 - Captación, depuración y distribución de agua 50 - Venta, mantenimiento y reparación de vehículos automotores y motocicletas; venta al por menor de combustible para automotores 51 - Com. al por mayor y en comisión, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas 52 - Comercio al por menor, excepto el comercio de vehículos automotores y motocicletas; reparación de efectos personales y enseres domésticos 55 - Hoteles y restaurantes 63 - Act. de transporte complementarias y auxiliares; act.de agencias de viajes 64 - Correo y telecomunicaciones 65 - Intermediación financiera, excepto la financiación de planes de seguros y de pensiones 66 - Financiación de planes de seguros y de pensiones, excepto los planes de seguridad social de afiliación obligatoria 67 - Actividades auxiliares de la intermediación financiera 70 - Actividades inmobiliarias 71 - Alquiler de maq.y eq. sin operarios y de efectos personales y enseres domésticos 72 - Informática y actividades conexas 73 - Investigación y desarrollo 74 - Otras actividades empresariales 75 - Admin. pública y defensa; planes de seguridad social de afiliación obligatoria 80 - Enseñanza 85 - Servicios sociales y de salud 90 - Eliminación de desperdicios y aguas residuales, saneamiento y actividades similares 91 - Actividades de asociaciones n.c.p. 92 - Actividades de esparcimiento y actividades culturales y deportivas 93 - Otras actividades de servicios 95 - Hogares privados con servicio doméstico 99 - Organizaciones y órganos extraterritoriales	<b>Otros sectores</b> División 41 División 50 División 51 División 52 División 55 División 63 División 64 División 65 División 66 División 67 División 70 División 71 División 72 División 73 División 74 División 75 División 80 División 85 División 90 División 91 División 92 División 93 División 95 División 99	<b>Otros sectores</b> 468 CME al por menor de vehí. de motor, refacciones, combustibles y lubricantes 437 comercio al por mayor y otros medios 461 CME al x menor de alim. bebidas y tabaco 462 CME en tiendas autoservicio y departame 463 CME prod. Textiles, vestir y calzado 464 CME de artíc. para el cuidado de la salud 465 CME de papelería y usos de c.personal 466 CME de enseres domésticos, computador 467 CME de ferretería, tlalpalería y vidrios 721 Servicios de alojamiento temporal 561 Servicios de apoyo a los negocios 491 Servicios postales 492 Servicios de mensajería y paquetería 493 Servicios de almacenamiento 521 Banca central 522 Inst. de intermediación crediticia y financiera no bursátil 524 Cías de fianzas, seguros y pensiones 523 Act. bursátiles cambiarias y de inv. financ 531 Servicios inmobiliarios 532 Servicios de alquiler de bienes muebles 541 Servs profesionales, científicos y técnicos 931 Actividades del Gobierno 611 Servicios educativos 621 Serv.médicos de consulta externa 622 Hospitales 623 Residencias de asistencia social y salud 624 Otros servicios de asistencia social 562 Manejo de desechos y serv. Remediatón 813 Asociaciones y organizaciones 711 Serv artísticos y deportivos y relacionados 712 Museos, sitio históricos, jardines botánicos 713 Servs de entretenimiento en instalaciones recreativas y otros serv.recreativos 812 Servicios personales 814 Hogares con empleados domésticos 931 Actividades del Gobierno	Otros sectores

**Matriz de consumo final de energía secundaria de las actividades productivas, México, 2003 (En millones)**

Producto/ flujo	Agricul- tura, Ganade- ría, Silvicultural	Pesca	Minería y canteras	Alimentos bebidas y tabaco	Papel y productos de papel e impresión	Madera y productos derivados de la madera	Textil y cuero	Industria química y petro- química	Industrias metálicas básicas	Equipo de transpo- rte	productos metalúrgicos	Fabri- cación de prod. Mineral es no metáli- cos	Maqui- naria	Constru- cción	Transpo- rte por vía terrestre	Transpo- rte por vía aérea	Transpo- rte marítim- o	Otros sectores	Industrias no especifi- cadas
Carbón y productos del carbón	0.0000	0.0000	0.1197	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.7785	0.0000	0.0000	0.1381	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Petróleo crudo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
refinados de petróleo	2.1452	0.0000	0.3231	0.9053	0.3277	0.0000	0.0000	0.4679	0.3492	0.0000	0.0011	0.7907	0.0307	0.1516	38.6475	2.6943	0.0000	8.6935	2.5398
electricidad	0.6326	0.0000	0.4274	0.2298	0.2780	0.0000	0.0149	0.5659	0.0000	0.1390	0.0753	0.0906	0.0000	0.0341	0.0960	0.0000	0.0000	5.0756	6.0588
Gas natural	0.0000	0.0000	0.5879	0.2182	0.3043	0.0000	0.0000	2.5678	2.5747	0.0411	0.0264	0.6659	0.0000	0.0000	0.5852	0.0000	0.0000	0.9958	2.8968
Nuclear	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hidráulica	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Geotermal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Solar/eólica/ otras	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0660	0.0000
Combustible s renovables	0.0000	0.0000	0.0000	0.9981	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	5.9358	0.0000
<b>Total</b>	<b>2.7778</b>	<b>0.0000</b>	<b>1.4581</b>	<b>2.3514</b>	<b>0.9099</b>	<b>0.0000</b>	<b>0.0149</b>	<b>3.6015</b>	<b>3.7023</b>	<b>0.1800</b>	<b>0.1028</b>	<b>1.6854</b>	<b>0.0307</b>	<b>0.1857</b>	<b>39.3287</b>	<b>2.6943</b>	<b>0.0000</b>	<b>20.7667</b>	<b>11.4954</b>

**Matriz de consumo final de energía primaria de las actividades productivas, México, 2003 (En millones)**

Producto/flujo	Carbón y productos del carbón	Petróleo crudo	Imp. de refinados de petróleo	Imp. de electricidad	Gas natural	Nuclear	Hidráulica	Geotermal	Solar/eólica/otras	Combustibles renovables	Consumo Intermedio
Agricultura, Ganadería, Silvicultura	0.0000	2.1715	0.2011	0.0000	0.8212	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.1938
Pesca	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Minería y canteras	0.1268	0.3270	0.0303	0.0000	0.5548	0.5879	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.6269
Alimentos, bebidas y tabaco	0.5604	2.1296	0.1973	0.0000	1.7784	0.4075	0.1182	0.3734	0.0002	0.0752	5.6401
Papel y productos de papel e impresión	0.0000	0.3317	0.0307	0.0000	0.3608	0.3043	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.0275
Madera y productos derivados de la madera	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Textil y cuero	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0193
Industria química y petroquímica	0.0000	0.4736	0.0439	0.0000	0.7346	2.5678	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.8198
Industrias metálicas básicas	0.8247	0.3535	0.0327	0.0000	0.0000	2.5747	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	3.7856
Equipo de transporte	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1804	0.0411	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2215
productos metalúrgicos	0.0000	0.0011	0.0001	0.0000	0.0978	0.0264	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1254
Fabricación de prod. Minerales no metálicos	0.1463	0.8004	0.0741	0.0000	0.1177	0.6659	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	1.8044
Maquinaria	0.0000	0.0311	0.0029	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0340
Construcción	0.0000	0.1535	0.0142	0.0000	0.0443	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2120
Transporte por vía terrestre	0.0000	39.1216	3.6238	0.0000	0.1246	0.5852	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	43.4552
Transporte por vía aérea	0.0000	2.7273	0.2526	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	2.9800
Transporte marítimo	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Other sectors	3.3327	16.0153	1.4835	0.0000	15.3907	2.1213	0.7031	2.2208	0.0010	0.5130	41.7813
Industrias no especificadas	0.0000	2.5709	0.2381	0.0000	7.8647	2.8968	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	13.5707
Total	4.9910	67.2082	6.2254	0.0000	28.0893	12.7787	0.8213	2.5942	0.0011	0.5881	123.2973
%	4.04	54.50	5.04	0.00	22.78	10.36	0.66	2.10	0.00	0.48	100.00

**Matriz insumo-producto en términos de energía (tep/pesos), México, 2003**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1 7	1 8	19	A	B	C
1	41	0	0	0	179	5	10	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	240	218	457
2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	3	3	
3	0	0	11	27	5	0	0	0	7	49	2	73	1	0	57	0	0	0	2	234	26	260
4	3	0	1	71	6	1	0	1	31	3	1	4	2	1	4	19	0	1	25	177	142	319
5	29	0	0	0	101	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	11	148	799	947
6	1	0	0	1	3	39	0	2	1	1	3	1	1	5	1	2	1	0	19	79	173	252
7	0	0	0	1	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	8	0	0	0	15	35	15	50
8	1	0	0	1	21	2	0	36	6	5	3	1	4	1	2	5	1	0	78	169	84	253
9	6	0	0	37	8	2	0	3	37	3	10	1	3	3	8	1	0	0	44	167	164	331
10	0	0	0	4	13	0	0	0	1	20	2	1	3	6	178	2	0	0	12	244	122	366
11	2	0	0	1	20	2	0	3	4	1	6	0	11	9	21	3	0	1	36	120	172	292
12	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	5	5	2	8	0	0	0	1	21	7	28
13	2	0	1	8	8	0	0	0	3	0	4	1	46	17	70	4	0	0	79	244	761	1006
14	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	26	0	4	0	0	5	37	190	227
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	0	0	0	2	16	182	198
16	2	0	0	5	9	1	0	1	3	1	2	1	2	4	7	3	0	0	13	57	178	235
17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	3	
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	5	7
19	34	1	7	98	137	23	4	19	59	21	27	25	53	78	120	96	3	1	753	1571	3546	5117
20	146	1	76	131	505	105	25	119	192	145	118	14	391	90	86	63	1	4	1050			
21	0	0	0	0	2	20	0	3	1	3	19	0	118	7	0	0	0	0	1			
22	146	1	76	131	507	124	26	122	193	148	137	14	508	97	86	63	1	4	1051			
23	29	0	14	15	72	43	3	45	37	21	52	4	192	56	14	13	1	1	159			
24	0	0	1	0	3	76	1	12	3	11	89	1	1158	56	0	0	0	0	6			
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
28	29	0	15	15	74	119	3	57	40	32	141	4	1350	112	14	13	1	1	165			
29	2	0	2	2	3	2	0	1	1	2	1	0	3	1	1	4	0	0	7			
30	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
31	1	0	1	1	1	2	0	1	1	2	1	0	3	1	1	4	0	0	5			
32	176	1	92	147	583	245	29	180	234	182	279	19	1861	210	101	81	2	5	1220			
33	281	2	168	172	371	127	22	92	101	201	145	10	560	93	97	154	1	2	3905			
34	0	0	0	0	1	25	0	4	1	3	25	0	140	12	0	0	0	0	1			
35	281	2	168	172	370	102	22	88	100	197	121	10	420	80	97	154	1	2	3904			
36	457	3	261	319	954	372	51	272	335	383	425	29	2421	303	198	235	3	7	5125			
37	0	0	1	0	6	120	2	18	5	17	133	1	1416	75	0	0	0	0	8			
38	457	3	260	319	947	252	50	253	331	366	292	28	1006	227	198	235	3	7	5117			

1: Agricultura, ganadería y aprovechamiento forestal; 2: Pesca; 3: Explotación de minas y canteras; 4: Energía; 5: Alimentos, bebidas y tabaco; 6: Textil, cuero y calzado; 7: Madera y corcho; 8: Papel, productos del papel e impresión; 9: Industria química; 10: Fabricación de productos minerales no metálicos; 11: Industrias no especificadas; 12: Industrias del hierro y el acero; 13: Maquinaria; 14: Equipo de Transporte; 15: Construcción; 16: Transporte terrestre; 17: Transporte acuático; 18: Transporte aéreo; 19: Otros sectores; 20: Usos de la Economía Interna de origen nacional; 21: Usos de la Industria Maquiladora de Exportación de origen nacional; 22: Total de usos de origen nacional; 23: Importaciones de la Economía Interna; 24: Importaciones de la Industria Maquiladora de Exportación; 25: Compras de residentes en el extranjero; 26: compras de no residentes en el país; 27: compras netas de residentes y no residentes; 28: Importaciones Totales; 29: Impuestos sobre bienes y servicios; 30: Subsidios a bienes y servicios; 31: Impuestos sobre bienes y servicios netos de subsidios; 32: Total de usos a precios comprador; 33: Valor Agregado Bruto Economía Total; 34: Valor Agregado Bruto Industria Maquiladora de Exportación; 35: Valor Agregado Bruto Economía Interna; 36: Producción de la Economía Total a precios básicos; 37: Producción de la Industria Maquiladora de Exportación a precios básicos; 38: Producción de la Economía Interna a precios básicos. A: Consumo intermedio; B: Demanda final; y C: Utilización de la producción interna a Precios básicos.