

EL CAMBIO ESTRUCTURAL Y LA ELECCION DE TECNOLOGIA. EL USO DE LA ENERGIA EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO (1970-1981)

El texto de abajo es un capítulo de: Sterner, Thomas., *El uso de la energía en la industria mexicana*, México, El Colegio de México, 1987, pp. 19-48

1. Resumen

En este capítulo analizamos el desarrollo del uso industrial de la energía en un país que experimentó una caída, en lugar de un alza, en los precios de la energía durante el período 1970-1981. México subsidió el consumo interno de energía con el propósito expreso de estimular la industrialización. Primero desarrollamos algunos métodos para establecer una distinción entre los efectos de la elección de tecnología y los de los cambios en la estructura industrial y después utilizamos los resultados para analizar el incremento en la intensidad de uso de la energía en la industria manufacturera de 1970 a 1981. Así, encontramos que el incremento dependió totalmente de la adopción de tecnología con un mayor uso de energía, mientras que los cambios en la estructura de producción ejercieron poco o ningún efecto. Hubo incluso un ligero sesgo en favor de los sectores con menos intensidad de uso de la energía.

2. Introducción

Cierto número de estudios recientes ha demostrado la importancia de los factores estructurales para explicar el uso que un país hace de la energía. Así, por ejemplo, Jenne y Catell (1983) y Ostblom (1982) muestran que los cambios en la estructura industrial en el Reino Unido y Suecia, respectivamente, fueron los factores individuales más importantes para explicar la disminución global en la intensidad de uso de la energía en la industria. Sabemos que, a la larga, los países con energía barata tienden a especializarse en la producción con un uso intensivo de la energía (véase, en Carlsson, 1977, una comparación de la estructura industrial y la tecnología en Suecia, Alemania Federal y Estados Unidos). En el corto plazo, no obstante, la estructura económica se ve determinada por un gran número de factores distintos a los mencionados, así como por los precios relativos, y es difícil predecir el impacto que ejerce en la estructura un cambio en los precios de la energía.

Por razones naturales, la mayoría de los estudios sobre el uso de la energía en la economía tienden a centrarse en los efectos de los incrementos en los precios de la energía. En este capítulo tenemos la intención de arrojar un poco de luz sobre la manera como los precios de la energía afectan a la estructura y a la elección de tecnología y, para ello, estudiamos un país con precios de la energía a la baja, tanto en relación con el índice PIB-precios como con los precios de la mano de obra, del capital y de las materias primas.

3. El precio de la energía en México

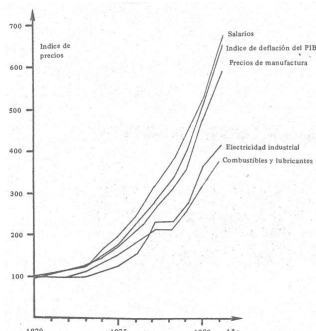
México es uno de los pocos países que, durante los setenta, combinaron la rápida industrialización con el descubrimiento y desarrollo de reservas muy grandes de energía. Hasta 1970, los precios internos de la energía en México fueron inferiores que los de la mayoría de los demás países, pero de ninguna manera extremos. Sin embargo, a partir de entonces, la energía se hizo aun más barata en relación con otros precios, como los de los salarios o los de los productos industriales (véase la Gráfica II.1), mientras que en los otros países - y en especial en todos los países de la OCDE- se experimentaron incrementos considerables en los precios de la energía. En 1980, los precios internos en México variaron entre 10% y el 70% de los precios comparables en Estados Unidos. El subsidio total al petróleo vendido en 1981 en el mercado interno se estimó en 285,000 millones de pesos (*Boletín de Energéticos*, 1982) (aproximadamente 12,000 millones de dólares estadounidenses al tipo de cambio [sobrevaluado] vigente en ese año). Obviamente, esta política de precios implica costos considerables (tema que ya ha sido tratado en otros estudios: véase Sterner, 1983), pero podría justificarse plausiblemente si en realidad acelerara la industrialización.

4. El consumo de energía a un nivel agregado

Tanto el PIB como el consumo de energía crecieron rápidamente en México. De 1970 a 1981, el consumo de energía aumentó en más del 150% y el PIB se duplicó. La relación entre las tasas anuales de crecimiento del uso de energía y las del PIB aumentó de 1.1, para el período 1965-1970, a 1.3 para el período de 1970-1975 y a 1.5 para 1975-1981. Así, por ejemplo, durante 1980 el PIB creció en 8.3% y el consumo de energía en 13%.

No obstante, los sectores más dinámicos fueron el del transporte y el de la producción de energía, antes bien que la industria en sí (véase el Cuadro II.1). Uno de los factores que explican el rápido crecimiento de la economía mexicana durante ese período es específicamente el 'auge petrolero', esto es, el desarrollo de los pozos petrolíferos, de la infraestructura relacionada con ellos y de los productos petroquímicos. Al sector energético (en este sentido amplio) correspondió más del 40% del uso de energía en 1981. También podemos suponer que la rápida expansión del transporte privado (automóvil) en México se debió a los precios subsidiados de la gasolina.

Gráfica II.1
PRECIO DE LOS COMBUSTIBLES Y LA ELECTRICIDAD COMPARADOS CON LOS SALARIOS Y CON LOS INDICES DE PRECIOS PARA LA PRODUCCION EN EL SECTOR MANUFACTURERO Y PARA EL INDICE DE DEFLACION DEL PIB, 1970-1981



5. El consumo de energía en la industria

Los cambios estructurales son importantes para explicar el incremento de la razón de demanda de energía a PIB. Por lo tanto, puede suponerse que el cambio estructural es un factor importante para la determinación del uso de energía en la industria, en especial debido a que el propósito de los subsidios a la energía es alentar la industrialización.

Podemos suponer, *a priori*, que la energía barata produciría tres tipos de efectos:

- a) adopción de tecnología con uso intensivo de energía;
- b) ventajas comparativas sobre otros países en la producción de bienes con uso intensivo de energía y, por ende, especialización en esas áreas;
- c) abaratamiento de productos con uso intensivo de energía y, por lo tanto, incremento de su consumo en México.

Los efectos (b) y (c) se combinarían para dar a la estructura industrial mexicana un sesgo hacia la producción de bienes con uso intensivo de energía. El efecto (a) provocaría un incremento en los coeficientes de consumo de energía en todas las ramas de la industria sin afectar la composición de la producción industrial.

6. Los datos

Idealmente, un estudio de los factores implícitos en el uso industrial de la energía debería basarse en una serie de censos de producción comparables que detallaran el uso de la energía al nivel de cada industria en particular (o, al menos, para el menor nivel de agregación utilizado). Sin embargo, el censo de 1980 todavía no ha sido publicado y, debido a cambios en el sistema de clasificación industrial, es difícil comparar los censos anteriores, previos a 1970.

Consecuentemente, la primera parte de este capítulo se basa en los censos de 1970 y de 1975, que nos proporcionan todos los datos de producción pertinentes, incluso el uso de electricidad y `combustibles y lubricantes' al nivel de 222 industrias de cuatro dígitos. Para el período 1975-1981, los únicos datos accesibles provienen de las Cuentas Nacionales, que proporcionan los datos sobre producción y precios a un nivel de agregación que es ligeramente más alto (126 industrias). Sin embargo, no existen datos sobre el consumo individual de energía de esas industrias, por lo que nos vimos obligados a arreglárnoslas con los datos sobre energía agregados para el total de la industria manufacturera tomados de los Balances Nacionales de Energía. Esos balances definen el uso total de energía en función de la electricidad y de los combustibles (carbón, gas y productos del petróleo, con exclusión de los lubricantes). Los datos disponibles se muestran a un nivel agregado en el Cuadro II.2

Cuadro II.1.
TASAS DE CRECIMIENTO Y USO DE ENERGÍA. ALGUNOS SECTORES IMPORTANTES

Tasas de crecimiento anuales 1970-1981 (precios fijos)

PIB	6.7%
Industria	7.0%
Transporte	11.4%
Sector energético	11.3%
Industria del petróleo	(12.4%)
Electricidad	(9.3%)
Servicios	6.8%
Construcción	6.8%
Agricultura, etc.	3.7%

Uso total de energía (medida en calorías) - estructura y crecimiento

	Estructura 1981	Tasa de crecimiento 1970-1981
Total	100.0%	8.8%
Industria ^a	24.1%	8.0%
Transporte	23.5%	9.2%
Sector energético ^b	42.7%	9.3%
Otros sectores ^c	9.7%	8.2%

Fuentes: Cuentas Nacionales, Balance Nacional de Energía 1970, 1981.

^a N.B. Las estadísticas sobre la energía y el PIB provienen de diferentes fuentes y, por lo tanto, las definiciones sectoriales pueden no corresponder. El uso industrial de la energía incluye cierto uso "no energético" de productos petroquímicos, lubricantes, etc.

^b Pérdidas por conversión en refinerías, centrales eléctricas, plantas petroquímicas, y pérdidas debidas a la transmisión de electricidad, etc.

^c Servicios, construcción, agricultura, vivienda, etc.

Los coeficientes de la energía (uso de la energía como un porcentaje de la producción) fueron de alrededor de 0.9% y 1.0% para el combustible y la electricidad, respectivamente, tanto en 1970 como en 1975 -en términos nominales. Sin embargo, gracias al descenso en los precios relativos de la energía, se produjo un incremento de hasta 1.0%/1.3% a los precios de 1970. En el período 1975-1981, el uso de electricidad continuó elevándose con una velocidad mucho mayor que la producción, mientras que el uso de otros combustibles apenas mantuvo el ritmo, lo cual llevó los coeficientes de la energía a 0.96% para los combustibles y a 1.51% para la electricidad (a precios de 1970).

Lo anterior implica que el uso de la energía en el sector manufacturero mexicano incrementó en aproximadamente el 10% para el combustible y en 50% para la electricidad en comparación con la producción de manufacturas durante el período 1970-1981. A manera de comparación, los coeficientes de consumo del sector manufacturero sueco aumentaron en 11% para la electricidad, pero disminuyeron en 37% para los productos del petróleo durante el mismo período. Los datos sobre los precios de la energía provienen de fuentes oficiales y fueron ponderados para formar índices de precios, como se muestra en el Apéndice II.1.

Cuadro II.2
PRODUCCION Y USO DE ENERGIA EN
EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO

	1970 ^a	1975 ^a Precios Nominales	1975 ^a Precios 1970	Crecimiento total	
				1970-75	1975-81
Producción bruta	205	461	269	29%	50% ^b
Uso de combustible	1.8	4.24	2.72	51%	44% ^c
Uso de electricidad	2.04	4.51	3.58	75%	70% ^c
Razones energía/ producción para					
Combustible	0.88%	0.92%	1.01%		
Electricidad	0.99%	0.97%	1.33%		

Fuente:

^a Censo Industrial 1970, 1975. Miles de millones de pesos.

^b Cuentas Nacionales.

^c Balance Energético 1975, 1981.

7. Los cambios tecnológico y estructural, 1970-1975

En este capítulo establecemos una distinción entre los cambios en el uso de la energía debidos a diferentes tasas de crecimiento de cada una de las industrias y los debidos a aumentos o descensos en su intensidad de uso de la energía. En este capítulo nos referiremos a los primeros como cambio estructural (al nivel de las industrias de 2 y de 4 dígitos) y a los segundos los llamaremos cambio tecnológico. No obstante, debe tenerse en cuenta que la distinción es más bien arbitraria, ya que parte del cambio en los coeficientes de la energía de los sectores de 4 dígitos, al que llamamos "tecnológico", puede deberse también a cambios en la composición a niveles aun más reducidos de desagregación, a saber, entre productos. Así, entre más reducido sea el nivel de desagregación que podamos usar, más probabilidades tendremos de encontrar efectos "estructurales" y menos probabilidades tendremos, *ceteris paribus*, de encontrar efectos "tecnológicos".

La primera columna del Cuadro III.3 indica el uso de combustible en cada una de las 13 principales industrias (de 2 dígitos) en 1970. En la columna A simplemente se aumenta proporcionalmente el uso de combustible en un 29% para explicar el aumento general en la producción industrial, dando por sentados un crecimiento proporcional y coeficientes de consumo fijos para la energía. En la columna B se muestran los efectos de la estructura al nivel de 2 dígitos, esto es, los valores B (véase las definiciones en el Apéndice II.1) indican el consumo de energía-hipotético de cada una de esas industrias agregadas con el volumen de producción de 1975, pero se mantienen las intensidades de uso de energía y la estructura de las industrias de 4 dígitos de 1970 en cada una de esas industrias de 2 dígitos.

La comparación de la suma de B_i con la suma de A_i nos da una medida del efecto del cambio estructural al nivel de 2 dígitos. En la columna C se introducen los efectos de la estructura al nivel de 4 dígitos y en la columna D se introduce la tecnología (esto es, las intensidades de uso de energía) de 1975, lo cual proporciona, así, el uso real de energía en ese año.

La comparación longitudinal de valores nos indica los efectos para una industria en particular, por ejemplo, la del vestido (No. 24). Las compañías de esta industria usaron combustible y lubricantes por un valor de 15 millones de pesos en 1970. Por comparación, esto corresponde a 19.5 millones de pesos (columna A), debido al 29% de aumento general en la producción durante 1970-1975. No obstante, la columna B indica un valor de 16.4 millones de pesos, ya que la industria del vestido no se expandió a la tasa promedio de 29%, sino que únicamente alcanzó un crecimiento total de 9% en 5 años. En esa industria, los subsectores con la mayor intensidad de uso de combustible tendieron a mostrar un crecimiento más lento que aquellos con una menor intensidad de uso. Al considerar este hecho, obtenemos el 15.5 de nuestra variable *C* hipotética. Finalmente, D_{24} tiene un valor de 22.4, lo que nos indica que los 15 subsectores incluidos en esa industria en realidad incrementaron sus coeficientes de consumo de combustible en aproximadamente 45%.

CUADRO II.3
USO DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR MANUFACTURERO:
EFFECTOS DE LA ESTRUCTURA Y DE LA TECNOLOGIA

		Uso real ^a en 1970	Uso hipotético de combustible en 1975:			Uso real en 1975
			Vol. 75 -A-	2 díg. -B-	4 díg. -C-	
20	Alimentos	389.5	503.9	461.2	473.7	666.7
21-2	Tabaco/bebidas	106.4	137.6	86.7	67.9	177.3
23	Textiles	92.5	119.7	87.6	93.0	110.6
24	Vestido	15.0	19.5	16.4	15.5	22.4
25-9	Productos de madera, papel e impresión	158.0	204.4	156.6	151.6	217.3
30-2	Caucho y químicos	235.0	304.0	434.9	492.5	372.1
33	Vidrio, cemento, etc.	305.5	395.2	440.2	472.6	498.7
34	Metales	314.2	406.4	310.6	303.5	334.3
35	Prods. metálicos	67.1	86.8	54.9	55.6	116.0
36	Maquinaria	28.9	37.4	51.6	52.0	49.1
37	Apa. electrodomésticos	31.2	40.4	49.6	47.3	46.4
38	Equipo de transporte	40.0	51.8	81.0	69.5	93.3
39	Otras manufacturas	11.0	14.2	15.4	15.9	15.1
Total de la industria		1794.5	2321.3	2247.7	2310.5	2719.3

^a Todos los valores en millones de pesos constantes (1970).

8. Metodología

Este enfoque consistente en separar los efectos estructurales de los tecnológicos es ya bastante común y se pueden encontrar análisis similares en varios trabajos (e.g., Hankinson y Rhys, 1983, y Jenne y Catell, 1983). No obstante, es necesario ser precavidos en la interpretación de los resultados, ya que existen varias maneras de calcularlos. En referencia al Cuadro II.3, también pudimos haber introducido primero los efectos de la tecnología y después los de la estructura. Al procedimiento anterior lo llamaremos opción 1,

la cual implica la medición del cambio estructural como la suma ponderada de los efectos del crecimiento industrial sobre el uso de combustible, *valiéndose de las intensidades de uso de la energía de 1970 como valores relativos*. Pero, cuando se tienen datos detallados disponibles para el segundo año (1975 en este caso), ¡bien podrían usarse las intensidades de 1975 como valores relativos! En este caso (opción 2), los efectos tecnológicos se calcularían como la suma ponderada de los cambios en la intensidad de uso de energía, valiéndose de la estructura de producción de 1970 (en lugar de 1975) para la ponderación.

La diferencia es análoga a la distinción que existe entre un índice Paasche y un índice Laspeyre. Así, en la opción 1, el efecto estructural total, S_1 y el efecto tecnológico total, T_1 , son dados por las fórmulas (1a) y (1b), respectivamente:

$$(1a) \quad S_1 = \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})}{\sum_i E_{it} \cdot g} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} \cdot y_{ijt})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} \cdot y_{ijt})_{i,t}}$$

$$(1b) \quad T_1 = \frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_i \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} \cdot e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} \cdot e_{ijt})}$$

donde E_i y E_{ij} son el uso de la energía en la industria i -ésima (2 dígitos) y en el subsector j -ésimo de 4 dígitos de la industria i -ésima, respectivamente. Los índices para el tiempo se refieren al primer año del período de observación t y al último año T . g , g_i y g_{ij} son las tasas de crecimiento del total del sector manufacturero, de la industria i -ésima y del subsector j -ésimo de 4 dígitos, respectivamente. Las variables y y e para la producción y las intensidades de uso de energía se definen de la misma manera.

De manera similar, en la opción 2, los efectos estructurales S_2 y el efecto tecnológico T_2 son dados por las fórmulas (2a) y (2b):

$$(2a) \quad S_2 = \frac{\sum_i E_{iT} / g}{\sum_i \sum_j (E_{ijt} / g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} \cdot g \cdot y_{ijt})_{i,t}}$$

$$(2b) \quad T_2 = \frac{\sum_i \sum_j (E_{iT} / g_{ij})}{\sum_j E_{it}} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})_{i,t}}$$

Es necesario observar que las dos opciones dan un efecto total (cuando se multiplican juntas la estructura y la tecnología) que corresponde a $\sum E_{iT}/g \cdot \sum E_{it}$,

que es el uso total de energía en el último año dividido entre el uso de energía en el primer año ajustado a la tasa de crecimiento general. En el apéndice II.2 de este capítulo se encontrarán más detalles de cómo se dedujeron estas fórmulas y de las fórmulas para la descomposición del cambio estructural total a los niveles de 2 y 4 dígitos, respectivamente.

Si varían las intensidades de uso de energía de cada una de las industrias y, en particular, si hay una diferencia sistemática entre las industrias de crecimiento rápido y las de crecimiento lento, esas medidas opcionales de los efectos estructural y tecnológico pueden arrojar valores diferentes.

CUADRO II.4
COEFICIENTES DE CORRELACION PARA LAS INTENSIDADES DE USO DE LA ENERGIA Y LAS TASAS DE CRECIMIENTO EN LOS SECTORES DE 4 DIGITOS DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA (PONDERADOS MEDIANTE LA PRODUCCION)

	Coeficiente de consumo de energía correspondiente, 1970	Tasa de crecimiento, 1970-75
Coeficiente de electricidad 1975	0.84	- 0.25
Coeficiente de combustibles 1975	0.88	- 0.23

En el caso de nuestros datos, la primera columna del Cuadro II.4 indica que la correlación entre las intensidades de uso de energía de 1970 y 1975 está lejos de ser perfecta, lo que implica que la expresión misma "industria con uso intensivo de energía" puede ser engañosa: una industria que tuvo un uso intensivo de energía en 1970 no tuvo que tenerlo necesariamente también en 1975. La segunda columna indica que las tasas de crecimiento de las industrias se correlacionaron negativamente con sus intensidades de uso de energía en 1975 (parecería que aquellas con la mayor intensidad de uso de energía en 1975 fueron las de más lento crecimiento), lo cual nos hace esperar, por lo tanto, que las dos medidas opcionales del cambio estructural y tecnológico proporcionen resultados un tanto diferentes.

9. El cambio estructural a varios niveles, 1970-1975

Los resultados anteriores explican por qué el factor tecnológico parece ser más fuerte cuando es ponderado mediante la producción de 1970 (opción II en los Cuadros II.5 y II.6). Los efectos del cambio estructural se modifican sustancialmente. En la opción 1, los efectos estructurales son cero -un sesgo estructural de ahorro de energía muy débil de 3% al nivel de los 2 dígitos es contrarrestado por un efecto opuesto al nivel de los 4 dígitos. Sin embargo, en el otro caso se presenta un efecto total de ahorro de energía de 14% (-6% y -

9%, respectivamente) para la electricidad y de 20% para el combustible (-13% y -8%, respectivamente).¹

Cuadro II.5
ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE EXPLICAN EL INCREMENTO EN EL USO
DE COMBUSTIBLE EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO
(CAMBIOS PORCENTUALES 1975/70)

Industria		Cambio debido a la tecnología ^a		Cambio debido a la estructura			
		Al nivel de 2 dígitos		Al nivel de 4 dígitos			
		Opción: I	II	I	II		
20	Alimentos	41	61	- 8	- 8	23	- 10
21-2	Tabaco/bebidas	161	306	- 37	- 37	- 22	- 50
23	Textiles	19	34	- 27	- 27	6	- 6
24	Vestido	45	49	- 15	-15	- 5	- 6
25-9	Productos de madera, papel e impresión	43	48	- 23	- 23	- 3	- 3
30-2	Caucho y químicos	- 24	-12	43	43	13	- 3
33	Vidrio, cemento, etc.	6	8	11	11	7	6
34	Metales	10	14	- 24	- 24	- 2	- 6
35	Prods. metálicos	109	121	- 36	- 36	1	- 4
36	Maquinaria	- 6	- 5	38	38	1	0
37	Apa. electrodomésticos	- 2	- 3	23	23	- 5	- 4
38	Equipo de transporte	34	37	56	56	- 14	-16
39	Otras manufacturas	- 5	6	9	9	3	- 8
Total de la industria		18	45	- 3	- 8	3	-13

^a En el caso de la opción 1, el cambio tecnológico se mide como DIC y el cambio estructural a los niveles de 2 y 4 dígitos como B/A y C/B, respectivamente. Para la opción 2, las fórmulas son diferentes, pero arrojan el mismo cambio total D/A (véase el Apéndice II.2). Los efectos estructurales al nivel de 2 dígitos corresponden simplemente a las tasas relativas de crecimiento g/g, lo que explica por qué no hay diferencias entre las opciones I y II al mismo nivel de 2 dígitos. No obstante, para toda la industria sí hay una diferencia, como se muestra en el Apéndice II.2.

Cuadro II.6
ANÁLISIS DE LOS FACTORES QUE EXPLICAN EL INCREMENTO EN EL USO DE ELECTRICIDAD EN EL
SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO
(CAMBIOS PORCENTUALES 1975/70)

Industria		Cambio debido a la tecnología ^a		Cambio debido a la estructura			
		Al nivel de 2 dígitos		Al nivel de 4 dígitos			
		Opción: I	II	I	II		
20	Alimentos	22	47	- 8	- 8	0	-17
21-2	Tabaco/bebidas	115	194	-37	-37	- 9	-34
23	Textiles	53	77	-27	-27	- 5	-18
24	Vestido	44	- 15	-15	0	- 4	
25-9	Productos de madera, papel e impresión	59	63	-23	-23	- 7	-10
30-2	Caucho y químicos	3	12	43	43	17	2
33	Vidrio, cemento, etc.	10	12	11	11	7	5
34	Metales	114	106	-24	-24	1	5

¹ De manera correspondiente, los efectos estructurales a los niveles de 2 y 4 dígitos podrían considerarse en cualquier orden, dando un número de opciones potencialmente más grande. En los datos presentes no hubo diferencias significativas, por lo que esa distinción fue dejada de lado en consideración a la claridad. Véase, también el Apéndice II.2.

35	Prods. metálicos	134	138	-36	-36	0	- 2
36	Maquinaria	4	4	38	38	- 1	- 2
37	Apa. electrodomésticos	8	- 6	23	23	- 3	- 4
38	Equipo de transporte	16	16	56	56	-13	-13
39	Otras manufacturas	20	33	9	9	4	- 6
Total de la industria		36	59	-3	- 9	3	- 6

^a Véanse las notas del Cuadro 11.5.

La conclusión que podemos extraer en lo que respecta al sector manufacturero en conjunto es que el cambio estructural constituye el factor más importante para explicar el incremento en la intensidad de uso de energía. A un nivel agregado, dicho cambio ejerce sólo un pequeño efecto de ahorro de energía, o bien ninguno, dependiendo de la manera como sea medido. En 1975, las industrias con una alta intensidad de uso de energía fueron, sobre todo, aquellas que habían experimentado un crecimiento lento en el período de 1970-1975.

De las siete industrias con un crecimiento más lento que el promedio, al menos seis tuvieron una alta intensidad de uso de energía: alimentos (20), productos de madera, papel e impresión (25-29), metales (34) y productos metálicos (35) -estas cuatro con un uso de grandes cantidades tanto de electricidad como de combustibles-; tabaco y bebidas (21-22) -con una alta intensidad de uso de combustible-; y textiles (23) -con un gran uso de electricidad-. El grupo principal de industrias de crecimiento rápido está compuesto por la ingeniería y las industrias productoras de maquinarias (36-39), todas con muy baja intensidad de uso de energía. Las excepciones a esta regla las constituyen la industria del vestido, de crecimiento lento (24), y las industrias del hule y de productos químicos (30-32) y del vidrio, el cemento, la cerámica, el ladrillo, etc. (33), todas de crecimiento rápido y de uso intensivo de energía. En el caso de la industria química, los datos de los censos de 1970 y 1975 no incluyen los productos petroquímicos ni la refinación ni las otras industrias relacionadas, ya que pertenecen en gran medida al campo de la compañía petrolera estatal Petróleos Mexicanos (PEMEX) y fueron clasificadas en el 'sector energético'. Esto, junto con algunos valores sorprendentemente bajos para el uso de petróleo en 1975 (véase la siguiente sección), implica probablemente una desestimación del crecimiento y de la intensidad de uso de energía en esa industria. No nos fue posible incluir ningún dato exterior para corregir la falta de esos subsectores, pero los cálculos aproximados indican que su inclusión no modificaría nuestros resultados agregados sino marginalmente.

En general, los efectos de los cambios estructurales sobre el uso de energía al nivel de 4 dígitos fueron insignificantes, pero en el caso de dos industrias provocaron reducciones considerables. Los cambios más significativos se presentaron en tabaco/bebidas y en el equipo de transporte. En el primer caso, el efecto dependió de los rápidos descensos en la producción de vino y limonadas, productos con un uso intenso de energía, que fueron 'reemplazados' por ¡la cerveza y el tabaco!, productos menos consumidores de energía. En cuanto al equipo de transporte, el armado de carros (y trenes) ha estado creciendo con mucha rapidez y necesita poca energía, mientras que las etapas de la cadena de producción menos consumidoras de energía, como la producción de partes para carros, han crecido mucho más lentamente.

10. El cambio tecnológico, 1970-1975

La intensidad promedio de uso de la energía se incrementó entre 1970 y 1975, en particular en el caso de la electricidad, con un promedio de 36% ó 59% (según que se use la opción I o la II), comparado con un incremento de 18% ó 45% para el uso de otros combustibles. Nos interesa comprender qué factores (*e.g.*, de carácter tecnológico o de mercado) sirven de fundamento a las diferencias observadas entre los diferentes sectores. La mayoría de las industrias se comportan conforme al patrón promedio, pero algunas merecen un comentario especial. Las industrias 21-22 (tabaco y bebidas) y 35 (productos metálicos) muestran incrementos excepcionalmente altos en sus coeficientes de consumo, tanto de electricidad como de combustibles. La industria de 'productos metálicos' incluye subsectores, como la producción de herramientas, clavos, alambre metálico, esmalte, hierro fundido, etc., que requieren grandes cantidades de energía para transformar el hierro en bruto o los otros metales usados.

En el otro extremo de la escala, las industrias 36 y 37 usan muy poca energía, debido a que pertenecen completamente al campo de la 'ingeniería': producción de maquinaria, industrias 36, y de equipo electrónico, como tocadiscos, industrias 37. Estos dos subsectores no presentaron incrementos en su intensidad de uso de energía, sino incluso pequeñas disminuciones.

Cierto número de industrias parecen mostrar una sustitución de combustibles por electricidad. La industria química y la del hule (30-32) muestran una clara reducción en su intensidad de uso de combustible, pero la reducción de electricidad no es evidente, mientras que 'otras manufacturas' (39) y productos de metal (34) no muestran un cambio significativo en sus coeficientes de combustible sino incrementos muy marcados en el consumo de electricidad. Esta sustitución de combustibles por electricidad es bien conocida en otros países y, aunque los precios de la electricidad muestran una ligera caída en relación con los del combustible, la sustitución podría explicarse también por la adopción de tecnología más moderna. En algunos de los subsectores de la industria química, como los fertilizantes, los insecticidas, las fibras artificiales y celulósicas (3121-2, 3131-2), se presentaron reducciones muy considerables en el uso del combustible y electricidad, aunque es necesario ser precavidos al interpretar las cifras de esas industrias sin conocer su uso de materias primas, ya que, en gran medida, se basan en derivados del petróleo. Algunos de esos consumos han sido clasificados como 'combustibles' en 1970 y como 'materias primas' en 1975.

La impresión que puede tenerse de este examen general al nivel de 2 dígitos es que la intensidad de uso de energía se incrementó en aquellas industrias que ya mostraban un uso intensivo en 1970. La explicación para esto puede residir en el hecho de que existe una especie de efecto de umbral: únicamente aquellas compañías que pagan facturas de energía lo suficientemente altas reconocen en realidad la oportunidad que les ofrece el descenso en los precios de la energía y actúan para sustituir con ella otros factores de producción (materiales, capital o mano de obra). Para verificar el grado de esa relación,

subdividimos los 222 sectores manufactureros en cinco categorías de intensidad de uso de energía.

Como lo muestra el Cuadro II.7, la tendencia al incremento en el uso de energía, en especial de electricidad, fue más pronunciada entre los sectores con un fuerte uso de energía.² Esto lo confirma también la correlación positiva encontrada entre los cambios en la intensidad de uso de energía y la propia intensidad promedio (0.14 para los combustibles y 0.19 para la electricidad). Sin embargo, a los niveles convencionales, ese efecto es muy débil y no significativo estadísticamente.

Cuadro II.7
INTENSIDAD DE USO DE ENERGÍA E INCREMENTO DE LA MISMA

Intensidad de uso de energía ^a	Incremento en la intensidad de uso de energía 1975/70:	
	Combustibles	Electricidad
Muy pequeña	14%	22%
Pequeña	59%	43%
Media	88%	46%
Grande	47%	51%
Muy grande	66%	107%

^a Las clases de la intensidad de uso de energía se refieren al uso total de energía promedio: 1970-75, y los límites utilizados para definir las clases fueron: bajo 0.6%, hasta 1.2 %, 1.8 %, 2.4 % y más. Esto da un número bastante uniforme de observaciones para cada uno (12, 64, 57, 39 y 50, respectivamente).

11. El período 1975-1981

Como ya lo mencionamos, carecemos de datos de censos posteriores a 1975, por lo que tuvimos que conformarnos con las Cuentas Nacionales, que sólo incluyen datos de producción. Esto excluye la posibilidad de trabajar con lo que llamamos la `opción II' y nos deja con medidas del cambio estructural basadas en las intensidades de uso de la energía de 1975. El empleo de datos provenientes de otras fuentes (balances de energía) para obtener una cifra para el uso total de energía en la industria nos permite deducir un valor agregado para el cambio tecnológico.

En el Cuadro II.8 ofrecemos un resumen de la información sobre el período 1975-1981, con las cifras correspondientes (opción II) a 1970-1975 para establecer una comparación y poder estudiar los efectos durante todo el período cubierto. Como en el período anterior, los efectos del cambio estructural no parecen ser muy significativos. (Obsérvese que el reducido número de subsectores, 126 en lugar de 222, puede implicar una mayor desestimación de los efectos estructurales durante este segundo período).

² También probamos con otras variables que pudieran explicar las diferencias observadas en el cambio técnico entre subsectores; sin embargo, ni una variable de `mercado', como la concentración, ni una `técnica', como la razón capital-mano de obra, tuvieron ninguna fuerza explicativa estadísticamente significativa.

El uso de combustibles apenas mantuvo el ritmo con el incremento de la producción e incluso hubo una ligera disminución en la intensidad promedio de uso de combustible. Esto podría deberse a una tasa de conversión a electricidad y a gas natural (de carbón o petróleo) más rápida que durante el período precedente. Antiguamente, el gas natural asociado al petróleo se hacía arder en los pozos, pero después de un fracaso en las negociaciones para vender gas en Estados Unidos, se decidió usarlo internamente lo más posible. A partir de entonces, se ha vendido en condiciones muy favorables (¡incluso conforme a las normas mexicanas!) a industrias que han sustituido con él el petróleo o el carbón. Puesto que, por razones técnicas, tal sustitución implica generalmente un incremento en la eficiencia térmica, ello podría explicar la disminución en el uso de combustible, según ha sido medido en ese trabajo, consistente en petróleo, gas, carbón, etc., agregado conforme al contenido térmico en calorías. En cuanto a los consumos de electricidad, continuaron incrementándose, aunque a un ritmo un tanto más lento.

Cuadro II.8
INTENSIDADES DE USO DE ENERGIA DEL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO, 1970-1981

Factores que provocaron el incremento en el uso de combustible en el sector manufacturero mexicano^a

	Volumen	Estructura		Tecnología	Total
		(2 dígitos)	(4 dígitos)		
1970-75	29.4%	-3.2%	2.7%	17.7%	51.5%
1975-81	50.3%	-2.0%	-0.8%	-1.5%	44.0%
1970-81 ^b	94.4%	-5.2%	1.9%	15.9%	118.2%

Factores que provocaron el incremento en el uso de electricidad en el sector manufacturero mexicano

	Volumen	Estructura		Tecnología	Total
		(2 dígitos)	(4 dígitos)		
1970-75	29.4%	-2.8%	2.6%	36.0%	75.4%
1975-81 ^b	50.3%	-0.2%	0.3%	13.0%	69.9%
1970-81	94.4%	-3.0%	2.9%	53.7%	197.9%

Fuente: Apéndice 11.3, Cuadros 11.5 y 11.6.

^a Las fórmulas para el cálculo de estos efectos se proporcionan al final del Apéndice II.2. El incremento total en el uso de combustible se descompuso multiplicativamente en sus componentes. Así, para la primera línea, el incremento total de 51.5% en uso de combustible en 1970-75 se descompone como sigue: $1.294 \times 0.968 \times 1.027 \times 1.177 = 1.515$

Los efectos totales de la estructura pueden calcularse correspondientemente a partir de los efectos de 2 y de 4 dígitos. Para el combustible, en el período 1970-75, el efecto estructural total es $S = 0.968 \times 1.027 = 0.995$, i.e., -0.5%.

^b Las cifras para 1970-81 fueron calculadas multiplicando los resultados de los subperíodos. Aunque esto no es estrictamente exacto, proporciona una aproximación razonable para ese período.

A un nivel de menor agregación, podemos ver (Apéndice II.3) que el patrón del cambio estructural es bastante similar al del período anterior. Los textiles, el vestido y, en particular, los alimentos crecieron a un ritmo mucho más lento que el promedio (no así, no obstante, las bebidas y el tabaco, que fue la industria que más disminuyó en el período previo y ahora alcanzó casi la tasa de crecimiento promedio). Los metales y los productos metálicos (34 y 35) tuvieron un comportamiento un tanto mejor, pero todavía menor al promedio. Como en el período 1970-1975, las industrias productoras de maquinaria y otros bienes

de ingeniería, incluido el equipo de transporte y los aparatos electrodomésticos (36-38), fueron las de crecimiento más rápido.

El Cuadro II.8 muestra que, para todo el período 1970-1981, los cambios en la estructura produjeron una reducción muy ligera de -3% en el uso de combustible (la aparición de un sesgo de ahorro de combustible de -5.2 % al nivel de 2 dígitos fue contrarrestado por un sesgo de uso de combustible de 1.9% al nivel de 4 dígitos). En el caso de la electricidad, los efectos estructurales a los niveles de 2 y 4 dígitos se eliminan mutuamente. En resumen, no existió una tendencia sistemática de las industrias con uso intensivo de energía a crecer más o menos rápidamente ni se presentó un efecto estructural total.³

12. Conclusiones

La principal interrogante a la que se tenía la intención de dar respuesta en este capítulo se refería a los efectos de la energía barata y abundante sobre el desarrollo industrial. En la primera sección vimos que México tiene precios inusualmente bajos -y que se mantuvieron en descenso durante el decenio de 1970- para la energía. Vimos también que hubo un incremento en el uso de la energía que puede explicarse parcialmente mediante el aumento de la importancia del transporte y del propio sector energético en la economía.

Una de las razones oficiales para subsidiar la energía es el aumento de la industrialización, la cual, en principio, puede lograrse mediante uno o ambos de los siguientes mecanismos: acelerando el crecimiento industrial total, al alentar en particular a un grupo de industrias (las de uso intensivo de energía), o suponiendo que todas las industrias van a beneficiarse al ser capaces de sustituir por energía otros factores de producción. En cualquier caso, el resultado natural es un incremento en la intensidad de uso de la energía del sector manufacturero agregado, como hemos observado. Naturalmente, ignoramos cuál habría sido el cambio estructural en el caso de que no hubiese habido subsidios al precio de la energía. Sin embargo, nuestro hallazgo en el sentido de que el cambio estructural de ninguna manera puede explicar el incremento en la intensidad de uso de la energía es, quizá, un poco sorprendente y parecería indicar que la política de precios ha tenido pocos efectos, o ninguno (hasta la fecha), sobre la composición de la producción.

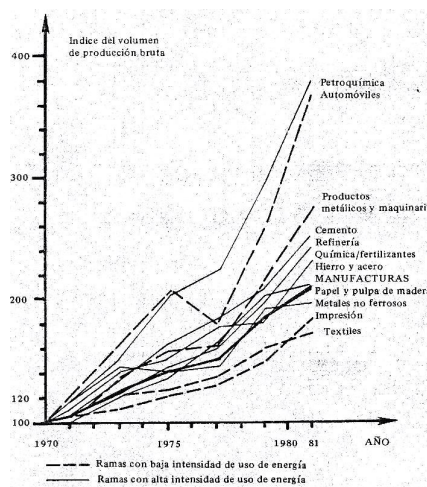
Lo anterior lo ilustra la Gráfica II.2, que muestra los índices de producción de cierto número de industrias importantes. Aunque algunas industrias con uso intensivo de energía, como la del cemento, crecieron un poco más rápidamente que el promedio, otras no lo hicieron, como las del hierro y el acero o las del papel y la pulpa de madera. Otras industrias, como las de la maquinaria y las del automóvil, tuvieron altas tasas de crecimiento, pero un reducido uso directo de energía para su producción (si bien, desde luego, el uso del automóvil es alentado por los bajos precios de la gasolina). Estos dos sectores emplean

³ Hacemos notar que, por razones prácticas de disponibilidad de datos, sólo pudimos medir los efectos estructurales y tecnológicos conforme a la "opción V. No obstante, para el período 1970-1975, la opción 2 arrojó incluso valores negativos para los efectos estructurales.

también materias primas -hierro y acero- que, a su vez, incorporan grandes cantidades de energía.⁴

La conclusión es muy natural: el cambio estructural es el resultado complejo de cierto número de procesos de la economía que no necesariamente provocan el predominio de aquellas industrias que usan grandes cantidades de energía directa. Es muy fácil proporcionar otras explicaciones para los cambios observados. Por ejemplo: las restrictivas políticas de ingresos, con disminuciones en los salarios reales durante varios de los años cubiertos, explican el descenso relativo de industrias que producen bienes de consumo, como los alimentos, las bebidas, los textiles y el vestido, pero que no afectan al mercado de aparatos electrodomésticos para el estrato de ingresos superiores.⁵ Ciertos cambios en la estructura se relacionan con niveles particulares del desarrollo económico. Así, la importancia de la construcción y de las inversiones en general es, por supuesto, la explicación del rápido crecimiento en sectores como el de la maquinaria o el cemento, y es probable que la importancia de los precios de la energía haya sido insignificante en este contexto.

GRAFICA II.2
CAMBIO ESTRUCTURAL EN EL SECTOR MANUFACTURERO MEXICANO, 1970-1981.
EJEMPLOS DE ALGUNAS RAMAS CON ALTA Y BAJA INTENSIDAD DE USO DE ENERGIA,
RESPECTIVAMENTE.



⁴ Esto sugiere que valdría la pena investigar la estructura de producción en relación con el uso *total* de energía asociado con cada producto (en varias etapas de producción y en consumo), pero se trata de una tarea fuera del alcance de este análisis. Un estudio de ese tipo nos diría, seguramente, que la estructura de la *economía* mexicana ha aumentado más su uso de energía. El nuestro, no obstante, muestra que la estructura de la *industria* mexicana ha sido neutra en relación con el uso de energía. Esto se debe, a su vez, al hecho de que el rápido crecimiento en las ramas con uso intensivo de energía, como la del cemento, se vio emparejado por un crecimiento igualmente rápido (o más) en ramas como la automotriz que llevó a un consumo de energía, no en la producción, sino en el consumo de bienes producidos.

⁵ Las diferencias en la utilización de la capacidad debida al ciclo comercial pudieron haber sido otro factor de importancia; sin embargo, todos los tres años estudiados, 1970, 1975 y 1981, fueron años de crecimiento económico bastante rápido (6.9%, 5.6% y 7.9%, respectivamente), por lo que, en conjunto, la utilización de la capacidad difícilmente pudo haber provocado una diferencia mayor en las intensidades de uso de energía en este estudio. Podrían, no obstante, explicar algunas diferencias en cada industria en particular.

La única industria realmente importante con uso intensivo de energía que creció rápidamente durante el último decenio -como consecuencia directa del 'boom' petrolero- fue, desde luego, la petroquímica, incluidas las refinerías, etc. No obstante, como antes se mencionó, esta industria está incluida en el sector energético y no en el manufacturero.

El principal efecto del descenso en los precios de la energía parece ser, más bien, un incremento generalizado, aunque no uniforme, en los coeficientes de la energía, particularmente para la electricidad. El hecho de que esto sea el resultado del crecimiento y la modernización o de la combinación óptima de insumos -sustitución por energía de otros insumos debido a los precios relativos cambiantes-, o de que sea un simple mal manejo o desperdicio, es una cuestión que no podemos comentar, ya que requiere un mayor estudio al nivel "micro" de cada una de las firmas o industrias.

APENDICE II.1

Los precios de la energía en México

El análisis de la intensidad de uso de energía en los diversos sectores para 1970 y 1975 se basó en datos obtenidos del Censo Industrial de cada uno de esos años, el cual únicamente proporciona los *valores* de la electricidad y de los combustibles y lubricantes usados. Para convertir esos valores nominales en precios de 1970, fue necesario construir índices de precios para los dos tipos de energéticos considerados. En México, casi todos los precios de energéticos son controlados por el Estado y existe una gran relación entre las diferentes tarifas para la electricidad y entre los diferentes tipos de productos del petróleo. La técnica utilizada para construir los índices consistió en tomar un promedio ponderado que correspondiera lo más estrechamente posible a la importancia respectiva de cada tarifa de combustible.

Electricidad

La Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene establecido un sistema de 13 diferentes tarifas (12 hasta 1973) para diferentes categorías de usuarios. No es posible distinguir directamente la industria manufacturera de otros usuarios; sin embargo, las tarifas no varían demasiado una de otra, por lo que cualquier pequeño error en la ponderación del promedio tendrá un efecto incluso menor sobre la exactitud del índice final calculado.

Las tarifas seleccionadas fueron las siguientes (véase el Cuadro II. A.1.): 3) General, más de 40kW⁶; 4) 'Molinos de maíz'; 8) 'General, alta tensión'; 12) Contratos especiales, alta tensión. La CFE publica datos sobre la energía vendida en KWh y en pesos para cada una de esas tarifas (así como para las tarifas destinadas al uso doméstico y otros). En el Cuadro II.A.1 indicamos los cálculos de nuestros índices de precios.

⁶ Más de 5kW antes de 1974.

Combustibles y lubricantes

Aparte de la electricidad, el Censo Industrial proporciona los datos sobre otras formas de uso de energéticos en forma agregada bajo la rúbrica 'combustibles y lubricantes'. Como en el caso de la electricidad, únicamente se proporciona la cantidad total gastada en pesos.

Cuadro II.A.1
EL PRECIO DE LA ELECTRICIDAD EN MEXICO

Tarifa	1970	1973	1975	1977	1978	1979	1980	1981
	Energía en GWh							
3	2023	2830	1167	1189	1235	1325	1429	
4	142	163	181	195	203	202	191	
8	8212	10423	12635	13231	14540	15692	16498	
12	2966	4677	5774	8806	9622	10594	10643	
Total ^a	13343	17565	19741	23421	25600	27813	28761	
	Ventas en millones de pesos							
3	734	882	599	956	999	1260	1668	
4	24	27	23	24	29	32	46	
8	1686	2230	3602	6696	7499	9402	13119	
12	299	545	916	3390	3745	5055	6481	
Total ^a	2743	3684	5140	11066	12272	15749	21314	
precio ^b	205.6	209.7	260.4	472.5	479.4	566.2	741.3	
Índice	100	102	126	230	233	275	361	(414) ^c

Fuentes: SPP (1983) y CFE (1982), Cuentas Nacionales 1979-81.

^a Los totales pueden no coincidir debido al redondeo de cifras.

^b Promedio de precios para usuarios industriales (tarifas 3, 4, 8 y 12) en dólares/MWh.

^c Estimación basada en el incremento en el índice de precios implícito para el sector eléctrico conforme a las estadísticas de las Cuentas Nacionales.

Sin acceso a la información directa de la compañía, no es posible deducir con exactitud las cantidades usadas físicamente (no en pesos constantes). Lo mejor que pudo hacerse fue construir un índice de precios valiéndose de valores relativos que correspondieran a su participación respectiva. Esos valores relativos se basaron en los balances nacionales de energía, que proporcionan datos sobre el uso que hace la industria de gas natural, carbón y productos del petróleo. En la categoría de 'productos del petróleo', los valores relativos fueron construidos en proporción con las cifras de ventas de PEMEX (véase el Cuadro II. A .2).

Cuadro II.A.2
PRECIOS DEL COMBUSTIBLE EN MEXICO

Productos	1970	1973	1975	1977	1978	1979	1980	1981
Aceite combustible ^{a,b}	100	100	170	222	222	242	294	382
Kerosina ^c	100	100	143	157	157	157	157	157
Diesel ^d	100	108	137	180	182	277	278	287
Lubricantes ^d	100	91	131	160	169	231	399	467
Gas natural ^c	100	117	150	217	217	233	292	375
Carbón ^{d,e}	100	145	224	354	388	424	542	646
Promedio ^f	100	112	155	216	220	254	314	383

Estructura al nivel de 2 dígitos (industria):	<i>t</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>T</i>	<i>t</i>
Estructura al nivel de 4 dígitos (subsector):	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>t</i>	<i>T</i>	<i>t</i>	<i>T</i>
Tecnología:	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>t</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>T</i>	<i>t</i>

puede demostrarse fácilmente que las siguientes identidades valen:

$$A_i = E_{it} \cdot g \quad (\text{que es el uso de energía en el año } t \text{ ajustado al volumen})$$

$$B_i = E_{iT} \cdot g_i$$

$$C_i = \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})$$

$$D_i = E_{iT} \quad (\text{que es, simplemente, el uso de energía en el año } T)$$

$$G_i = g \cdot \sum_j (E_{iT} / g_{ij})$$

$$H_i = E_{iT} \cdot g / g_i$$

$$I_i = g_i \cdot \sum_j (E_{iT} / g_{ij})$$

$$J_i = g / g_i \cdot \sum_j (E_{ijt} \cdot g_{ij})$$

Los efectos de la tecnología pueden definirse, ya sea como D_i/C_i (opción 1 en el texto principal), que es una comparación que se vale de la estructura de producción al final del período (T) como marco de referencia, ya sea como G_i/A_i , que corresponde a la opción II en el texto e implica el valerse de la estructura de producción en el año t como punto de referencia. Correspondientemente, los efectos globales del cambio estructural se definen, ya sea como C_i/A_i o como D_i/G_i , de manera que, en ambos casos, el resultado multiplicativo es una unidad de medida del cambio total de A a D , esto es:

$$C_i / A_i \cdot D_i / C_i = D_i / G_i \cdot G_i / A_i \cdot$$

Los efectos de la estructura pueden subdividirse aun más en efectos a los niveles de 2 y 4 dígitos de dos maneras opcionales (a) y (b):

		Nivel de 2 dígitos	Nivel de 4 dígitos	Total
Opción I	(1a)	B_i / A_i	C_i / B_i	C_i / A_i

	(1b)	C_i / J	J_i / A_i	C_i / A_i
Opción II	(2a)	D_i / H_i	H_i / G_i	D_i / G_i
	(2b)	I_i / G_i	D_i / I_i	D_i / G_i

Sin embargo, la diferencia entre estas opciones (a) y (b) fue realmente insignificante, por lo que decidimos concentrarnos en las opciones marcadas (a). Finalmente, debemos mencionar que existen dos posibilidades más, tomando primero los efectos del cambio estructural, ya sea al nivel de 2, al de 4 dígitos, después la tecnología y, finalmente, el efecto estructural restante (e.g., J/A para la estructura de 4 dígitos, H/J para la tecnología y D/H para la estructura de 2 dígitos). Sin embargo, también esta opción fue dejada a un lado, ya que solamente serviría para complicar el texto sin añadir nada a la interpretación de los resultados.

La diferencia entre las diversas opciones puede ilustrarse más claramente mediante las unidades de medida usadas para el cambio estructural al nivel de 2 dígitos. A ese nivel, sólo hay, desde luego, una unidad de medida -la tasa relativa de crecimiento- y el lector puede verificar fácilmente que todas las unidades de medida dan este resultado, por ejemplo:

$$\text{Opción 1a: } B_i / A_i = (E_{it} \cdot g_i) / (E_{it} \cdot g) = g_i / g$$

$$\text{Opción 2a: } D_i / H_i = E_{iT} / (E_{iT} \cdot g / g_i) = g_i / g$$

Cuando se examina el efecto de estos cambios estructurales (y/o técnicos) al nivel de toda la industria manufacturera, las unidades de medida se convierten en: $\sum B_i / \sum A_i$ y $\sum D_i / \sum H_i$, que evidentemente, no son iguales, ya que, en el primer caso, las tasas relativas de crecimiento son ponderadas mediante E_{it} (el uso de la energía en el año t) y, en el segundo caso, mediante E_{iT} .

$$\begin{aligned} \sum_i B_i / \sum_i A_i &= \sum_i (E_{it} \cdot g_i) / \sum_i (E_{it} \cdot g) \\ &\neq \sum_i E_{iT} / \sum_i (E_{iT} \cdot g / g_i) = \sum_i D_i / \sum_i H_i \end{aligned}$$

La descomposición total utilizada en este capítulo, tanto entre los efectos tecnológicos y estructurales como entre los cambios estructurales a los niveles de 2 y 4 dígitos, puede resumirse en las siguientes ocho fórmulas. Las primeras cuatro se refieren a la opción uno y las últimas cuatro a la opción dos.

Cambio tecnológico (opción 1):

$$(A1) \quad T_1 = \frac{\sum_i D_i}{\sum_i C_i} = \frac{\sum_i E_{iT}}{\sum_i \sum_j (E_{ijt} g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}$$

Cambio estructural total (opción 1):

$$(A2) \quad S_1 = \frac{\sum_i C_i}{\sum_i A_i} = \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijt} g_{ij})}{\sum_i E_{it} g} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt}) g}$$

Cambio estructural al nivel de 2 dígitos (opción 1):

$$(A3) \quad S2_1 = \frac{\sum_i B_i}{\sum_i A_i} = \frac{\sum_i (E_{it} g_i)}{\sum_i E_{it} g} = \frac{\sum_i (e_{it} y_{it})}{\sum_i (e_{it} y_{it}) g}$$

Cambio estructural al nivel de 4 dígitos únicamente (opción 1):

$$(A4) \quad S4_1 = \frac{\sum_i C_i}{\sum_i B_i} = \frac{\sum_i \sum_j (E_{ijt} g_{ij})}{\sum_i (E_{it} g_i)} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i (e_{it} y_{it})}$$

Cambio tecnológico (opción 2):

$$(A5) \quad T_2 = \frac{\sum_i G_i}{\sum_i A_i} = \frac{g \sum_i \sum_j (E_{ijt} / g_{ij})}{g \sum_i E_{it}} = \frac{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}{\sum_i \sum_j (y_{ijt} e_{ijt})}$$

Cambio estructural total (opción 2):

$$(A6) \quad T_1 = \frac{\sum_i D_i}{\sum_i G_i} = \frac{\sum_i E_{it}}{g \sum_i \sum_j (E_{ijt} / g_{ij})} = \frac{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt}) g}$$

Cambio estructural al nivel de 2 dígitos (opción 2):

$$(A7) \quad S2_2 = \frac{\sum_i D_i}{\sum_i H_i} = \frac{\sum_i E_{it}}{\sum_i (E_{it} / g_i) g} = \frac{\sum_i (e_{it} y_{it})}{\sum_i (e_{it} y_{it}) g}$$

Cambio estructural al nivel de 4 dígitos únicamente (opción 2):

$$(A8) \quad S4_2 = \frac{\sum_i H_i}{\sum_i G_i} = \frac{\sum_i (E_{it} / g_i) g}{g \sum_i \sum_j (E_{ijt} / g_{ij})} = \frac{\sum_i (e_{it} y_{it})}{\sum_i \sum_j (e_{ijt} y_{ijt})}$$

Las fórmulas (A1) a (A8) muestran claramente que los efectos técnicos y estructurales que expresamos desde el punto de vista de nuestras ocho

variables hipotéticas A a J (y que son utilizadas en las columnas de los Cuadros II.3, II.5 y II.6 son funciones de sumas ponderadas de, ya sea producciones, ya sea intensidades de uso de energía con diferentes valores relativos. También es claro que el cambio total en el uso de energía puede separarse (multiplicativamente) en un crecimiento puro, en un efecto tecnológico y en un efecto estructural total, y que este último puede separarse aun en un efecto al nivel de 2 dígitos y en otro al de 4 dígitos, sin tener en cuenta la opción utilizada:

$$T_1 S_1 = T_2 S_2 = T_1 S_2 S_4 = T_2 S_2 S_4 = \frac{E_T}{E_{1g}}$$

APENDICE II.3

Cambio estructural 1975-1981

Los factores estructurales dan un cambio total de -2.8% para el uso de combustibles y de 0.1% para la electricidad. Puesto que, según los balances de energía y los datos de producción tomados de las Cuentas Nacionales, el uso de combustible creció en 4.2% menos que la producción, mientras que el uso de electricidad creció en 13.1% más, ello deja un 1.5% y un 13% que deben ser explicados mediante los cambios en tecnología (coeficientes de consumo).

APENDICE II.3
ANALISIS DE LOS FACTORES QUE EXPLICAN LOS CAMBIOS EN LA INTENSIDAD DE USO DE ENERGIA DE LA
INDUSTRIA MANUFACTURERA MEXICANA 1975-1981
(CAMBIOS PORCENTUALES)

Industria	Uso de combustibles: Cambio estructural al nivel de:		Uso de electricidad: Cambio estructural al nivel de:	
	2 dígitos (B/A)	4 dígitos (C/B)	2 dígitos (B/A)	4 dígitos (C/B)
20	-11	-4	-11	3
21-2	-1	1	-1	0
23	-9	2	-9	1
24	-8	0	-8	-1
25-9	1	2	1	4
30-2	9	-6	9	-3
33	-5	3	-5	5
34	0	2	0	-1
35	-6	4	-6	1
36	12	-7	12	-4
37	20	0	20	-1
38	14	-1	14	-1
39	-2	-9	-2	-10
Toda la industria	-2.0	-0.8	-0.2	0.3