



Óscar M. Guzmán  
Antonio Yúnez-Naude • Miguel S. Wionczek

---

# **USO EFICIENTE Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN MÉXICO: DIAGNÓSTICO Y PERSPECTIVAS**

---

333.9  
G993u  
ej.2





ÚSO EFICIENTE Y CONSERVACIÓN  
DE LA ENERGÍA EN MÉXICO  
DIAGNÓSTICO Y PERSPECTIVAS

*Óscar M. Guzmán*  
*Antonio Yúnez-Naude*  
*Miguel S. Wionczek*



EL COLEGIO DE MÉXICO

Primera edición, 1985

© El colegio de México, A.C.  
Camino al Ajusco 20  
10740 México, D.F.

Impreso y hecho en México/*Printed in Mexico*

**ISBN 968-12-0318-6**

# Índice

Índice de cuadros	7
Índice de figuras	17
Prefacio	19
Introducción	23
Capítulo I	
Diagnóstico global	29
1. Tendencias del consumo de energía en México: 1960-1982	31
2. Dinámica económica y consumo de energía en México; comparación con otros países	43
Capítulo II	
Consideraciones sobre los estudios sectoriales	81
Capítulo III	
Subsector hidrocarburos	89
Capítulo IV	
Subsector eléctrico	119
Capítulo V	
Sector transportes	165
Capítulo VI	
Sector industrial	197
1. Industria siderúrgica	210
2. Industria del cemento	246

## USO Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA EN MÉXICO

3. Industria azucarera	258
4. Patrones de consumo energético de la producción minera, química, papelera y cervecera	278
Capítulo VII	
Sector residencial, comercial y público	289
Capítulo VIII	
Sector rural	311
Capítulo IX	
Conclusiones	359
Fuentes consultadas	379

# Índice de cuadros

1. México: producción nacional, consumo total y final de energía, 1960-1982	32
2. México: participación de diversas fuentes en la producción nacional de energía primaria, 1970-1982	35
3. México: estructura del consumo final de energía por fuente, 1970-1982 (porcentaje)	35
4. México: estructura de la generación bruta de energía eléctrica (porcentaje)	36
5. Asia: países seleccionados. Producto interno bruto y consumo de energía per cápita, tasas de crecimiento (porcentaje)	45
6. América Latina: países seleccionados. Producto interno bruto y consumo de energía per cápita, tasas de crecimiento económico y uso de energía, 1960-1979 (porcentaje)	46
7. Países industrializados del Pacífico. Producto interno bruto y consumo de energía per cápita, tasas de crecimiento (porcentaje)	47
8. Tasas de crecimiento del consumo de energía y del PIB (países industrializados)	48
9. Países asiáticos del Pacífico: consumo de energía fósil (porcentaje del total)	52
10. América Latina, países seleccionados: participación de diversas fuentes de energía primaria como porcentaje de la oferta interna bruta total	53
11. Países industrializados del Pacífico. Consumo de energía por fuentes (porcentaje del total)	54
12. Países asiáticos en desarrollo. Consumo sectorial de energía (porcentaje)	55

13. América Latina, países seleccionados: Estructura de consumo final de energía (1970 y 1978 o 1979) porcentaje del total	56
14. Países industrializados del Pacífico. Consumo sectorial de energía (porcentaje)	57
15. Países asiáticos seleccionados, países industrializados y México: relación energía comercial/PIB, 1960-1980	59
16. América Latina (países seleccionados). Consumo de hidrocarburos y electricidad <i>per cápita</i> , por unidad de PIB <i>per cápita</i> , 1960-1979 (tasas medias de crecimiento anual)	61
17. Países de Asia en desarrollo: elasticidad- ingreso de la demanda de energía	62
18. América Latina, países seleccionados	63
19. TMCA de algunos indicadores económicos (1970-1979 y 1980)	65
20. Indicadores industriales de México y de países asiáticos selectos	68
21. América Latina: países seleccionados. Participación de la industria manufacturera en la generación del producto	69
22. Países del este y sureste de Asia: índices de precios al público de refinados (1973=100)	74
23. Precios de venta al público en la ciudad de México	75
24. México: distribución y pérdidas de energía de los sectores energéticos y de consumo final (1975, 1980 a 1982)	84
25. México: volumen y distribución de pérdidas del sector energético	86
26. Consumo de energéticos. Petróleos Mexicanos en 1982 y 1983	93

27. México: volúmenes de pérdidas de la industria petrolera	95
28. Evolución de la eficiencia de transformación en la industria petrolera (1970-1981)	98
29. Evolución histórica de productos de alto grado de refinamiento y bajo refinamiento	99
30. Relaciones entre eficiencia y consumo específico en Kcal/barril	101
31. Requerimientos de energía en toneladas de petróleo equivalente por unidad de carga para refinerías europeas en 1970 (porcentaje)	101
32. Consumo probable de combustibles en el sistema de refinación de acuerdo a la norma europea (barriles diarios)	102
33. Comparación entre los consumos unitarios de gas natural de las diferentes unidades del país productoras de amoníaco y las normas actuales de consumo, 1980	104
34. Oferta, consumo y capacidad de amoníaco (toneladas)	106
35. Ahorro potencial en PEMEX (1984-2000)	116
36. Evolución histórica de la capacidad instalada en operación MW	121
37. Evolución histórica de la generación bruta (Gwh)	122
38. Variación porcentual de la generación de energía eléctrica de acuerdo al tipo de planta (1976-1982)	124
39. Variación porcentual de la capacidad de las diversas plantas termoeléctricas (1976-1982)	125
40. Potencia y generación bruta de las plantas termoeléctricas del sistema nacional	126
41. Consumo de energía en una planta termoeléctrica de vapor	127
42. Evolución histórica del consumo específico del sistema termoeléctrico nacional	130

43. Consumos específicos y eficiencia de plantas termoelectricas del sistema nacional (1981)	132
44. Eficiencia típica de plantas a vapor (internacional)	134
45. Eficiencia y consumo específico de países seleccionados (1976)	135
46. Ahorro de combustible para una variación incremental de la eficiencia (operación 1982)	139
47. Evolución histórica de la generación neta de energía eléctrica (1950-1983)	146
48. Producción neta de electricidad, 1982-2000 (TWh)	148
49. Composición de generación de plantas del sistema eléctrico en los años 1982, 1990 y 2000	150
50. Participación de los recursos renovables y no renovables en la generación de energía eléctrica (1982, 1990 y 2000) (porcentaje)	151
51. Necesidades de combustible para generación térmica de 86 TWh al año 1990 y 163.8 TWh al año 2000 para diferentes eficiencias	155
52. Mejora de eficiencia de acuerdo a tasa histórica de 1%	156
53. Sector eléctrico. Impactos de las medidas de conservación y uso eficiente de la energía (1990 y 2000)	161
54. Indicadores básicos del sector transportes, 1982	166
55. Movimiento de pasajeros y carga por medio de transporte, 1982	167
56. Carga transportada según medios de transporte	168
57. Estructura del transporte de pasajeros por medios principales	169
58. Consumo final de energía en el sector transportes, Kcal x 10 <sup>12</sup>	170
59. Estructura del consumo final de energía en México por sector de destino (porcentaje)	171



60. Destino de los combustibles por medio de transporte (1982) (porcentaje)	173
61. Estadística vehicular por entidad federativa y clase de vehículo, para el gas licuado	176
62. Precios relativos de combustibles usados en el transporte (porcentaje)	179
63. Estimación de ahorro de energía al año 1990 y 2000	192
64. Estructura del sistema de transportes al año 2000	194
65. Algunos indicadores del sector industrial (miles de millones de pesos de 1970)	198
66. Consumo energético de la industria mexicana, años 1960, 1970, 1973, 1975, 1980, 1981 (unidades Kcal x 10 <sup>12</sup> )	200
67. Consumo de energía en las principales industrias (1981) (Kcal x 10 <sup>9</sup> )	201
68. Consumo de energía en la industria azucarera mexicana (1960, 1973, 1981) (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	203
69. Consumo de energía de las principales industrias, 1960, 1973, 1981 (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	203
70. Algunos indicadores sobre el consumo de energía en el sector industrial durante 1981	205
71. Uso de energía en diversas ramas industriales (1981) (Kcal x 10 <sup>9</sup> )	208
72. Evolución de la capacidad productiva siderúrgica (1976-1980)	214
73. Distribución porcentual de la producción de acero y productos laminados en la industria siderúrgica (1980)	215
74. Producción de los principales productos de la industria siderúrgica: 1970-1983 (miles de toneladas)	216

75. Consumo de energía en la industria siderúrgica, 1970, 1975, 1980 y 1983	217
76. Evolución de los consumos de energía eléctrica de la industria siderúrgica integrada y semiintegrada (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	219
77. Evolución histórica del consumo específico de energía eléctrica en la producción de acero	220
78. Consumos específicos de energía eléctrica de las principales etapas de proceso siderúrgico	221
79. Evolución del consumo específico coque/arrabio (1970-1983)	223
80. Consumo específico de hidrocarburos de acuerdo a la producción de acero 1965-1983	225
81. Producción en miles de toneladas de acero de acuerdo al proceso (1971-1983)	226
82. Consumos específicos de energía de productos planos de acuerdo a diferentes procesos (1983)	228
83. Consumos específicos de energía de productos no planos de acuerdo a diferentes procesos (1983)	229
84. Potencial de ahorro en las principales etapas del proceso siderúrgico	231
85. Consumo específico del proceso siderúrgico de diversos países (1976)	232
86. Estimación sobre potencial de ahorro	237
87. Consumos específicos de gas y combustible en el proceso a través del alto horno (Kcal x 10 <sup>6</sup> ton) (Fundidora de Monterrey y Altos Hornos de México)	238
88. Consumos específicos de materiales en el proceso a base de alto horno	239
89. Consumos específicos de principales etapas y energéticos en el proceso de reducción directa	240
90. Consumos específicos de materiales en el horno eléctrico	240

91. Planta productiva de la industria del cemento en México	247
92. Producción porcentual de cemento de acuerdo a proceso húmedo y seco	248
93. Consumos totales y específicos de hidrocarburos y electricidad en la producción de cemento (1968-1981)	250
94. Consumos específicos de energía por procesos energéticos y departamento (Kcal/ton de cemento)	251
95. Consumos específicos en cemento Portland puro y cemento Portland con extensores (estándares internacionales)	253
96. Estimación sobre potencial de ahorro	257
97. Evolución de la industria azucarera (1970-1983)	260
98. Bagazo (miles de toneladas-base húmeda)	263
99. Consumo de energéticos (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	265
100. Distribución de ingenios en relación con los consumos específicos, con el tamaño de planta y la producción (1983)	269
101. Distribución de ingenios en relación con los consumos específicos con el aprovechamiento de la capacidad instalada (1983)	270
102. Tasas de crecimiento de los consumos específicos por ingenio (1970-1983)	271
103. Estimación sobre potencial de ahorro	277
104. Participación de energéticos secundarios en el sector residencial, comercial y público (1970-1982) (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	290
105. Número de usuarios y ventas (GWh) para los servicios residenciales (1962-1982)	292
106. Evolución del consumo específico por consumidor de las tarifas 1, 1A y total (KWh/consumidor) (1962-1982)	293

107. Número de usuarios y ventas (GWh) de electricidad al comercio y a la industria	295
108. Evolución del consumo específico en las tarifas 2, 3 y 8	296
109. Evolución del número de usuarios y su consumo (1962-1982) para las tarifas eléctricas 5 y 6 (servicio público)	297
110. Evolución del consumo específico en las tarifas 5 y 6	298
111. Consumo de los principales enseres domésticos (miles de unidades)	300
112. Evolución de la industria electrónica de consumo: audio y televisión (miles de unidades)	301
113. Evolución de la disponibilidad de televisores por familia	302
114. Eficiencia de diferentes lámparas eléctricas	302
115. Japón: evolución de eficiencia del refrigerador (1970-1982)	303
116. Crecimiento de usuarios de tarifas 1 y 1A, su consumo específico de acuerdo al crecimiento histórico	306
117. Participación del sector rural en el consumo nacional de energía ( $10^{12}$ Kcal y porcentaje)	316
118. Consumo aparente de energía del "sector agropecuario" y su participación en el consumo final de energía nacional (en $10^{12}$ Kcal y porcentaje)	319
119. Consumo de productos petrolíferos en el subsector productivo rural según distintas fuentes ( $10^{12}$ Kcal)	320
120. Subsector doméstico rural. Número y porcentaje de consumidores, 1970	325
121. Subsector doméstico rural. Número y porcentaje de consumidores, 1980	326

122. Subsector doméstico rural, 1970 (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	327
123. Subsector doméstico rural. Consumo de energía en 1980 (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	328
124. Subsector doméstico rural. Eficiencia de los dispositivos energéticos usados (1970-1980) (porcentaje)	330
125. Producción comercial de leña y carbón (miles de m <sup>3</sup> en rollo)	332
126. Estimaciones del consumo total de leña como combustible	333
127. Consumo <i>per cápita</i> de leña	334
128. Consumo de madera (10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup> )	334
129. Sector rural. Proyecciones a 1990, resumen (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	345
130. Recursos energéticos disponibles en zonas rurales	349
131. Políticas y medidas de ahorro y conservación de energía en el sector rural	350
132. Escenario 2020 (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	353
133. México: ahorro potencial de energía (1990-2000)	361



## Índice de figuras

1. Consumo nacional de energía	37
2. Estructura del consumo neto de energía (porcentajes)	90
3. Ahorro potencial de combustibles en el sector industrial	112
4. Ahorro potencial en Petróleos Mexicanos	114
5. Ahorro potencial acumulado en Petróleos Mexicanos	115
6. Esquema de consumo de energía en planta termoeléctrica de vapor	128
7. Evolución histórica de la eficiencia del sistema eléctrico nacional (1965-1981)	131
8. Histograma de eficiencias-generación neta de energía (1981)	133
9. Evolución de consumo específico de plantas termoeléctricas en países seleccionados	136
10. Posibles fuentes de generación futura de energía eléctrica	141
11. Evolución de la tasa de generación neta de energía eléctrica (1951-1983), porcentajes	147
12. Requerimientos de recursos no renovables para la producción de electricidad con diversificaciones moderada (D.M.) y alta (D.A.)	152
13. Requerimientos de recursos renovables para la producción de electricidad: diversificación moderada (D.M.) y alta (D.A.)	153
14. Ahorro de energía en el sector eléctrico por cogeneración de la industria (1990)	158

15. Ahorro de energía en el sector eléctrico por cogeneración de la industria (2000)	160
16. Evolución de los precios reales de los principales petrolíferos	180
17. Consumo de combustible de un motor diesel comparado con el de un motor de gasolina	184
18. Procesos de producción de productos siderúrgicos	211
19. Procesos de producción de productos siderúrgicos	213
20. Consumo específico de materiales en el proceso de alto horno para obtener una tonelada de arrabio	222
21. Producción de acero según el tipo de proceso (miles de toneladas) 1971-1983	227
22. Evolución del consumo específico de coque para diversos países	233
23. Producto plano a través de hogar abierto y sin colada continua	241
24. Producto plano a través de convertidor al oxígeno y sin colada continua	242
25. Producto plano a través de convertidor al oxígeno y con colada continua	243
26. Producto plano a través de reducción directa y horno eléctrico sin colada continua	244
27. Producto plano a través de reducción directa horno eléctrico y colada continua	245
28. Consumo de energéticos de acuerdo al proceso (1977)	252
29. Capacidad instalada, producción y consumo de azúcar (1970-1983)	262
30. Consumo de energéticos por kilogramo de azúcar (1970-1983)	267
31. Tiempos perdidos y el consumo de energéticos. Variación porcentual 1970=100	272



## Prefacio

El presente estudio es producto del proyecto sobre Conservación y uso eficiente de la energía en México, diseñado en colaboración con la Oficina del Alto Comisionado de Energía de la Comisión de las Comunidades Europeas en Bruselas durante el otoño de 1983.

De acuerdo con el convenio entre el Programa de Energéticos de El Colegio de México y la Comisión de las Comunidades Europeas este estudio realizaría un análisis del uso eficiente de la energía, así como de los obstáculos y posibilidades que existen en México dentro de ese campo. Asimismo, el estudio incluiría el diseño de una metodología para el análisis y la identificación de los medios para fortalecer un banco nacional de datos, con el fin de incrementar la eficiencia del uso nacional de energéticos.

Entre los puntos que se abordaron en este estudio resultan de particular importancia los siguientes:

- a) ¿Cuáles son las razones fundamentales por las que se establecen diferencias en el uso eficiente de la energía entre las naciones industrializadas y las naciones en desarrollo, si se toma como hipótesis básica que la conservación energética no debería considerarse en términos de eficiencia térmica, y menos aún en términos del uso del petróleo?

- b) ¿En qué medida resulta posible la conservación de energía en economías en desarrollo como la de México?
- c) ¿Cuáles son los costos económicos y sociales de esa conservación en los niveles micro y macroeconómico, en comparación con los beneficios que proporciona?
- d) ¿Se utilizan en los países industrializados métodos analíticos susceptibles de transferirse a las economías menos desarrolladas, y en qué medida resultan válidas dichas transferencias si se consideran las diferencias estructurales e institucionales entre estos dos tipos de sociedades que, por afán de brevedad, podrían describirse como países postindustriales y preindustriales, de los que México constituye el caso limítrofe?

Como lo demuestra el estudio adjunto, los términos de referencia se han ampliado en gran medida. El presente estudio no se limita a abordar la primera fase de un análisis sobre el grado de eficiencia que se ha alcanzado en el uso de la energía y los obstáculos o posibilidades que en ese campo existen en México; cubre estos temas completa y minuciosamente, además de subrayar las posibilidades de mejorar la utilización de la energía en los niveles micro y macroeconómico.

Los resultados del estudio se deben a la movilización de un considerable número de expertos tanto del mundo académico como del sector público, que se encargaron de la recolección y organización de datos sobre los usos de energía durante la década pasada en todos los sectores de la economía mexicana, datos sumamente escasos, incompletos y a menudo contradictorios. La coordinación y edición de este trabajo en las áreas que aborda el estudio estuvieron a cargo del Programa de Energéticos de El Colegio de México.

Constituyó éste el primer proyecto de investigación en la materia que se realiza en México, y posiblemente se encuentre entre los primeros que se hayan organizado en los países en desarrollo. Se espera que el presente estudio resulte de utilidad para quienes formulan la política energética nacional dentro del sector público, ya que después de la aparición del Plan Nacional de Energéticos 1984-1988 -dado a conocer oficialmente en agosto de 1984- se está otorgando especial importancia a las medidas para aumentar la conservación y uso racional de la energía en una economía que atraviesa actualmente por serias dificultades para su desarrollo.

En el índice de este texto se indica claramente cómo se organizaron y abordaron los temas cubiertos. Las opiniones que se exponen en este texto deberán atribuirse a un grupo de investigadores independientes, relacionados directa o indirectamente con El Colegio de México. Cabe señalar que sus

puntos de vista y proposiciones para el diseño de políticas no reflejan necesariamente los puntos de vista oficiales de las dependencias públicas que conforman el sector energético en México.

Para el análisis de los usos de la energía en este país fue necesaria una amplia gama de contribuciones técnicas, de las que no se habría podido disponer sin la colaboración de un numeroso grupo de expertos en cuestiones energéticas, procedentes tanto del sector público como del académico.

El Programa de Energéticos de El Colegio de México hace público su agradecimiento al Dr. Jaime Mario Willars y al Sr. Antonio Souza por su disposición para analizar los sectores energético e industrial, así como por su participación en el estudio de varias de sus ramas. Merece también especial agradecimiento el Dr. Fernando Schutz, cuyos conocimientos proporcionaron la base para llevar a cabo el análisis de los sectores eléctrico, industrial, de vivienda, comercial y público; asimismo, cabe agradecer su colaboración en la organización general del estudio.

Por otra parte, el Programa agradece al Sr. Juan Francisco Bueno sus observaciones sobre el sector energético en general; al Sr. Gerardo Bazán su colaboración en el estudio del sector de transportes; al Sr. Manuel Betancourt su participación en el estudio sobre el sector industrial; al Sr. Jesús Cervantes su participación en el estudio del sector rural; al Sr. Miguel Ángel Cóseres su investigación sobre la industria azucarera; al Sr. Eliut González su colaboración en el trabajo sobre el sector de transportes; al Sr. Omar Macera y al Dr. Marco Martínez Negrete sus contribuciones en el estudio del sector rural; al Sr. Roberto Mendoza sus esfuerzos para obtener la información utilizada en el análisis de los sectores comercial, público y de la vivienda; a la Sra. Dolores Nieto su ayuda para recopilar parte de la información que se analiza en el estudio macroeconómico; a la Sra. Alma Parrilla su participación en el estudio de la industria del hierro y el acero, y al Sr. Gustavo Pastrana su colaboración en la investigación sobre el transporte.

Por último, queremos expresar nuestro agradecimiento al personal secretarial, integrado por Leticia Cabrera, Juana Socorro Cervantes, Elizabeth Caso y Rosa María Valenzuela, así como al Centro de Documentación del Programa y, en especial, a Blanca Laura Aguirre y Pilar Torres.

Este estudio se pudo realizar gracias al apoyo institucional de El Colegio de México y a la generosa ayuda financiera de la Comisión de las Comunidades Europeas.

Miguel S. Wionczek  
 Coordinador,  
 Programa de Energéticos



## Introducción

De los estudios iniciales y preliminares sobre el problema de la conservación y ahorro de energía en algunos países en desarrollo, entre ellos México, se infiere claramente que no se trata de una cuestión exclusivamente económica y/o tecnológica, como afirman numerosos estudios realizados en países altamente industrializados y como lo indica la contracción en la demanda energética por unidad de producción después de 1973 y, en particular, la contracción de la demanda que experimentaron estos países después del período 1979-80.

En los países menos desarrollados, considerados en conjunto, la relativa ineficiencia del uso de energía tanto en los sectores monetarizados como en los no monetarizados (la agricultura de autoconsumo y los sectores urbanos marginados) tiene aspectos sociales e institucionales que a la fecha apenas se han estudiado superficialmente.

Las grandes diferencias que existen tanto en los niveles absolutos de uso energético por parte de los principales sectores económicos y grupos de ingresos -ya sea por unidad de PIB o bien per cápita- como en la eficiencia de dichos usos y, por otra parte, las distintas formas de pérdida de energía -en el nivel primario y en el de consumo final- que se registran en cualquier país en desarrollo, muestran que es necesario contar con una amplia investigación sobre ahorro y conservación de energía para estar en condiciones de elabo-

rar e implantar una política coherente de conservación energética.

En México, al igual que en otros países, la investigación se ve obstaculizada, entre otros factores, por la limitada y poco contundente base de datos de que adolecen todos los países en vías de desarrollo, pero sobre todo las naciones que cuentan con abundantes recursos energéticos -privilegio que se presta para dar por sentada la existencia ilimitada de energía primaria- donde, además, con frecuencia se considera que los recursos energéticos constituyen un "bien público".

A partir de los diversos tipos de experiencia, en ocasiones contrastante, recientemente adquirida en los países en desarrollo y en los industrializados por lo que respecta a conservación energética, han surgido algunas cuestiones que resultan de particular importancia para los países en desarrollo que, como México, se adhieren a los objetivos generales implícitos de conservación energética y, sin embargo, no han logrado evitar el desperdicio que actualmente caracteriza su consumo de energía.

La razón fundamental del programa de investigación, que coincide con los términos de referencia de las actividades de El Colegio de México en el ámbito de la investigación energética, es buscar los medios para que, ante la inestabilidad persistente y progresiva de los mercados mundiales de energía y de las graves restricciones internas, México alcance el imprescindible objetivo de reducir el crecimiento excesivo de la demanda interna de energía. De no ser así, el sector energético mexicano se verá obligado a realizar nuevas y cuantiosas inversiones, especialmente en el sector petrolero, lo cual no parece factible desde el punto de vista financiero, ni en la actualidad, ni en un futuro cercano.

Puesto que la preocupación por el ahorro y la conservación de energía es relativamente reciente en México, la base de datos tanto sobre las principales empresas productoras de energéticos como sobre los sectores consumidores de energía es, desde el punto de vista cuantitativo, débil e incompleta. Esta característica puede aplicarse también a la información sobre el grado de substitución entre los diversos combustibles y sobre la naturaleza del cambio tecnológico en el ámbito de la conservación, dos aspectos de gran importancia para el presente estudio. Estos problemas se magnifican a lo largo del proceso metodológico. No siempre es válida la transferencia de métodos de análisis diseñados para el estudio del mundo industrializado a países subdesarrollados.

Este volumen es el fruto de un gran esfuerzo para abordar temas que proporcionarán los medios para comprender más profundamente los problemas inherentes al uso y al desperdicio de la energía en países como México.

Este estudio ofrece un análisis tanto de los aspectos generales de las tendencias del consumo energético en México como de los problemas sectoriales. En primer término, demuestra que el país ha estado desperdiciando enormes cantidades de energía en todos los niveles, en especial al iniciarse los años setenta (capítulo I). El análisis sectorial y el microanálisis confirman esta aseveración e identifican a los sectores y actividades que más energía desperdician (capítulo II).

Los estudios sectoriales contienen un diagnóstico cuantitativo del consumo y desperdicio energético, una proyección de estas tendencias y diversas proposiciones para utilizar en forma más racional la energía. De modificarse las tendencias, se producirían grandes ahorros tanto financieros como de recursos y aumentaría la eficiencia de la economía en conjunto. En estos estudios se aborda, en primer lugar, el comportamiento de las dos empresas estatales productoras clave de energéticos que, al mismo tiempo, constituyen los principales consumidores netos de energía: *Petróleos Mexicanos* (capítulo III) y *Comisión Federal de Electricidad* (capítulo IV). Posteriormente se aborda el análisis de uno de los sectores con mayor volumen de desperdicio de energía: el de transportes (capítulo V). El estudio del comportamiento energético de la industria manufacturera incluye un análisis minucioso de tres de las principales industrias de consumo intensivo de energía: la del hierro y el acero, la del cemento y la industria azucarera (capítulo VI). A continuación se emprende el estudio del consumo y desperdicio de energía en los sectores de vivienda, comercial y público (capítulo VII). La investigación sectorial concluye con el análisis del sector rural, estudiado por separado debido a las características particulares que éste presenta en países como México (capítulo VIII).

En la sección final se ofrecen estimaciones aproximadas sobre los posibles niveles de ahorro energético para los próximos años; ahorros que podrán obtenerse una vez que se implante en México un programa integrado a largo plazo para el uso racional de la energía (capítulo IX).





## **Capítulo I**



## Diagnóstico global

En este capítulo se estudia cómo y por qué México ha aumentado notablemente su consumo de energía desde los inicios de los setenta y ha consolidado su extrema dependencia de los hidrocarburos. El capítulo se dividió en dos secciones que aportan elementos para la comprensión de estos fenómenos. En lo particular, presenta las razones que originaron el crecimiento excesivo del consumo de energía a partir de la segunda mitad de la década de los setenta.

El contenido de la primera sección sitúa la problemática en el contexto nacional. Se analiza el proceso seguido por el país en la producción y consumo de energía a partir de los sesenta, por fuentes y por sectores, y se presenta una serie de razones que, en conjunto y de manera global, podrían explicar la tendencia a consumir cada vez más energía en México, y la dependencia creciente de la economía nacional de los hidrocarburos. Estas son de orden técnico, económico y político.

Una de las razones principales parece ser la celeridad

con la que se pretendió hacer crecer e industrializar al país en el periodo del auge petrolero, a partir de la extracción masiva de petróleo y del mantenimiento de bajos precios internos de los energéticos. Sin embargo, se ve con claridad que aun cuando tales políticas fueron congruentes con la visión de que el país era extremadamente rico en hidrocarburos, provocaron un uso dispendioso de los mismos.

La segunda sección de este capítulo profundiza la validez de esta hipótesis mediante un estudio comparativo que intenta dar respuesta a dos preguntas: si los ritmos de incremento del consumo energético de México han sido mayores a los de otros países con un grado de desarrollo similar y si tales ritmos corresponden a procesos de industrialización más o menos pronunciados.

Se inicia esta sección con una comparación de las experiencias de crecimiento y consumo de energía de un grupo de países subdesarrollados del sur de Asia y de América Latina -México inclusive- frente a las de los países de economía de mercado ya industrializados. Se concluye que debido a las marcadas diferencias entre estos dos distintos conjuntos de países, el estudio detallado de los patrones y tendencias de México respecto a otros países subdesarrollados de rápido crecimiento, es de mayor relevancia que las comparaciones de sus experiencias energéticas con las de los países industrializados.

Se constata que tanto México como otros países exportadores de energía con economías dinámicas aumentaron considerablemente su consumo de energía en comparación tanto con el resto de países en proceso de industrialización como con los países ya industrializados.

A partir de este análisis comparativo es posible definir líneas más precisas de estudio que llevan a las comparaciones detalladas de los patrones de crecimiento, industrialización y evolución de los transportes y del consumo de energía de México, por un lado, como de determinados países del sur de Asia y de América Latina por otra parte.

En el último apartado se toman en consideración los precios internos de la energía en estos países, a la vez que su evolución, y se indaga si aumentos más pronunciados en tales precios correspondieran a tendencias al consumo menos marcadas. Se estudia, además, si los notables incrementos en los precios de la energía de algunos países son parte de una política más amplia de conservación y uso eficiente de la energía.

Es conveniente aclarar que el análisis llevado a cabo en la segunda sección de este capítulo sólo incluye aspectos relacionados al consumo final de la energía. Ha sido imposible

hasta el momento incluir los aspectos relacionados con la producción de la misma. Esta es una limitante, pues como es sabido, el sector energético es un fuerte consumidor de su propia producción, teniendo un enorme potencial para la conservación y el uso más eficiente de los recursos energéticos no renovables. Tal limitante está cubierta en la primera sección de este capítulo global y, además, con mayor detalle, por dos de los estudios sectoriales que forman parte del texto: el de las industrias eléctrica (CFE) y petrolera (PEMEX). (Cfr. capítulos III y IV).

### 1. TENDENCIAS DEL CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO: 1960-1982

No obstante la acentuación de sus desequilibrios estructurales y financieros, en el transcurso de los últimos dos decenios, México tuvo un acelerado proceso de crecimiento e industrialización: la tasa media de crecimiento anual (TMCA) de su producto interno bruto (PIB) fue de 7% durante los sesenta y de casi 5.5% en los setenta; en términos *per capita* éstas fueron de 3.5 y de 2.2% respectivamente.<sup>1</sup>

El análisis del consumo de energía a partir de 1960 indica una clara tendencia en México por expandir rápidamente la demanda de energía.<sup>2</sup> El consumo final de petróleo y electricidad creció a un ritmo anual de 5.1% durante los sesenta, y a 8.6% en el decenio posterior. Según la información de las instituciones energéticas, la TMCA del consumo final de energía subió de 7.9% a 8.8% de 1975 a 1980 comparado con el quinquenio anterior (cfr. cuadro 1).<sup>3</sup>

1. NAFINSA 1981.

2. Es necesario aclarar un problema de información. La inclusión de los sesenta en el análisis sobre las tendencias en el consumo de energía de México y la ausencia de tal información en las fuentes más completas (PEMEX, SEPAFIN-SEMIP y SPP) exigen consultar otras fuentes. Es el caso de las publicaciones de NAFINSA, *México en cifras*. La información energética que presenta sólo incluye al petróleo y a la electricidad. A los sesgos que esto ocasiona se le añaden las diferencias entre éstas y otras fuentes consultadas en sus mediciones sobre las tasas de crecimiento del PIB y de la población. Sin embargo, y como se ve a continuación, las cifras de NAFINSA pueden servir para detectar cambios generales en el consumo de energía del periodo de 1970 a 1979 respecto al decenio anterior.

3. Las cifras de NAFINSA (cfr. col. 6, del mismo cuadro)

CUADRO 1  
MEXICO: PRODUCCION NACIONAL,  
CONSUMO TOTAL Y FINAL DE ENERGIA  
1960-1982

Años	Tasas medias de crecimiento anual (TMCA)					
	(1) Producción nacional	(2) Producción de petróleo	(3) Producción de gas	(4) Consumo total	(5) Consumo final	(6) Consumo total petróleo y electricidad
1960-1965						3.4
1965-1970						7.0
1970-1975	7.4	10.8	3.4	7.2	7.9	9.4
1975-1979	15.4	19.7	7.9	9.4	8.5	7.6
1975-1980	17.9	22.0	10.5	10.1	8.8	
1981-1982	14.5	18.8	14.5	7.1	3.3	
1975-1982	17.5	21.2	10.2	9.7	8.8	
1960-1970						5.1
1970-1979	10.9	14.7	5.4	8.2	8.2	8.6
1970-1980	12.5	16.3	6.9	8.7	8.4	

Fuentes: Cols. (1), (4) y (5): *Boletín Informativo del Sector Energético*.  
(noviembre 19, 1981), p. 10 y *Balance de Energía 1982*;  
Cols. (2) y (3), *Programa Nacional de Energía, 1984-1988*, p. 148.  
Col. (6), NAFINSA, *México en Cifras 1981*.

La evolución del consumo de energía *per cápita* indica tendencias similares: la TMCA del consumo *per cápita* de petróleo y electricidad de ser del orden de 1.7% durante los sesenta, pasó a 5.2% en el decenio siguiente y la TMCA del consumo total de energía *per cápita* aumentó de 3.7% a 6.5% durante el segundo quinquenio de los setenta con respecto al primero.<sup>4</sup>

Estas tendencias no fueron acompañadas por aumentos similares del producto interno. La elasticidad-producto del consumo de energía, de fluctuar alrededor de la unidad durante los años sesenta, se incrementó a 1.3 y a 1.7 en los dos quinquenios posteriores.

Por su parte, la TMCA del consumo de energía por unidad de producto interno bruto, fue de 0.69% y 3.3% durante las dos mitades de los años setenta.<sup>5</sup> Es por tanto evidente que el consumo de energía en México muestra un crecimiento considerablemente mayor al crecimiento del producto y que esta tendencia se refuerza en el transcurso del tiempo.

Durante el segundo quinquenio de los setenta, el proceso de industrialización se caracterizó, entre otros, por un notable aumento en la producción de energía y de hidrocarburos en particular. La producción nacional de petróleo, de gas y de energía en su conjunto, creció a ritmos muy rápidos durante el segundo quinquenio de los setenta respecto al primero: la TMCA de la producción de energía pasó de 7.4% a 17.9%; la del petróleo de 10.8% a 22% y la de gas de 3.4% a 10.5% (cfr. cuadro 1).

No obstante que una proporción creciente de los aumentos en la producción nacional de hidrocarburos se destinó a la exportación,<sup>6</sup> su consumo interno creció notablemente desde

---

muestran una tendencia contraria, lo cual es el resultado del sesgo impuesto por la ausencia de información respecto al consumo de gas natural. La apreciación se fundamenta a partir de la información proporcionada por el cuadro 3 que indica una disminución de la participación del gas natural en el consumo final de energía de 1970 a 1975 y un aumento en el quinquenio siguiente. Al ignorar el consumo de gas natural, la información de NAFINSA da un sesgo hacia arriba para el primer quinquenio y a la baja para el segundo en relación a la proporcionada por el Balance de Energía y los Boletines Informativos del Sector Energético.

4. Cfr. *Balance de Energía 1982* y NAFINSA, *op. cit.*

5. Cfr. SEPAFIN *Programa de Energía 1980-82*, NAFINSA, *op. cit.*

6. México pasó de importador neto de hidrocarburos en 1970 a exportador neto en 1975, incluyendo los petrolíferos. En

mediados del decenio pasado. Esta evolución se refleja en variaciones de la elasticidad-producto del consumo de hidrocarburos, así como de la estructura de la energía primaria destinada al consumo nacional, y en los aumentos de las tasas de crecimiento de la demanda interna.

En efecto, la elasticidad subió de 1.2 a 1.7 de la primera a la segunda mitad de los setenta y la participación de los hidrocarburos en el consumo nacional de energía primaria pasó de 87.8% en 1970, a 89.3% en 1976, y a 92.9% en 1982.

La creciente dependencia de México frente a los hidrocarburos también se dio en otros ámbitos. La participación de éstos en la producción nacional de energía pasó de 87.8% en 1970 a más de 95% durante los primeros años del decenio actual. En correspondencia con este proceso, los productos petrolíferos y el gas natural aumentaron su participación en el consumo nacional final en magnitudes similares. El fenómeno es aún más acentuado en la generación de electricidad. Mientras que en 1970 los hidrocarburos intervinieron en 43.1% en la generación bruta de energía eléctrica, la relación creció a 62% en 1975, y a más de 65% hacia fines de los setenta y principios de los ochenta<sup>7</sup> (cuadros 2, 3 y 4).

El auge de la producción nacional de crudo y derivados repercutió fuertemente en el ámbito del comercio exterior; en 1983 los ingresos por la exportación de petróleo y derivados representaron 74.8% de los ingresos por exportación de mercancías, mientras que tal proporción fue sólo de 15.4% en 1976.<sup>8</sup>

Puede afirmarse que desde los inicios de la segunda mitad de los setenta, los hidrocarburos se convirtieron no sólo en la principal fuente de divisas de México, sino, además, en el energético más importante en el consumo nacional. La situación es por sí sola motivo de preocupación, dado que se trata de recursos no renovables. La preocupación se magnifica al revisar la dinámica del consumo de energía y al contrastarla con la de otras variables macroeconómicas y con los procesos de crecimiento verificados en otros países.

El consumo total de energía, según los distintos sectores (figura 1), se caracterizó fundamentalmente por un fuerte aumento de la participación del sector energético en el consu-

1975 la proporción de crudo exportado respecto a la producción nacional fue de 13% y subió a 42.8% en 1980 y a 54.3% en 1982. El gas natural deja de exportarse en 1973-74 y vuelve a venderse al exterior a partir de 1980, pero en volúmenes pequeños; sólo alcanza 7% de la producción interna. Cfr. SEPAFIN (agosto 1984), pp 148 y 151.

7. Cfr. *ibidem*, p. 48 y *Balance de Energía* 1982, p. 13.

8. *Programa Nacional de Energía*, op. cit., p. 41.



## CUADRO 2

MEXICO: PARTICIPACION DE DIVERSAS FUENTES  
EN LA PRODUCCION NACIONAL DE ENERGIA PRIMARIA  
1970-1982

	Carbón	Petróleo	Gas natural	Hidro- energía	Geo- energía
1970	2.1	55.2	32.6	10.1	0.2
1975	2.5	62.7	27.6	7.0	0.2
1976	2.0	65.3	25.3	7.2	0.2
1977	2.0	69.5	21.5	6.8	0.2
1978	1.8	70.2	23.2	4.6	0.2
1979	1.5	71.5	22.5	4.3	0.2
1980	1.1	75.1	20.5	3.1	0.2
1981	1.0	70.1	24.9	3.8	0.2
1982	1.0	70.8	25.0	3.0	0.2

Fuentes: SEPAFIN; SEMIP, *Balances de Energía* 1970 y 1975-1981.

PEMEX, *Balance de Energía* 1982.

## CUADRO 3

MEXICO: ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGIA POR FUENTE  
1970-1982  
(PORCENTAJE)

	Total	Combustibles sólidos	Productos petrolíferos	Gas natural	Electricidad
1970	100.0	4.3	67.0	21.8	6.9
1975	100.0	3.7	71.0	17.9	7.4
1976	100.0	3.5	72.2	16.7	7.6
1977	100.0	4.3	71.1	16.6	8.0
1978	100.0	4.2	70.1	17.9	7.8
1979	100.0	3.8	70.2	18.2	7.8
1980	100.0	3.4	69.9	19.2	7.5
1981	100.0	3.1	70.6	18.8	7.5
1982	100.0	2.4	67.3	22.8	7.5

Fuentes: *Balances de Energía* 1970 y 1975-1981,  
Dirección General de Energía, SEPAFIN  
y PEMEX, *Balance de Energía* 1982.

## CUADRO 4

MEXICO: ESTRUCTURA DE LA GENERACION BRUTA  
DE ENERGIA ELECTRICA  
(PORCENTAJE)

	Hidroelectricidad	Hidrocarburos	Geotérmica	Carbón
1970	56.9	43.1		n.s.
1975	36.7	62.0	1.3	n.s.
1976	38.3	60.4	1.3	n.s.
1977	38.9	59.9	1.2	n.s.
1978	30.3	68.0	1.1	
1979	30.7	67.5	1.8	
1980	27.1	71.4	1.5	
1981	36.0	62.6	1.4	
1982	31.0	65.7	1.8	1.5
1983 <sup>P</sup>	27.5	67.5	1.8	3.2

n.s.= no significativo

P = preliminar

Fuente: SEMIP, *Programa Nacional de Energéticos 1984-1988*, p. 146.

mo nacional durante el periodo del auge petrolero; dicha participación pasó de 33.4% en 1976, a 46.4% en 1982.

Esta tendencia concuerda con la que surge de la relación de pérdidas del sector energético frente a su oferta interna bruta, obtenida de los Balances de Energía. Tal relación fue de 20.4% en 1970, 18.4% en 1975 y creció considerablemente para 1980 y 1982: 25.2% y 28.5% respectivamente.

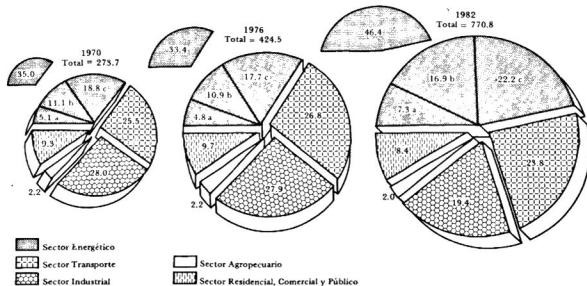
Los resultados anteriores indican un aumento de la ineficiencia en la producción de energía para el consumo final. Es el renglón de autoconsumo de las empresas productoras de energía secundaria el que ha aumentado más su incidencia en el consumo del sector energético en comparación con los rubros de pérdidas en transformación y en transporte, distribución y almacenamiento. En efecto, la participación del primer se mantuvo alrededor de 32% del consumo total del sector en 1970 y 1976, y subió a 36.4% en 1982. En cuanto a los rubros restantes, las pérdidas en transporte, distribución y almacenamiento, se redujeron en términos proporcionales, mientras que las pérdidas en transformación mantuvieron su participación (figura 1).

De las dos empresas del Estado productoras de energía: PEMEX y CFE, es la primera la que explica el aumento en el autoconsumo de energía.

FIGURA 1

## CONSUMO NACIONAL DE ENERGÍA

Millones de Barriles de Petróleo Crudo Equivalente  
(ESTRUCTURA PORCENTUAL)



a) Pérdidas por transportación, distribución y almacenamiento. b) Autoconsumo. c) Pérdidas por transformación.

Nota: El sector utiliza recursos energéticos durante el proceso de transformación de energía primaria a energía secundaria, así como para la elaboración de productos de la petroquímica básica. Además, durante las distintas etapas del proceso productivo el sector observa pérdidas y realiza un consumo propio de energía.

La producción de petrolíferos aumentó de 1970 a 1980 a un ritmo de 8.1% anual, mientras que el consumo propio lo hizo a un ritmo de 12.4%. Es decir, durante 1980 PEMEX consumió 218.4 miles de barriles diarios de petróleo crudo equivalente (MBDCE), los cuales fueron utilizados para producir 1,689 MBDCE de productos petroleros. En 1970 el autoconsumo fue de 68 MBDCE para una producción de 774 MBDCE. La relación entre barril consumido y barril producido fue de 8.8% en 1970 y de 12.9% en 1980; esto significó que hubo una merma en la eficiencia global del uso de la energía de 47.0%.

La diferencia entre los bajos precios internos de los productos petrolíferos, así como del gas natural, y los precios de exportación jugaron un papel determinante sobre la dirección de las actividades de PEMEX, dictadas estrictamente bajo el punto de vista de la rentabilidad, que significaba invertir para aumentar la capacidad exportadora, más que para mejorar la eficiencia de su planta industrial.

En el campo de la producción de electricidad las tendencias en el autoconsumo fueron distintas a las de PEMEX, la eficiencia en la generación de termoeléctricas de la planta de CFE, subió de 26.6% a 30% durante los años setenta. Sin embargo, no se dio un impulso a la diversificación de las fuentes de generación, sobre todo a partir de fuentes renovables como la energía hidráulica. Además, el bajo precio de venta de la electricidad presionó a las finanzas de la compañía eléctrica y redundó en la necesidad de invertir en centrales con menor monto de inversión por kilowatt generado.<sup>9</sup>

En cuanto a los sectores de consumo final,<sup>10</sup> son notorios los aumentos de la participación del sector de transportes y la disminución del sector industrial: la primera creció de 39.2% en 1970 a 44.4% en 1982 y la segunda bajó de 43.1% a 36.2% durante los mismos años (cfr. figura 1).<sup>11</sup>

El sector de transportes del país es de un alto grado de ineficiencia en el consumo de energía: está formado abrumadoramente por vehículos que consumen gasolinas; la concentración de la actividad económica en unas cuantas ciudades ha aumentado el congestionamiento del tránsito y el transporte particular ha crecido mucho más que el colectivo. Es por

9. Cfr. Gastélum, R. y Oscar Guzmán (*mimeo*) noviembre 1982.

10. De acuerdo con los balances de energía, el consumo final comprende los siguientes sectores: residencial, comercial y público, transportes, agropecuario, industrial, no identificado. El consumo final se desglosa en uso energético y no energético a nivel agregado.

11. Cabe hacer notar que estas cifras no coinciden con las obtenidas a partir de la información de la Comisión de Energéticos. Sin embargo, las dos fuentes muestran la tendencia

ello que, en buena medida, su dinámica explica parte de los fuertes incrementos en el uso de la energía en el país.<sup>12</sup>

El explosivo aumento en el consumo de energía en México, y su uso dispendioso, tienen como explicación general la dinámica que se le imprimió al proceso de crecimiento una vez que se conoció la amplitud de sus reservas petroleras.

Desde el segundo quinquenio de los setenta, y hasta que los problemas económicos que afrontaba el país se hicieron evidentes, se acudió al petróleo como uno de los pilares de la pretensión de convertir a México en una potencia económica.

La extracción masiva de petróleo fue consecuente, pues significaba la obtención de un excedente exportable y la posibilidad de seguir ofreciendo internamente la energía a precios subsidiados. El uso dispendioso de los recursos energéticos no se hizo esperar; el ritmo de extracción de petróleo se impuso al esfuerzo de recuperación secundaria y condujo a la quema de gas asociado; el crecimiento sin precedentes de la demanda de petrolíferos y la política de satisfacerla, provocan no sólo aceleramientos en su producción en detrimento de la eficiencia, sino, además, el aumento desproporcionado en la generación termoelectrica y la postergación del aprovechamiento del potencial hidroeléctrico.

Los precios bajos de los petrolíferos promovieron su consumo excesivo: las gasolinas baratas fomentaron el uso inadecuado del transporte individual, a la vez que los precios bajos de la energía para la industria provocaron, en parte, la sustitución de trabajo humano por energía, pero, sobre todo, el uso ineficiente de la misma.<sup>13</sup>

A pesar de los problemas que impone la ausencia de la información necesaria para analizar a nivel agregado el uso ineficiente de la energía en México, en particular en el caso de los sectores de consumo final, es posible comentar ciertos factores que contribuyen a explicar el incremento tan marcado en el uso de energía en los últimos años.

Estos factores pueden agruparse en tres grandes rubros que se relacionan estrechamente entre sí. Sin embargo, es necesario considerar por separado los factores técnicos, económicos y políticos que indujeron a un patrón de consumo cuyo rasgo primordial fue el derroche de los recursos energéticos y financieros.

al alza en la participación del sector de transportes y a la baja del industrial. Cfr. Willars, J. Mario, 1984, p. 27.

12. Tal propuesta se analiza en la segunda parte del capítulo.

13. Cfr. Gastelum, R. y Guzmán, *ibidem* para el caso de PEMEX y Levy, Santiago (sept. 1982) para la industria no energética.

*a) Factores técnicos*

En este apartado, más que hacer referencia a situaciones particulares que serán tratadas más ampliamente en los capítulos sectoriales, se presentan aspectos generales que afectan el tipo de tecnología que se usa o se deja de usar, y el ritmo de introducción de la misma en los procesos productivos.

Los países en vías de desarrollo, incluyendo aquellos considerados en transición, como México, se ven en la necesidad de desarrollar su planta productiva, y la energética en particular, a ritmos acelerados, dada la presión de múltiples problemas sociales. Además, al carecer de la capacidad de generar la tecnología requerida, están obligados a comprarla directamente o adquirirla en los equipos que importan.

En México, durante los setenta, excepto en los años 1976 a 1977, el proceso de industrialización se llevó a cabo a ritmos relativamente altos y sostenidos, volviéndose más intenso a partir del uso de los excedentes petroleros y el recurso al endeudamiento externo como fuentes de financiamiento. Dentro de ese proceso, la electrificación creció como resultado del incremento de la actividad económica si bien su expansión se dio a un ritmo mayor que el del crecimiento de la propia economía; esta comparación se extiende igualmente a casi todos los energéticos de uso final. Este fenómeno se explica, en parte, por la manera en que ocurrió el proceso de industrialización acelerada de México.

De acuerdo a datos obtenidos por encuestas realizadas en el sector empresarial, la inversión privada creció durante el periodo con mucha rapidez, concentrándose en las grandes empresas y, en especial, en ramas altamente consumidoras de energía. Con ello se agudizó el proceso de sustitución del trabajo por energía, actuando ésta como complemento del capital. A este proceso se agregó una importante sustitución de métodos artesanales por mecanizados en unidades pequeñas y familiares, y un aumento más que proporcional en las ventas de artículos de consumo duradero, como refrigeradores, televisores, estufas, automóviles y camiones de carga, todos ellos consumidores de energía.

Consecuentemente con el incremento de las unidades en operación, la demanda de energía registró aumentos importantes. Estos aumentos fueron favorecidos por las características de la tecnología incorporada en dichos equipos, desde los motores industriales hasta estufas de gas, ya que no era la más moderna ni estaba orientada a un uso más eficiente de la energía.

El proceso de transferencia tecnológica, como se ha visto en el pasado, no es automático ni rápido hacia los países que no consolidan un desarrollo propio en dicho campo. Las nuevas tecnologías, más eficientes en el uso de energéticos, aunque incorporadas en algunas importaciones de maquinaria nueva, no son aún de uso generalizado en la sociedad mexicana.

En el caso de la industria petrolera, los fenómenos mencionados se magnificaron debido a la rapidez con que se dio el auge de la producción. Este proceso llevó a desperdicios de energía que, aunados a la fuerte demanda de otros sectores, hicieron crecer la relación entre el consumo energético y el crecimiento del producto muy por encima de los valores históricos. Baste con mencionar como ejemplos: la quema de gas proveniente de la Sonda de Campeche y los campos Huimanguillo por falta de equipo para su procesamiento; la concentración en plantas termoeléctricas para satisfacer la demanda a corto plazo; el uso de procesos de destilación altamente consumidores de energía y, sobre todo, la falta de énfasis en la inversión y gasto en medidas de mejora y mantenimiento de equipos que redundaran en ahorros de energía. Tales gastos no fueron costeables por el bajo precio interno de la misma durante un periodo de visión eufórica de la abundancia de recursos energéticos y financieros.

#### *b) Factores económicos*

La razón más obvia del consumo exagerado de energía en México durante los últimos años fueron, como ya se ha señalado, los bajos precios relativos de los energéticos frente a los de las demás mercancías, en particular las de origen industrial. En el caso de la electricidad, por ejemplo, su precio real promedio bajó casi un 50% entre 1970 y 1981.

Asimismo, la estructura de precios relativos no fue utilizada como mecanismo para orientar la demanda de manera que se propendiera a una sustitución racional entre ellos sobre la base de la disponibilidad interna, los costos de producción, las tendencias de los consumos y la política de fomento de determinadas actividades productivas. Esta situación originó un uso inadecuado e ineficiente de los energéticos que afectó la conservación de los recursos del país, como en el caso del gas natural.

El nivel tan bajo de precios y su estructura distorsionada lograron que la existencia de desperdicios se encuadrara

paradójicamente dentro de la estricta lógica económica.

El cambio que sufrió el país a raíz del descubrimiento de nuevas reservas fue drástico. Hasta 1975, una de las principales preocupaciones de la Comisión de Energéticos era la de aumentar la eficiencia global de la industria petrolera para el abastecimiento energético del país, o en todo caso para limitar las importaciones, debido a la crisis productiva y financiera por la que atravesó de 1974 a 1977.

Con el enorme crecimiento en las reservas de hidrocarburos, a partir de 1977, tales preocupaciones fueron dejadas de lado en la práctica, aunque no necesariamente en el discurso. "La gran disponibilidad de recursos energéticos primarios junto a un dinámico crecimiento de la economía y un bajo nivel de precios de los energéticos, provocaron un crecimiento sin precedente en el consumo de todos los sectores económicos; situación a la cual no escapó el propio sector energético".<sup>14</sup>

Existen otras razones económicas que motivaron un uso ineficiente de la energía, como por ejemplo: el bajo precio del transporte por ferrocarril que impidió financiar la expansión necesaria en el servicio y obligó al uso del transporte carretero de mercancías y de pasajeros. Por otra parte, transportar las mercancías por carreteras no resultaba tan costoso al ser baratos el diesel, la gasolina y los propios camiones. En su fomento a la industrialización el Estado creó las condiciones para el establecimiento y posterior desarrollo de la industria automotriz durante los años sesenta, y la subsidió en forma indirecta a través del precio de las gasolinas. Parte de las contradicciones de esta política de desarrollo aparecieron con claridad durante los setenta y en especial a principios de los ochenta, cuando el sistema energético estuvo en el centro de la crisis productiva y financiera del país.

### *c) Factores políticos*

El Estado mexicano, como sus contrapartes en los países de industrialización tardía, ha jugado un papel directo y sustantivo en la promoción del crecimiento.

La producción de bienes y servicios y la venta de ellos a precios y tarifas "subsidiados" ha sido un rasgo permanente

<sup>14</sup>. Gastelum R. y O. Guzmán, *op. cit.*, p. 1.



de su intervención, cuyos fines fundamentales han sido el apoyo a la industrialización y dar acceso a la población urbana a bienes y servicios básicos. Esta orientación se inscribe en la perspectiva de contrarrestar los desequilibrios internos en la distribución del ingreso, en un país donde las necesidades básicas de los sectores más amplios de la población aún no han sido cubiertos, y de garantizar el mantenimiento de la estabilidad política del sistema, sin frenar el proceso de reproducción ampliada del capital.

La actividad del Estado como productor y oferente de energía no ha escapado a esta lógica, esto se dio más nítidamente en la época del auge petrolero. La política del régimen de López Portillo de usar a los hidrocarburos como el pivote y pilar del crecimiento e industrialización acelerados, fue consecuente con la visión de que el país contaba con grandes volúmenes de estos recursos. La venta a precios bajos de la energía obtenida a partir de ellos no fue, por tanto, incoherente con tales perspectivas.

La abundancia de recursos energéticos, la necesidad por recuperar el crecimiento y la intención por convertir a México en un país industrial, hicieron prioritario el aceleramiento de la actividad económica frente al cuidado de los recursos no renovables del país.

## 2. DINAMICA ECONOMICA Y CONSUMO DE ENERGIA EN MEXICO; COMPARACION CON OTROS PAISES

Una forma de profundizar el estudio de la tendencia en México de usar la energía a ritmos crecientes, es por medio de las comparaciones internacionales. En esta sección se realiza esta propuesta de estudio. Se enfatiza en la comparación de la dinámica de las variables macroeconómicas de México con las de países que han experimentado un desarrollo económico similar.

La existencia de disparidades notorias entre crecimiento, industrialización y consumo de energía de México, en comparación con los mismos aspectos en otros países, aporta elementos para precisar si México debe considerarse como un país que usa ineficientemente su energía en el contexto internacional.

Cabe aclarar que los resultados de este trabajo comparativo se deben tomar como hipótesis, sujetas a estudios más detallados. Las limitantes básicas para este tipo de análisis residen en la información, como es frecuente en los paí-

ses en desarrollo y en las dificultades de medición implícitas en las comparaciones internacionales.<sup>15</sup>

Por esta razón el análisis comparativo se hace a partir de tendencias y no de cifras absolutas.

a) *Crecimiento y consumo de energía;  
la experiencia internacional.*

La información proporcionada por las estadísticas de los organismos internacionales muestra una marcada diferencia en las tendencias del crecimiento económico y del consumo de energía entre los países en desarrollo del sureste de Asia y los de América Latina, comprendiendo México y los industrializados de occidente y del Pacífico.

Se observa en particular una modificación en las tendencias históricas en el crecimiento del PIB y del consumo de energía *per cápita* entre estos dos conjuntos de países.

Durante los sesenta, tanto los países industrializados del Pacífico como los de economías más dinámicas del mundo en desarrollo, experimentaron elevadas tasas de crecimiento en ambas variables. En contraste, en la década posterior, en los primeros disminuyeron dichos ritmos de crecimiento, mientras que sucedió lo opuesto en los segundos.

Las reducciones en la TMCA del consumo de energía *per capita* en los países industrializados del Pacífico fueron, además y durante los setenta, más drásticas que las correspondientes al PIB *per cápita*. A su vez, en el transcurso de la misma década, en la mayoría de los países considerados del sur de Asia y de América Latina se registraron aumentos superiores en las TMCA del consumo de energía *per cápita* en comparación con la del PIB *per cápita*. (Cuadros 5, 6 y 7).<sup>16</sup>

La evolución indicada en los países industrializados del Pacífico también se dio en los países de Europa Occidental: la relación entre energía primaria y PIB tendió a disminuir durante los años sesenta y con mayor intensidad en los setenta (cuadro 8).

La mayor dependencia de los hidrocarburos por parte de los países del sur de Asia, y América Latina, constituye un

15. Cfr. Morales Siddayao, C. (enero 1982).

16. Las excepciones son: Australia, dentro de los países industrializados del Pacífico, y Filipinas -en cierta medida Malasia-, y Colombia, dentro de los países subdesarrollados más dinámicos (cuadros 5, 6 y 7).

**CUADRO 5**  
**ASIA: PAISES SELECCIONADOS.**  
**PRODUCTO INTERNO BRUTO Y CONSUMO DE ENERGIA PER CAPITA**  
**TASAS DE CRECIMIENTO**  
**(PORCENTAJE)**

País	PIB <i>per cápita</i>			Energía <i>per cápita</i>		
	1960-70	1970-80	1973-80	1960-70	1970-80	1973-80
<b>Sur de Asia</b>						
Bangladesh	1.16	2.16	3.63	-	8.13 <sup>a</sup>	3.64
India	1.65	1.25	2.07	2.32	0.52	2.82
Pakistán	3.31 <sup>b</sup>	7.65	2.04	5.22	9.78	4.00
Sri Lanka	2.50	2.94	3.77	3.59	-1.42	-2.14
<b>Este/sureste Asia</b>						
Corea del Sur	5.66	6.57	5.89	11.19	6.99	7.28
Filipinas	2.14	3.42	3.39	7.39	0.86	0.61
Singapur	6.51	7.20	6.05	13.30	7.39	4.84
Tailandia	4.39	4.57	4.66	13.40	3.93	3.31
<b>Productores</b>						
Burma	0.77	2.19	3.30	0.95	1.02	3.02
Malasia	5.01	5.10	4.66	7.76	4.27	2.81
Indonesia	1.26	4.99	4.55	0.94	8.95	10.79

a. 1972-80.

b. 1961-70.

Fuente: Morales Siddayao, "Energy Conservation Policies...", p.90.

**CUADRO 6**  
**AMERICA LATINA, PAISES SELECCIONADOS.**  
**PRODUCTO INTERNO BRUTO Y CONSUMO DE ENERGIA PER CAPITA**  
**TASAS DE CRECIMIENTO ECONOMICO Y USO DE ENERGIA<sup>a</sup> 1960-1979**  
**(PORCENTAJE)**

	1960-70	PIB per cápita		1970-79	Consumo de energía per cápita			
		1970-75	1975-79		1960-70	1970-75	1975-79	1970-79
Argentina	2.9	2.5	0.75	2.0	4.9	0.2	3.7	1.7
Bolivia	3.2	3.2	1.0	2.2	3.4	7.7	8.3	8.0
Brasil	3.1	8.0	3.9	6.2	3.7	6.4	7.0	6.7
Colombia	2.2	3.8	3.6	3.7	4.3	3.3	1.8	2.6
Chile	2.3	-2.9	5.7	0.8	5.6	-2.7	2.9	-0.25
México	3.6	2.3	2.1	2.2	4.2	3.4	5.1	4.2
Perú	2.1	1.8	-1.5	0.3	4.1	2.4	-1.3	0.7
Uruguay	0.4	0.6	4.0	2.1	1.7	1.6	1.8	1.7
Venezuela	2.2	1.2	1.2	1.2	2.7	2.8	6.4	4.4
Ecuador	2.2	5.4	3.7	4.7	5.2	7.8	10.1	7.9

a. Hidrocarburos y electricidad.

Fuente: United Nations/CEPAL, *Anuario Estadístico de América Latina*, 1981, pp. 114, 125, 127.

CUADRO 7  
PAISES INDUSTRIALIZADOS DEL PACIFICO.  
PRODUCTO INTERNO BRUTO Y CONSUMO DE ENERGIA PER CAPITA  
TASAS DE CRECIMIENTO  
(PORCENTAJE)

País	PIB <i>per cápita</i>			Energía <i>per cápita</i>		
	1960-70	1970-80	1973-80	1960-70	1970-80	1973-80
Australia	3.12	1.46	1.09	2.80	1.64	1.15
Canadá	3.35	2.81	1.72	4.23	1.54	0.57
Japón	9.64	3.58	2.65	10.1	1.47	0.96
Nueva Zelanda	2.06	1.04	2.68	2.04	2.12	0.83
Estados Unidos	2.60	1.97	1.30	13.29	-0.43	-1.32

Fuente: Siddayao, *op. cit.*, p. 91.

CUADRO 8

TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y DEL PIB  
(PAISES INDUSTRIALIZADOS)

48

	1960	1973	1980	1981
	(1)	(2)	(3)	(4)
<b>Austria<sup>a</sup></b>				
Tasa EPT/PIB <sup>b</sup> (%)	1.37	0.67	0.61	0.59
Total energía primaria <i>per cápita</i> (Kcal x 10 <sup>7</sup> ) <sup>c</sup>	1.76	3.2	3.6	3.5
Elasticidad EPT/PIB		1.02	0.54	3.1
Tasa de crecimiento anual PIB			3.0	0.0
<b>Bélgica</b>				
Tasa EPT/PIB (%)	1.60	0.78	0.65	0.62
TPE <i>per cápita</i> (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	2.8	4.80	4.75	4.42
Elasticidad EPT/PIB		0.95	0.00	3.9
Tasa de crecimiento anual PIB			2.5	-1.8
<b>Canadá</b>				
Tasa EPT/PIB (%)	1.93	1.21	1.19	1.13
TPE <i>per cápita</i> (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	5.37	8.6	9.5	9.7
Elasticidad EPT/PIB		0.98	0.9	-0.4
Tasa de crecimiento anual PIB			2.9	3.8
<b>Dinamarca</b>				
Tasa EPT/PIB (%)	0.93	0.51	0.45	0.40
TPE <i>per cápita</i> (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	1.96	3.89	3.75	3.38
Elasticidad EPT/PIB		1.38	-0.13	-142.2
Tasa de crecimiento anual PIB			1.6	0.1
<b>Alemania</b>				
Tasa EPT/PIB (%)	1.25	0.63	0.55	0.53
TPE <i>per cápita</i> (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	2.63	4.4	4.5	4.3
Elasticidad EPT/PIB		1.04	0.11	-20.48
Tasa de crecimiento anual PIB			2.2	0.2

	1960 (1)	1973 (2)	1980 (3)	1981 (4)
Italia				
Tasa EPT/PIB (%)	0.9	0.69	0.61	0.60
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	1.0	2.4	2.5	2.4
Elasticidad EPT/PIB		1.51	0.35	- -
Tasa de crecimiento anual PIB			2.8	-0.15
Irlanda				
Tasa EPT/PIB (%)	1.62	0.96	0.86	0.85
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	1.5	2.41	2.54	2.52
Elasticidad EPT/PIB		1.08	0.6	0.21
Tasa de crecimiento anual PIB			3.7	1.2
Países Bajos				
Tasa EPT/PIB (%)	1.16	0.73	0.66	0.63
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	1.91	4.6	4.6	4.3
Elasticidad EPT/PIB		1.61	0.37	5.0
Tasa de crecimiento anual PIB			2.3	-1.2
Noruega				
Tasa EPT/PIB (%)	1.31	0.75	0.66	0.67
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	2.50	4.9	5.9	5.9
Elasticidad EPT/PIB		1.26	0.63	0.80
Tasa de crecimiento anual PIB			4.8	0.8
España				
Tasa EPT/PIB (%)	1.27	0.59	0.66	0.66
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	0.65	1.66	2.05	2.02
Elasticidad EPT/PIB		1.13	1.73	1.39
Tasa de crecimiento anual PIB			2.36	0.34
Suecia				
Tasa EPT/PIB (%)	1.30	0.70	0.63	0.65
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	3.6	5.9	5.9	6.0
Elasticidad EPT/PIB		1.08	0.16	-4.76
Tasa de crecimiento anual PIB			1.9	-0.65

## CUADRO 8

TASAS DE CRECIMIENTO DEL CONSUMO DE ENERGÍA Y DEL PIB  
(PAISES INDUSTRIALIZADOS)

50

(Continuación)

	1960	1973	1980	1981
	(1)	(2)	(3)	(4)
Suiza				
Tasa EPT/PIB (%)	0.87	0.4	0.4	0.4
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	2.18	3.7	3.9	3.9
Elasticidad EPT/PIB		1.28	1.95	-0.43
Tasa de crecimiento anual PIB			0.3	1.9
Gran Bretaña				
Tasa EPT/PIB (%)	1.85	0.99	0.81	0.79
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	3.26	4.2	3.6	3.5
Elasticidad EPT/PIB		0.71	-2.2	2.1
Tasa de crecimiento anual PIB			0.9	-2.0
Estados Unidos				
Tasa EPT/PIB (%)	1.51	0.82	0.79	0.79
TPE per cápita (Kcal x 10 <sup>7</sup> )	5.61	0.65	0.73	0.75
Elasticidad EPT/PIB		1.05	0.86	1.21
Tasa de crecimiento anual PIB			4.44	4.41

a. EPT: Energía primaria total

b. PIB: Producto interno bruto

c. En la fuente el dato está en MTOE (toneladas métricas de petróleo - equivalente) y 1 MTOE = 10 Cal.

Fuente: International Energy Agency (OECD) 1978 y 1982.

Col. (1) año 1978

Cols. (2), (3), (4) año 1982.



contraste adicional con respecto a los países industriales avanzados. Esta característica de la estructura de los sistemas energéticos de los primeros se acentuó comparativamente en los setenta cuando los países desarrollados iniciaron el proceso de diversificación de las fuentes de energía (cuadros 9, 10 y 11).

Por último, las diferencias entre estos dos conjuntos de países también se presentaron en cuanto a la distribución sectorial del consumo de energía. Casi la totalidad de los países en desarrollo incluidos, canalizan un porcentaje mayor de energía al transporte que los países industrializados avanzados. A ello se agrega la particularidad de que una proporción importante de los primeros dedica más energía al transporte que a la industria; fenómeno inverso al registrado en el segundo grupo (cuadros 12, 13 y 14).

Los elementos anteriores prueban la existencia de un marcado contraste entre los patrones y tendencias en el consumo de energía entre los países industrializados y los correspondientes a las dos regiones del llamado Tercer Mundo que se consideran en este estudio.

En el Tercer Mundo, más allá de diferencias de toda índole, los países cuentan con una estructura económica, política y social similar, siendo muchos de sus problemas compartidos. Si a esto se añade otro elemento común: un proceso sostenido de industrialización en México y en los países en desarrollo más dinámicos durante los últimos dos decenios, resulta que la comparación entre ellos servirá para ubicar los patrones y tendencias del consumo de energía en México con un rigor mayor al que resultaría de tomarse como referencia a los países industriales.

Más aún, dicha propuesta de estudio comparativo aportará elementos para indagar qué tan válido es el argumento que propone al rápido crecimiento e industrialización de México de los últimos años como la clave que explica su marcada tendencia al consumo de energía.

*b) Crecimiento y consumo de energía; la experiencia de México frente a la de otros países de América Latina y del sur de Asia*

Este estudio comparativo analiza con mayor detalle los patrones de crecimiento económico y de consumo energético de los países en desarrollo seleccionados.

La revisión de las cifras disponibles sobre las tendencias de las variables indicadas a partir de los setenta revela ciertas diferencias entre los países estudiados (cuadros 5 y 6)

CUADRO 9

PAISES ASIATICOS DEL PACIFICO: CONSUMO DE ENERGIA FOSIL  
(PORCENTAJE DEL TOTAL)

52

País	1 9 7 0			1 9 8 0			Importaciones netas de energía como % del consumo total (1980)
	Carbón	Petróleo	Gas natural	Carbón	Petróleo	Gas natural	
Sur de Asia							
Bangladesh	9	53	36	4	52	42	68
India	74	22	1	65	29	1	26
Nepal	6	90	0	6	80	0	88
Pakistán	12	48	37	9	34	50	48
Sri Lanka	1	94	0	0	88	0	100
Este y sureste de Asia							
Brunei	25	-	75	0	9	91	
Burma	15	81	1	11	65	18	7
China	92	7	-	74	21	3	
Indonesia	1	69	29	1	82	16	
Corea del Sur	48	52	0	38	60	0	77
Malasia	1	95	1	0	76	22	
Filipinas	1	97	0	3	93	0	90
Singapur	-	100	0	0	100	0	100
Tailandia	2	96	0	3	94	0	94
Países industriales	26	49	22	24	48	24	29
Países en desarrollo	21	62	14	15	64	16	
Total mundial	35	43	20	31	43	22	0

Fuente: Morales Siddayao, *op. cit.*, p. 86.

CUADRO 10  
AMÉRICA LATINA, PAÍSES SELECCIONADOS: PARTICIPACIÓN DE DIVERSAS FUENTES  
DE ENERGÍA PRIMARIA COMO PORCENTAJE DE LA OFERTA INTERNA BRUTA TOTAL

	Exportaciones en relación a la O.I.B. <sup>a</sup>	Importaciones en relación a la O.I.B. <sup>a</sup>	Carbón mineral	Leña y otras comb. veg. y animal	Petróleo crudo	Gas natural	Gas asociado	Hidro- energía	Geo- energía	Coque
Argentina										
1970	-	9.53	2.7	7.2	69.3	17.1	-	0.6	-	0.03
1978	-	12.41	2.5	4.9	65.2	17.5	-	2.2	-	0.4
Bolivia										
1970	61.9	-	0.02	24.7	60.9	-	3.6	18.2	-	0.03
1979	86.38	-	0.01	18.5	70.1	-	14.4	13.8	-	0.01
Brasil										
1976	-	42.73	3.6	30.0	48.1	0.7	-	8.5	-	0.1
1980	-	41.08	4.9	38.4	45.5	1.0	-	10.7	-	0.3
Colombia										
1970	49.25	-	12.8	24.6	57.2	7.5	7.7	5.6	-	0.02
1979	-	6.03	17.7	13.6	42.1	16.5	6.1	7.8	-	0.02
Chile										
1970	-	31.21	3.3	13.7	37.6	24.8	-	3.5	-	0.07
1978	-	31.56	9.2	13.1	44.8	27.8	-	5.6	-	0.6
Ecuador										
1970	-	40.40	-	44.8	49.1	-	4.3	1.5	-	-
1978	160.99	-	-	21.4	96.0	-	0.9	1.7	-	-
México										
1970	4.43	-	2.2	18.0	47.8	23.3	3.0	10.6	-	0.5
1980	44.43	-	2.1	11.4	54.8	9.7	21.5	4.3	0.2	0.1
Perú										
1970	-	12.62	0.5	38.5	44.4	-	5.1	4.5	-	0.4
1979	28.92	-	0.5	31.7	62.6	-	5.3	6.3	-	0.9
Uruguay										
1970	-	77.01	0.7	19.8	74.9	-	-	5.3	-	0.1
1980	-	69.24	0.1	19.5	69.9	-	-	12.0	-	0.02
Venezuela <sup>b</sup>										
1970	807.34	-	0.05	0.02	86.7	-	12.8	0.4	-	0.2
1979	318.32	-	0.05	0.02	75.3	-	23.0	0.2	-	0.3

a. Oferta interna bruta.

b. Para Venezuela se tomó como porcentaje de la oferta interna bruta de energía primaria.

Fuente: OLADE, *Balances Energéticos de América Latina*, 1981.

CUADRO 11

PAISES INDUSTRIALIZADOS DEL PACIFICO.  
CONSUMO DE ENERGIA POR FUENTES  
(PORCENTAJE DEL TOTAL)

País	1970			1980			Importaciones netas de energía como % del con- sumo total (1980).
	Carbón	Petróleo	Gas Natural	Carbón	Petróleo	Gas Natural	
Australia	49	46	3	42	43	13	—
Canadá	13	53	23	12	48	27	--
Japón	27	68	2	19	68	8	102
Nueva Zelanda	24	55	2	18	48	14	52
Estados Unidos	21	42	36	23	42	31	18

Fuente: M. Siddayao, *op. cit.*

**CUADRO 12**  
**PAISES ASIATICOS EN DESARROLLO, CONSUMO SECTORIAL DE ENERGIA**  
**(PORCENTAJE)**

País / Año	Industria	Transportación	Generación de electricidad	Agricultura	Residencial, comercial y público
<b>1. Petróleo</b>					
<u>Sur de Asia</u>					
Bangladesh (1978/79)	20.1	30.9	13.4	5.4	30.0
Gas natural	(60.0)	--	(29.7)	--	(1.3)
India (1978)	28.7	39.5	8.1	4.6	19.1
Pakistán (1978/79)	5.2	57.2	(a)	6.0	31.2
 <u>Sureste de Asia</u>					
Indonesia (1978)	24.5	29.5	7.7	-----	38.3-----
Filipinas (1981)	41.2	28.2	24.2	n.a.	6.8
Tailandia (1978)	17.0	44.4	23.3	8.9	6.4
<b>2. Energía comercial</b>					
<u>Sur de Asia</u>					
Bangladesh (1978/79)	61.1	17.5	(a)	3.0	18.5
Pakistán (1978/79)	34.0	22.0	(a)	20.0	16.0
Sri Lanka (1980)	36.6	35.9	(a)	--	27.5
 <u>Sureste de Asia</u>					
Filipinas (1981)	41.3	35.1	(a)	n.a.	25.9
Indonesia (1977)	32.8	29.7	6.5	-----	31-----
Tailandia (1977)	37.3	31.9	(a)	1.5	15.1
Corea (1979)	44.3	12.6	(a)	n.a.	43.1
Singapur (1980)	38.0	33.0	(a)	--	28.6

Fuente: Morales Siddayao, *op. cit.*

CUADRO 13

AMERICA LATINA, PAISES SELECCIONADOS: ESTRUCTURA DE CONSUMO FINAL DE ENERGIA  
(1970 Y 1978 O 1979) PORCENTAJE DEL TOTAL

		Resid. com. y público	Transporte	Agropecuario	Industrial	No identificado	Total
Argentina	1970	19.46	38.23	3.87	36.24	2.17	100.0
	1978	24.43	37.60	4.27	24.27	1.5	100.0
Bolivia	1970	36.29	40.46	4.05	19.16	—	100.0
	1979	29.42	49.09	2.89	18.58	—	100.0
Brasil	1976	27.73	29.79	6.40	36.07	—	100.0
	1980	24.34	29.19	6.72	39.66	.06	100.0
Colombia	1970	38.76	24.63	2.5	32.74	.31	100.0
	1979	34.75	30.57	2.23	31.59	.84	100.0
Chile	1970	31.90	33.02	--	35.06	—	100.0
	1978	30.37	30.23	--	39.39	--	100.0
Ecuador	1970	58.22	23.04	4.03	14.60	.10	100.0
	1978	35.75	42.82	4.47	16.46	.48	100.0
México	1970	37.47	28.18	1.92	28.74	3.66	100.0
	1980	30.96	35.16	2.49	26.70	4.69	100.0
Perú	1970	44.38	21.76	7.63	26.23	--	100.0
	1979	45.61	22.41	4.27	27.70	--	100.0
Uruguay	1970	40.71	28.18	—	30.74	.37	100.0
	1980	37.53	29.52	--	32.47	.49	100.0
Venezuela	1970	16.79	44.71	.16	37.45	.64	100.0
	1979	12.51	47.48	.07	39.82	.12	100.0

Fuente: OLADE, *op. cit.*

**CUADRO 14**  
**PAISES INDUSTRIALIZADOS DEL PACIFICO**  
**CONSUMO SECTORIAL DE ENERGIA**  
**(PORCENTAJE)**

	Australia	Japón	Nueva Zelanda	Estados Unidos	
	1979	1979	1979	1981	1979
Industria	28.7	54.3	38.1	39.2	41.1
Transporte	22.6	18.9	36.5	26.0	25.9
Generación de electricidad	35.0	-a	-a	-a	-a
Residencial/ comercial y público	13.9	24.3	25.4	34.8	33.0

a. Distribuido en otros sectores.

Fuente: Morales Siddayao, *op. cit.*

Se observa que en el transcurso de los sesenta, los patrones de consumo final de energía *per cápita* son similares en los países que tienen un crecimiento del PIB *per cápita* acelerado. Aquellos países con tasas de crecimiento de su PIB *per cápita* superiores a las de México, también experimentaron aumentos mayores de su consumo de energía *per cápita*: son los casos de los llamados NICS ("Newly Industrialized Countries") del sureste asiático: Corea del Sur, Singapur y Tailandia.

Las similitudes entre México y estos países cambian en la década posterior: no obstante que los segundos, a los que se agregan Filipinas y Malasia, registraron incrementos en las tasas de crecimiento de su PIB *per cápita*, lo contrario sucedió con el consumo final de energía comercial *per cápita*. Las tendencias observadas en México son exactamente las opuestas.<sup>17</sup>

17. Según el Balance de Energía de México 1982, la TMCA del

El contraste es mayor si se observa que después de la primera crisis petrolera, los países indicados del sur de Asia, salvo Corea del Sur, reducen aún más sus tasas de crecimiento del consumo de energía. Aun cuando el crecimiento del PIB *per cápita* también baja en algunos de estos países, éste sigue siendo superior al de México.

El caso de Indonesia contrasta con el resto de los países más dinámicos del sur de Asia, y bien podría equipararse con el de México debido a que ambos son exportadores de hidrocarburos. Este país muestra una tendencia más marcada a aumentar su consumo *per cápita* de energía durante los años setenta que cualquier otro país, sea del sur de Asia, sea de América Latina.

Las apreciaciones hechas concuerdan con los indicadores sobre la relación energía-PIB (cuadro 15): son México e Indonesia los únicos países cuya relación es la más baja en 1973. O sea que ésta aumentó para estos dos países después de la primera crisis del petróleo.<sup>18</sup>

Además, mientras que la mayoría de los países del sur de Asia redujeron su relación energía-PIB durante el último quinquenio de los setenta respecto al anterior, México e Indonesia la subieron. Más aún, el aumento es mayor que el de los únicos países que también evolucionaron en igual dirección: Filipinas y Singapur.<sup>19</sup>

Si se compara el proceso mexicano con la experiencia de sus contrapartes en América Latina, la información sugiere que el primero no fue un fuerte consumidor de energía en el transcurso de los sesenta. En efecto, fue el que tuvo un mayor ritmo de crecimiento de su PIB *per cápita*, no obstante que sus aumentos en el consumo de energía *per cápita* fueron muy similares a los del resto de países latinoamericanos (cuadro 6).

Aun cuando tal patrón no se mantuvo durante la década posterior, la mayor incidencia en el consumo de energía de México la comparten otros países de la región: Bolivia, Ecuador, Venezuela y, en cierta medida, Brasil. Estos últimos tuvieron mayores ritmos de crecimiento económico y de consumo de

---

consumo de energía *per cápita* es superior a la indicada en el cuadro 6: de 6.5% durante 1975-1980 frente a 5.1% de 1975 a 1979.

18. Es conveniente insistir que las cifras para México subestiman sus tendencias de consumo durante el último quinquenio de los setenta pues sólo incluyen al petróleo y a la electricidad. Cfr. nota previa de la primera sección.

19. La India es un caso aparte pues su dependencia hacia los hidrocarburos fue muy baja. Cfr. cuadro 9.



## CUADRO 15

PAISES ASIATICOS SELECCIONADOS, PAISES INDUSTRIALIZADOS Y MEXICO:  
RELACION ENERGIA COMERCIAL/PIB, 1960-1980

	1973	1980	Punto más bajo de la relación	73-80 Año	TASAS DE CRECIMIENTO		
					(60-65)-(65-70)	(65-70)-(71-75)	(71-75)-(75-80)
Sur de Asia							
Bangladesh	0.234	0.290	0.234	1978	---	---	10.78 <sup>a</sup>
India	1.129	1.190	1.129	1973	4.9	-9.08	-6.2
Pakistán	1.064	1.200	1.024	1978	17.07	-9.46	-5.23
Sri Lanka	0.518	0.356	0.356	1980	8.86	-20.5	-22.44
Nepal	0.106	0.085	0.084	1976	102.04	3.03	-13.73
Corea del Sur	1.851	2.041	1.704	1976	24.38	5.93	-1.24
Filipinas	0.901	0.741	0.741	1980	28.76	2.5	0.67
Singapur	0.860	0.790	0.754	1974	32.77	2.18	3.64
Tailandia	0.892	0.812	0.788	1978	54.50	32.14	-8.71
Productores							
Burma	0.454	0.446	0.439	1975	3.07	3.83	-4.5
Indonesia	0.651	1.008	0.651	1973	-10.24	-0.28	43.78
Malasia	0.880	0.773	0.773	1980	23.24	11.31	-4.09
México <sup>b</sup>	0.925	1.066 <sup>d</sup>	0.925	1973	-10.36	13.28	12.92 <sup>c</sup>
Países industrializados							
Australia	0.855	0.890	0.880	1978	0.97	-4.39	0.22
Canadá	1.381	1.27	1.274	1980	5.65	1.73	-7.11
Japón	0.761	0.677	0.677	1980	1.14	-0.25	-0.25
Nueva Zelanda	0.732	0.762	0.700	1975	0.45	5.36	5.35
Estados Unidos	1.554	1.294	1.294	1980	0.06	-0.06	-11.19

a. Dato 1972-75.

b. Estas cifras contienen un sesgo, dado que la información para México sólo incluye petróleo y electricidad.

c. 1975-79.

d. 1979.

Fuentes: - Siddayao, *op. cit.*, pp. 96 y 97,

- NAFINSA, *op. cit.*, para México.

energía *per cápita*. Los cambios quinquenales en la relación consumo de hidrocarburos y electricidad por unidad de PIB ocurridos en estos países confirman tal apreciación (cuadro 16).

Lo dicho con anterioridad respecto a las divergencias en las tendencias del consumo de energía entre los países de las dos regiones estudiadas viene a refrendarse con la evolución de sus elasticidades-ingreso.

En efecto, la elasticidad-ingreso del consumo de energía se reduce en la mayoría de los países del sur de Asia en el periodo posterior a 1973; las excepciones son los países poco dependientes de los hidrocarburos (India y Pakistán) y nuevamente Indonesia (cuadro 17).

Los cálculos sobre la elasticidad-producto del consumo de energía de la industria manufacturera mexicana indican que, como en el caso de Indonesia, la elasticidad aumentó de 1973 a 1979 con respecto a 1965-1973.<sup>20</sup>

En el caso de los países de América Latina, los cálculos directos sobre sus elasticidades-producto muestran aumentos en Bolivia, México, Perú y Venezuela en los setenta en comparación con el decenio anterior. Si se toma como referencia al primer quinquenio de los setenta, tal relación aumenta en el quinquenio siguiente en los casos de Argentina, Bolivia, Brasil, Ecuador, México y Venezuela (cuadro 18).<sup>21</sup>

Si se deja de lado a los países de América Latina con problemas de estancamiento (Argentina, Chile, Perú y Uruguay)<sup>22</sup> y si se toma en cuenta que como México e Indonesia, Bolivia, Ecuador y Venezuela son exportadores de hidrocarburos, es posible extraer una conclusión preliminar. Esto es, que durante la década de las dos crisis petroleras, los países dinámicos y exportadores de energía de América Latina e Indonesia fueron los únicos que mantuvieron una marcada tendencia a consumir cada vez más energía frente al resto de los países de las regiones estudiadas.

Los resultados obtenidos hasta el momento permiten definir con mayor precisión líneas de indagación sobre el objeti

20. Cfr. Villagómez, A. 1983.

21. Las comparaciones de los cambios en la elasticidad-producto del consumo de energía entre los países de las dos regiones sólo indican tendencias, dadas las discrepancias en los cálculos.

22. Es muy difícil valerse de las experiencias de estos países debido a los conflictos de toda índole acontecidos en ellos durante la década de los setenta; sucesos que repercutieron en sus ritmos de crecimiento y consumo de energía. Cfr. CEPAL, *op. cit.*

CUADRO 16

AMERICA LATINA (PAISES SELECCIONADOS), CONSUMO DE HIDROCARBUROS Y ELECTRICIDAD  
PER CAPITA, POR UNIDAD DE PIB PER CAPITA, 1960-1979  
 (TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO ANUAL)

	1960-65	1965-70	1970-75	1975-79	1960-70	1970-79
Argentina	2.18	1.71	-2.27	2.36	1.95	-0.24
Bolivia	3.67	-3.32	4.51	7.28	0.12	5.73
Brasil	0.31	0.86	-1.5	2.97	0.58	0.46
Colombia	1.97	2.31	-0.51	-1.70	2.14	-1.04
Chile	2.27	4.35	0.23	-2.61	3.31	-1.04
Ecuador	37.43	4.96	2.17	6.12	20.10	3.91
México	-0.06	1.30	1.07	2.99	0.62	1.92
Perú	1.86	1.99	0.59	0.19	1.92	0.41
Uruguay	4.0	-1.56	1.05	-2.19	1.18	-0.40
Venezuela	-0.54	1.42	1.55	5.11	0.44	3.12

Fuente: CEPAL *op. cit.*, pp. 125, 127, 194, 195.

CUADRO 17

## PAISES DE ASIA EN DESARROLLO: ELASTICIDAD-INGRESO DE LA DEMANDA DE ENERGIA

País	Periodo		País	Periodo	
<u>Sur de Asia</u>					
Bangladesh	1972-80	1.45	Tailandia	1960-80	2.57
	1973-80	1.55		1960-73	2.84
India	1960-80	0.93		1973-80	0.97
	1960-73	0.81			
Pakistán	1973-80	0.89	<u>Productores</u>		
	1961-80	0.95	Burma	1960-80	0.31
Sri Lanka	1961-73	1.12		1961-73	0.67
	1973-80	1.14		1973-80	0.56
	1960-80	0.80	Indonesia	1960-80	1.30
	1960-73	0.82		1960-73	0.34
	1973-80	0.79		1973-80	2.46
<u>Este y sureste de Asia</u>					
Corea del Sur	1960-80	1.32	Malasia	1960-80	1.55
	1960-73	1.52		1960-73	1.77
	1973-80	1.00		1973-80	0.51
Filipinas	1960-80	1.89			
	1960-73	2.71			
	1973-80	0.86			
Singapur	1960-73	1.47			
	1960-73	1.50			
	1973-80	1.11			

Fuente: Morales Siddayao, *op. cit.*, pp. 37-39.

CUADRO 18  
AMERICA LATINA, PAISES SELECCIONADOS

Elasticidad-producto <sup>a</sup>	Del consumo de energía <sup>b</sup>				Per cápita	
	60-65	65-70	70-75	75-79	60-70	70-79
Argentina	1.80	1.60	0.40	2.89	1.70	0.88
Bolivia	2.36	0.06	2.45	8.69	1.05	3.68
Brasil	1.20	1.19	0.80	1.78	1.19	1.08
Colombia	2.20	1.84	0.86	0.51	1.96	0.70
Chile	1.88	3.31	0.92	0.51	2.48	-0.31
Ecuador	1.57	3.13	1.42	2.72	2.41	1.87
México	0.98	1.38	1.48	2.52	1.18	1.91
Perú	1.64	3.03	1.31	0.86	1.92	2.29
Uruguay	-8.92	0.14	2.61	0.45	3.80	0.80
Venezuela	0.83	2.15	2.33	5.79	1.20	3.79

$$a = \frac{\text{TMCA CE}}{\text{TMCA PIB}}$$

b. Hidrocarburos y electricidad.

Fuente: CEPAL, *op.cit.*, pp. 125, 127, 194 y 195.

vo primordial de la sección: situar el aumento en el consumo de energía de México comparativamente frente a otros países subdesarrollados.

Se ha visto que México, como otros países exportadores de hidrocarburos, ha recurrido más al uso de energéticos no renovables que otros países en proceso de industrialización continua.

A continuación se incluirán otras variables agregadas que permiten profundizar las razones de tales diferencias. Se hará énfasis en aquellos países que, como México, experimentaron un proceso sostenido de industrialización, es decir, en los llamados "NICs": Corea del Sur, Brasil, Filipinas, Singapur y Tailandia. Se hará referencia también a los otros países dinámicos y exportadores (Ecuador, Indonesia y Venezuela) y, en menor medida, a Colombia y Bolivia.<sup>23</sup>

#### *a) Consumo de energía y procesos de industrialización*

En los apartados anteriores se mostró que los países del sur de Asia tuvieron, durante la segunda mitad de los setenta, tasas de crecimiento del PIB por habitante superiores a las de sus equivalentes de América Latina -México inclusive- no obstante las reducciones en el crecimiento de su consumo de energía.

En efecto, se observa que los países importadores de energía del sur de Asia, tomados en conjunto, mostraron mayores tasas de crecimiento en su PIB y menores tasas de crecimiento del consumo final de energía que los países latinoamericanos importadores de energía. El contraste es mayor respecto a los países exportadores netos de hidrocarburos de ambas regiones. Lo anterior es válido si se toman como referencia tasas absolutas o por habitante, y fue más notorio a partir del año de 1973 (cuadro 19).<sup>24</sup>

23. Es problemático incluir a estos dos países en el estudio. Colombia dejó de ser exportador neto de energía durante los años setenta (cuadro 10) y la información para Bolivia parece ser poco confiable.

24. No obstante que hay certeza sobre la validez general de tales conclusiones, es necesario mencionar los posibles sesgos debidos a ciertas divergencias en la información. Las cifras de consumo de los países latinoamericanos sólo incluyen a los hidrocarburos y a la electricidad, y la información más reciente para este grupo de países es del año de 1979, mientras que la correspondiente a los del sur de Asia incluye a 1980.

CUADRO 19  
TMCA DE ALGUNOS INDICADORES ECONÓMICOS  
(1970-1979 Y 1980)

Periodo	País	PIB	Consumo de energía	PIB per cápita	Consumo de energía per cápita	Población	Agricultura	Manufacturas	Construcción	Transporte
1970-80	Filipinas	6.0	3.6	3.4	0.9	2.7	4.8	7.0	13.9	8.5
	Tailandia	7.1	6.5	4.6	3.9	2.6	4.5	10.5	5.8	6.9
	Corea del Sur	8.2	8.7	6.6	7.0	1.7	1.4	14.3	9.5	12.8
	Singapur	8.7	8.5	7.2	7.4	1.5	2.7	9.7	7.0	13.4
	Malasia			5.1	4.3					
	Indonesia			5.0	9.0					
1970-79	Brasil	8.9 (12.8) <sup>a</sup>	10.4	6.2	6.7	2.5	5.1 (6.4) <sup>a</sup>	9.5 (13.9) <sup>a</sup>	(17.6) <sup>a</sup>	(14.0) <sup>a</sup>
	Colombia	5.9	7.0	3.7	2.6	2.2	4.8	6.8		8.7 <sup>a</sup>
	Bolivia	4.8	9.2	2.2	8.0	2.5	3.1	5.7		3.1
	Venezuela	4.8	--	1.2	4.4	3.6	3.6	5.4		7.1
	México	5.4	6.1	2.2	4.2	3.2	2.1	6.1	(10.1)	9.0
		(8.1)	(8.4)			(3.1)	(1.2)	(7.1)		
	Ecuador	7.8	12.6	4.7	7.9	3.0	4.2	10.2		8.1 <sup>a</sup>
1973-80	Filipinas	6.0	3.3	3.4	0.6	2.7	4.7	6.3	15.0	8.5
	Tailandia	7.1	5.8	4.7	3.3	2.5	4.0	9.5	11.0	7.3
	Corea del Sur	7.5	8.9	5.9	7.3	1.6	0.2	12.4	10.4	12.0
	Singapur	7.4	6.2	6.1	4.8	1.4	1.8	5.1	7.3	10.9
	Malasia			4.7	2.8					
	Indonesia			4.6	10.8					
1976-79	Brasil	6.5	10.2	3.9	7.0	2.4	3.8	6.9		(12.0) <sup>b</sup>
	Colombia	5.7	6.4	3.6	1.8	2.2	4.3	6.1		10.0 <sup>a</sup>
	Bolivia	3.6	9.9	1.0		2.6	0.2	5.4		-0.7
	Venezuela	4.9	9.5	1.2	6.4	3.6	2.6	5.7		4.9
	México	5.1	8.6	2.1	5.1	3.0	2.6	6.3		8.9
	Ecuador	6.9	14.3	3.7	10.1	3.1	2.8	11.5		7.3 <sup>b</sup>

a. 1970-78

b. 1976-78

Notas: Cifras para América Latina sobre consumo de petróleo y electricidad.

Cifras en paréntesis de México, NAFINSA, *op. cit.*

Cifras en paréntesis de Brasil, al tomar índices reales de la producción con el año de 1970 como base.

Fuentes: Cuadros 2.1, Morales Siddayao, NAFINSA y CEPAL, *op. cit.*

En efecto, las tasas medias de crecimiento económico anual del primer grupo de países fluctuaron de 1973 a 1980: entre 6% (Filipinas) y 7.5% (Corea del Sur) y las correspondientes al consumo final de energía entre 3.3% (Filipinas) y 8.9% (Corea del Sur). Las relativas a los países de América Latina se ubicaron de 1973 a 1979: entre 6.9% (Ecuador) y 3.6% (Bolivia) y entre 6.4% (Colombia) y 14.3% (Ecuador), respectivamente.

Tales disparidades se mantuvieron en las variables *per cápita*. Durante el periodo 1973 a 1980, el crecimiento del PIB por habitante en los países de industrialización nueva del sur de Asia fluctuó entre 3.4% (Filipinas) y 6.1% (Singapur) mientras que sus TMC del consumo de energía *per cápita* fueron 0.6% y 2.8% respectivamente. Las tasas para el PIB fueron de 3.6% y 3.9% y para el consumo final de energía de 1.8% y de 7% en Colombia y Brasil, respectivamente.

En los casos de los países exportadores de energía, las diferencias respecto a las del resto de los países dinámicos del sur de Asia fueron aún más notorias. Las tasas *per cápita* de crecimiento económico anual, de 1973 a 1979 o 1980, fueron de 1% en Bolivia, de 1.2% en Venezuela, 2.1% en México, 3.7% en Ecuador y de 4.6% en Indonesia, mientras que las tasas de crecimiento del consumo por habitante de energía fueron de 8.3%, 6.4%, 5.1%, 10.1% y 10.8%, respectivamente.

Podría argumentarse que aquellos países con una clara tendencia a consumir energía a tasas crecientes fueron los que experimentaron un marcado proceso de industrialización. La experiencia en los países estudiados muestra que tal argumento carece de fundamentos.

Fueron los países de industrialización reciente del sur de Asia, importadores netos de energía, los que experimentaron el mayor crecimiento manufacturero sin haber sido los que más aumentaron su consumo energético.

La industria manufacturera creció, entre 1973 y 1979-1980, a una tasa media anual de 12.4% en Corea del Sur, y su consumo final de energía a un promedio de 8.9% anual; tales tasas son de 9.5% y 5.8% en Tailandia; de 6.3 y 3.3% en Filipinas y de 5.1 y 6.2% en Singapur. En contraste, las tasas correspondientes a los países de América Latina, exportadores netos de hidrocarburos, fueron de 11.5% y 14.3%: en Ecuador de 6.3%, y 8.6% en México, 5.7% y 9.5% en Venezuela y de 5.4% y 9.9% en Bolivia. Brasil registró tasas de crecimiento manufacturero y de consumo energético considerables: de 6.9% y de 10.2%, respectivamente.<sup>25</sup>

<sup>25</sup> Morales Siddayao, la fuente de información sobre los países del sur de Asia no proporciona cifras sobre el creci-



O sea que, salvo en el caso de Brasil y en menor medida en el de Singapur, el ritmo de crecimiento manufacturero de los importadores netos de energía fue menor al aumento en su consumo de energía. Lo opuesto sucedió con los exportadores de la misma.

Si a esto se agrega que el crecimiento del sector agrícola y, en cierto sentido, el de los transportes fue, durante el mismo lapso, similar para el conjunto de países estudiados, puede afirmarse que los NICs del sur de Asia fueron los más dinámicos, con un ritmo de crecimiento manufacturero mayor al de México y con tendencias más bajas al consumo energético.<sup>26</sup>

El resultado vendría a reforzarse si la estructura económica de estos países fuera similar.

La información disponible (cuadros 20 y 21) muestra que la participación de la industria y de las manufacturas en el PIB es muy similar entre los países de industrialización reciente. Las proporciones son más altas para México y Brasil en 1970, y muy similares para el conjunto de los NICs en 1980. En este último año, la contribución del sector industrial de México, Filipinas y Singapur a sus respectivos PIBs fluctuó entre 35% y 37%; fue de 39% en Corea del Sur y de 29% en Tailandia.<sup>27</sup>

Es posible que la profundización del crecimiento industrial en los países asiáticos durante los setenta haya estado acompañada por una mayor dinámica en la producción de bienes no intensivos de energía y probablemente por la adopción de tecnología más eficiente en el uso de la energía. Sin embargo, tales posibilidades no contradicen la propuesta de que los mayores requerimientos de energía de México durante el período no se explican exclusivamente por el proceso de industrialización que experimentó durante la década pasada.

Antes de presentar una reflexión sobre las razones que, en general, podrían explicar las divergencias entre los crecimientos del consumo de energía de México y del resto de los NICs, es de interés hacer algunos comentarios respecto a la dinámica de uno de los sectores que más consumen energía: el de transportes.

---

miento de la industria manufacturera de Indonesia.

26. La apreciación es independiente de la reducción en los ritmos de crecimiento experimentada por los primeros después de la primera crisis del petróleo, pues los de México continuaron siendo más bajos.

27. La participación de las manufacturas en el PIB fue de 23%, 26%, 28% y 20%, respectivamente, y de 30% en Brasil.

**CUADRO 20**  
**INDICADORES INDUSTRIALES DE MEXICO Y DE PAISES ASIATICOS SELECTOS**

Países	Participación de la industria en el PIB			Participación de las manufacturas en el PIB		
	1960	1970	1980	1960	1970	1980
<u>Sur de Asia</u>						
Bangladesh	7	10	13	5	7	7
India	20	22	26	14	14	18
Pakistán	16	23	25	12	16	16
Sri Lanka	20	20	30	15	12	18
<u>Este y sureste de Asia</u>						
Corea del Sur	20	27	39	14	18	28
Filipinas	28	30	37	20	23	26
Singapur	18	30	37	12	20	28
Tailandia	19	25	29	13	16	20
México	29	31	35	19 <sup>b</sup>	21 <sup>b</sup>	23 <sup>b</sup>
Países pobres <sup>a</sup>	18	20	35	12	12	15
Países intermedios	32	35	37	23	22	25
Países industriales	40	40	37	30	29	27

a. Incluye productores de petróleo,  
como China e Indonesia.

b. Excluye minería, petróleo, carbón, electricidad y construcción.

Fuentes: Morales Siddayao, *op. cit.*, y NAFINSA (77) pp. 29-34.

## CUADRO 21

AMERICA LATINA: PAISES SELECCIONADOS  
PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA MANUFACTURERA  
EN LA GENERACION DEL PRODUCTO<sup>a</sup>

	1960	1970	1975	1979
Argentina	26.3	30.2	32.0	30.1
Bolivia	11.4	14.3	14.9	15.9
Brasil	25.8	28.4	29.7	30.3
Colombia	16.4	17.5	18.4	18.7
Chile	24.9	27.2	22.9	23.7
Ecuador	15.1	16.8	17.1	20.2
México	19.2	23.2	23.6	24.7
Perú	18.7	20.7	21.6	20.3
Uruguay	22.8	23.0	23.7	25.5
Venezuela	12.9	15.0	15.1	15.5

a. Porcentajes del PIB total a precios constantes de 1970.

Fuente: CEPAL, *op. cit.*

Aun cuando se argumente que el crecimiento promedio de los transportes fue similar en los países estudiados (cuadro 19), existen divergencias en la proporción de energía dedicada a éste.

En México los transportes constituyen el sector de mayor consumo final de energía. Tal característica, ya notable en 1970, se agudizó en 1980 y contrasta con todos los demás países que se analizan (cuadros 12, 13 y 14).

La información al respecto indica que la proporción de energía dedicada al transporte mexicano subió de 28.7% en 1970 a 35.2% en 1980, según OLADE; de 37.3% a 39.4%, según los Balances de Energía (B de E) y de 39.2% a 44.4% de acuerdo al Programa Nacional de Energía de 1984 (PNE). En contraste, la dedicada a la industria bajó de 28.7% a 26.7% (OLADE), de 38.0% a 33.1% (B de E) en los mismos años y de 43.1% a 36.2% de 1970 a 1982 según el PNE.

La experiencia de Brasil fue distinta, pues la proporción de energía dedicada a sus transportes prácticamente no se modificó entre 1970 y 1982 (29.8% y 29.2%) y la usada en la industria subió de 36% a casi 40%.

La información disponible para los países del sur de Asia sugiere la existencia de disparidades similares entre los NICs de esa región y México.

La proporción del consumo final de energía dedicada al transporte en los primeros es inferior a la dedicada a la industria. Corea del Sur destinó sólo 12% de su consumo final a los transportes y 44.3% a la industria; las proporciones para Tailandia fueron de 32% y de 37.3%, respectivamente; para Singapur de 33% y 38%, y para Filipinas de 35.1% y 41.3%.<sup>28</sup>

A las disparidades percibidas se agregan otras más surgidas de la revisión de los ritmos de crecimiento del sector de transportes y del manufacturero (cuadro 19). En México, el primero creció a tasas mayores que el segundo (1970 a 1979), lo opuesto sucedió en Corea del Sur y Tailandia durante 1970-1980 y 1973-1980; y las tasas de crecimiento de ambos sectores fueron similares en Brasil de 1970 a 1978. Los transportes crecieron más que la industria manufacturera en Filipinas, pero la diferencia es menor que la de México, y lo contrario se aplica en el caso de Singapur.<sup>29</sup>

Si se toman en cuenta los fuertes requerimientos de energía de un sector de transportes que, como el mexicano, se basa en los automóviles y el transporte carretero y que, como consecuencia, depende en forma abrumadora de los petrolíferos, los resultados obtenidos hasta el momento indican que el dinamismo de tal sector explica parte de la tendencia de México por consumir energía a tasas crecientes.<sup>30</sup>

28. Las disparidades en el uso sectorial de energía son aún más notorias en el resto de los países exportadores de energía de América Latina; Bolivia dedica el 40.5% de su consumo final de energía a su industria y el 49.1% a los transportes; las proporciones respectivas son de 23% y 42.8% en Ecuador, y de 44.7% y 47.5% en Venezuela. La información disponible sobre Indonesia impide incluir a este país en las comparaciones (cuadros 20 y 21).

29. En Venezuela, de 1970 a 1979, los transportes crecieron más que la industria manufacturera y lo contrario sucedió en Bolivia y Ecuador.

30. Es posible que algo similar haya sucedido en otros países exportadores netos de hidrocarburos: Ecuador, Indonesia y Venezuela. Las cifras de los cuadros sobre su dinámica manufacturera y de los transportes así lo señalan. Haré falta sin embargo, un estudio comparativo más detallado, dado que

Por lo tanto, los aumentos observados de tales requerimientos se oponen a la hipótesis que usa al crecimiento industrial como la variable explicativa. Parece más viable proponer como hipótesis que el tipo de industrialización seguida por México, caracterizada entre otros elementos por un sesgo hacia la producción automotriz, explica su marcada tendencia al consumo de energéticos no renovables.<sup>31</sup>

En efecto, la industria automotriz ha sido, desde los años sesenta, una de las ramas manufactureras más dinámicas de México. Desde 1960 hasta 1981 dicha industria creció más que el PIB manufacturero y que el global; la producción de automóviles es, además, la sección más importante de dicha industria.<sup>32</sup>

Dentro de la producción automotriz terminal, es la producción de automóviles la que más rápido evolucionó con respecto a la de camiones de carga y de pasajeros en términos de unidades producidas.

Con ello, de 1970 a 1980 la proporción de automóviles en la producción total de unidades automotrices sube de 68.9% a 73% disminuyendo la de camiones de carga y la de autobuses de pasajeros en los mismos años.<sup>33</sup>

*d) Precios de la energía y políticas  
de conservación y uso eficiente*

En este inciso se estudiarán dos aspectos adicionales que podrían explicar las diferencias entre procesos de crecimiento y tendencias sobre el consumo de energía de los países asiáticos y latinoamericanos, y de México en particular: las diferencias en los precios internos de la energía y la presencia o ausencia de políticas nacionales de conservación o uso eficiente de la misma.

su proceso de industrialización es más reciente y menos marcado.

31. No ha sido posible contrastar la experiencia con el resto de los NICs, labor necesaria para indagar la validez de esta hipótesis.

32. Durante el periodo 1970 a 1981 las TMCA de las ramas: automotriz total, automotriz terminal y autopartes, fueron de 11.1%, 12.3% y 9.4%, respectivamente, mientras que las experimentadas por el PIB manufacturero y el PIB global fueron de 7.2% y 6.7% en este orden. Cfr. SPP, octubre 1982, cuadro 2.6, p. 17.

33. *Ibid*, cuadro 1.3, p. 10.

A partir de la información existente se analiza si las tendencias observadas sobre el marcado crecimiento en el consumo de energía de México y otros países exportadores de hidrocarburos pueden vincularse, en este último grupo de países, a precios internos menores a los de sus contrapartes y a la ausencia de otras medidas que lo regulen.

Durante los años setenta, aquellos países que mantuvieron bajos precios de la energía fueron precisamente los mismos que experimentaron notables aumentos en el consumo final de la misma. Este fue el caso de los países exportadores netos de hidrocarburos: Bolivia, Ecuador, Indonesia, México y Venezuela. Los precios internos de los derivados del petróleo y del gas se mantuvieron y se mantienen a niveles bajos en comparación con los observados en el resto de países en proceso de industrialización.

El trabajo de Thomas Sterner sobre los precios de las gasolinas (noviembre 1983) presenta información sobre los cambios en los precios de algunos productos petrolíferos, tomando como base al dólar de 1970. Si se dejan de lado los sesgos ocasionados por las devaluaciones sucedidas en algunos de los países incluidos, puede afirmarse que la disparidad existente en 1970 en los precios de las kerosinas, del combustóleo y de la gasolina regular entre los dos conjuntos de países se amplía en el transcurso de los años setenta.<sup>34</sup>

Dentro del primer grupo de países, Venezuela tuvo los más bajos precios de tales derivados en 1980 y 1981; le siguieron Indonesia y México en los casos de las kerosinas y del combustóleo y México e Indonesia en el caso de la gasolina regular. En contraste, los precios de dichos derivados fueron considerablemente más elevados en Tailandia, Brasil y Filipinas.<sup>35</sup>

En 1970, el precio interno de las kerosinas fue el mismo en México y Venezuela; un poco más elevado en Indonesia y Filipinas; el doble en Tailandia y casi el triple en Brasil. En 1981 el precio más bajo de dicho derivado fue el de Venezuela; el de Indonesia y México lo duplicó, fue más del triple en Tailandia; casi cuatro veces en Brasil y más de cinco veces en Filipinas.

34. Más adelante se realiza el mismo tipo de comparaciones usando un procedimiento distinto, que evita los sesgos aludidos. Las comparaciones sobre los cambios de los precios internos de la energía entre países se hacen tomando como base los precios internos vigentes en 1973. Tal estudio sólo fue posible para México y los países del sur y Asia.

35. Sterner no presenta información para el resto de los países estudiados.

Algo similar sucedió con los precios del combustible, pero en forma menos marcada. Aunque desde 1970 a 1978, éstos subieron en Venezuela, Indonesia y México, lo hicieron en menor medida que en los demás países, con excepción de Tailandia. En 1978, el precio más bajo correspondió a Venezuela; le siguieron Indonesia y México, en ese orden; el precio fue un poco mayor en Tailandia y Brasil y alrededor de un 40% más elevado en Filipinas con respecto al vigente en México.

Los precios de la gasolina regular siguieron patrones similares. Sin embargo, las disparidades entre los vigentes en los países exportadores y los de los importadores netos de energía crecieron de manera considerable. Dichos precios bajaron en Venezuela en 1981 respecto a 1960; se mantuvieron en el mismo nivel en México, Indonesia y Ecuador durante el mismo lapso y aumentaron notablemente en Brasil y Tailandia, sobre todo después de la primera crisis petrolera.

*Energy Détente* aporta información adicional sobre los precios de otros derivados para el año 1983; el dólar corriente es ahora la moneda de referencia. Esta indica que en dicho año el precio de diesel en México fue uno de los más bajos, no obstante que el de Venezuela fue nuevamente inferior. El precio vigente en Indonesia fue 1.7 veces más alto que el de México, y el de Brasil 3.6 veces superior.

La información sobre los precios del gas natural y del licuado amplían el marco de disparidades entre algunos países de América Latina exportadores de hidrocarburos y Brasil. El precio del primero fue similar en México y Bolivia; muy inferior al de éstos en el caso de Venezuela y seis veces superior al de México en Brasil.

El precio del gas licuado fue en México el más bajo entre un amplio conjunto de países: el de Bolivia fue, por ejemplo, dos veces mayor, el de Venezuela 1.5 y el de Brasil cuatro veces mayor.<sup>36</sup>

Una vez estudiada la evolución de los precios internos de la energía en México, frente a la de los países latinoamericanos seleccionados, y siguiendo el orden de presentación adoptado, se concluirá el estudio comparando la evolución de los precios en México y en los países asiáticos de industrialización reciente. La información se refiere a los cambios en los precios internos de algunos derivados del petróleo ocurridos durante fines de los setenta y principios de los ochenta, tomando como base al año de 1973 (cuadros 22 y 23).

Los aumentos en los precios internos de la gasolina regular registrados en 1975, 1977 y 1981 fueron menores en Singapur e Indonesia respecto a México, Corea del Sur y Tailandia.

36. Cfr. Willars, J. M. (agosto, 1984), pp. 40-47.

## CUADRO 22

PAISES DEL ESTE Y SURESTE DE ASIA: INDICES DE PRECIOS AL PUBLICO DE REFINADOS (1973=100)

	Año	Gasolina regular	Kerosinas	Combustóleo
Indonesia, Jakarta	1975	139	139	254
	1977	171	156	295
	1979	163	143	-
	1981	243	219	401
Corea del Sur, Seúl	1975	116	110	213
	1977	141	81	177
	1979	203	103	259
	1980	252	144	365
Filipinas, Manila	1975	361	312	350
	1977	471	338	404
	1979	589	438	406
	1981	1,306	869	451
Singapur	1975	118	50	259
	1977	122	57	260
	1979	147	113	268
	1981	194	155	620
Tailandia, Bangkok	1975	164	125	225
	1977	188	139	250
	1979	354	217	448
	1981	546	317	694

Fuente: Morales Siddayao, *op. cit.*



CUADRO 23  
PRECIOS DE VENTA AL PÚBLICO EN LA CIUDAD DE MÉXICO

	Pesos por Unidad	Incremento de precios (%)											
		1973	1975	1977	1979	1980	1981	1982	73-75	73-77	73-79	73-80	73-81
Gas natural <sup>e</sup>	M <sup>3</sup>	.14	.44	.51	.74 <sup>a</sup>	.78 <sup>a</sup>	.83 <sup>a</sup>	1.26 <sup>a</sup>	214.28	264.28	428.57	457.14	492.85
Gas licuado	Kg.	.85	2.98	2.40	2.40	2.50 <sup>c</sup>	3.15 <sup>a</sup>	4.72 <sup>a</sup>	144.70	182.35	182.35	194.11	270.58
Gasolina Nova	Lt.	1.40	2.10	2.80	2.80	2.80	6.00 <sup>b</sup>	20.00	50.0	100.0	100.0	100.0	328.57
Gasolina Extra	Lt.	2.00	3.00	4.00	4.00	7.00 <sup>c</sup>	10.00 <sup>b</sup>	30.00 <sup>b</sup>	50.0	100.0	100.0	250.0	400.0
Kerosinas <sup>e</sup>	Lt.	.45	.70	.94	.94	.97	1.21 <sup>d</sup>	9.12 <sup>b</sup>	56.5	108.8	108.8	215.5	168.8
Diesel	Lt.	.32	.50	.65	1.00	1.00	2.50 <sup>b</sup>	10.00 <sup>b</sup>	56.3	103.1	212.5	212.5	681.3
Combustóleo <sup>e</sup>	M <sup>d</sup>	126.47	215.00	280.00	306.06 <sup>a</sup>	370.83 <sup>a</sup>	483.04 <sup>a</sup>	796.86 <sup>a</sup>	70.0	121.4	142.01	193.21	281.9

a. Promedio del año

b. A partir de diciembre

c. A partir del 21 de noviembre

d. A partir de junio

e. Promedio de todos los tipos

Fuente: PEMEX, *Anuario Estadístico 1982*, pp. 129-132.

Los aumentos en los precios en México y Corea son similares a los de Tailandia, y los de Filipinas son mayores. Este último fue el país que más aumentó el precio de la gasolina regular, siendo en 1981 muy superior al vigente en cualquier otro país.

Las discrepancias coinciden en cierta medida con las observaciones hechas en la sección anterior sobre el crecimiento relativo del sector de transportes.<sup>37</sup>

El mayor crecimiento de dicho sector en Singapur, respecto al mexicano, coincide con los aumentos más reducidos en el precio de la gasolina del primer país frente al segundo. La misma relación se da para México y Tailandia. Los mayores aumentos en el precio de la gasolina del segundo coinciden con ritmos menores de crecimiento de sus transportes.

En cuanto a México y Corea del Sur, se observa que los aumentos poco pronunciados en los precios de la gasolina se vinculan a elevados ritmos de crecimiento de los sectores en cuestión.

Filipinas es la excepción, pues al tiempo que registró los aumentos más altos en los precios de su gasolina, experimentó el más elevado ritmo de crecimiento en el sector de transportes. Esto tiene una posible explicación: que el aumento más elevado en el precio de su gasolina acontece de 1979 a 1981 y la información disponible sobre la dinámica de sus transportes sólo abarca hasta el año de 1980. Como consecuencia, el impacto de este aumento en el ritmo de crecimiento de tal sector no está presente en las cifras usadas.

Las cifras de los cuadros 22 y 23 aportan información adicional sobre cambios ocurridos en los precios de otros dos derivados del petróleo: las kerosinas y el combustóleo.

Los aumentos en los precios de las primeras fueron menores en Indonesia, Corea del Sur y, sobre todo, en Singapur respecto a México y Tailandia. Filipinas es de nuevo el país que más los aumentó.

En el caso de los precios internos del combustóleo, México fue el país en que menos aumentaron; los incrementos fueron mayores en Corea del Sur e Indonesia, mientras que en Filipinas, Singapur y Tailandia fueron aún más pronunciados.

Los resultados de los cambios en los precios de los prin-

37. Cabe aclarar que los datos del sector transporte del cuadro de referencias (19) incluyen otras actividades, como las comunicaciones. Este tipo de agregación, más el hecho de que no todo el consumo energético del sector es de gasolinas, conduce a sesgos inevitables. Las conclusiones hechas al respecto deben, por tanto, tomarse como hipótesis, sujetas a profundizarse.

cipales productos petrolíferos amplían las consideraciones hechas sobre la ubicación del consumo final de energía en México en el contexto internacional.

Al igual que otros países petroleros dinámicos, este país mantuvo durante los setenta y parte de los ochenta los precios de la energía para el consumo final por debajo de los vigentes en otros países en proceso de industrialización.

Esto, sin embargo, no repercutió en un mayor ritmo de crecimiento económico respecto al resto de los NICs. Tal parece que los precios bajos de la energía favorecieron al sector de transporte individual y, definitivamente, influyeron en las tendencias al consumo final de la misma. Como consecuencia, México, al igual que los otros países exportadores netos de energía, experimentó aumentos mayores en el ritmo de crecimiento de su consumo energético final.

Existe una consideración adicional, relevante para este estudio comparativo. Los aumentos mayores en los precios de los derivados ocurridos en los países más dinámicos del sur de Asia se enmarcan dentro de una política más amplia de conservación y uso eficiente de la energía.<sup>38</sup>

La puesta en práctica de medidas conducentes a la conservación y al uso eficiente de la energía en los NICs asiáticos se inició unos años antes del fin de la década de los setenta. En contraste, en 1982 el gobierno de Indonesia hizo oficial su preocupación al respecto.

A partir de 1977 Corea del Sur decidió aumentar los precios de la energía en tal forma que coincidieran con los vigentes en el mercado mundial y que reflejaran sus "costos reales". Singapur, por su parte, adoptó una política de "precios realistas". En Tailandia se decidió ajustar paulatinamente los precios internos de la energía a los prevalecientes en el mercado internacional, mientras que Filipinas los aumentó en forma notable.

El propósito de estos países, de ajustar los precios de la energía conforme al mercado mundial, coincidió con la adopción de otro tipo de medidas dirigidas al uso más eficiente de la misma. Entre ellas destacan los incentivos fiscales y financieros; las regulaciones en el uso de automóviles; el establecimiento de estándares de uso de la energía en la industria, en el comercio y en el sector residencial; las campañas de información y asesoría y algunos esfuerzos en materia de investigación y desarrollo de fuentes alternativas de energía.<sup>39</sup>

<sup>38</sup>. El trabajo de Morales Siddayao sobre "políticas de conservación de la energía" documenta al respecto.

<sup>39</sup>. Destaca el de Filipinas por sustituir las gasolinas por el gas-alcohol. Cfr. Morales Siddayao, cuadros 2 y 3.

No cabe duda que la puesta en práctica de medidas de conservación y uso eficiente de la energía en los NICs del sur de Asia repercutió en reducciones en las tasas de crecimiento de su consumo energético, sin que se impusiera un freno a sus procesos de crecimiento económico e industrialización.

En contraste, los países de América Latina —exceptuando Brasil— y México en particular, así como otros países exportadores de hidrocarburos (Indonesia), no mostraron a nivel oficial una preocupación por la conservación y el uso eficiente de la energía sino hasta ya entrados los años ochenta o, cuando mucho, hacia fines de los setenta.<sup>40</sup>

En el caso de México, la preocupación oficial existente durante los primeros años de la década pasada vuelve a surgir sólo hasta 1980 en el "Programa de Energía" de dicho año.

No es, por tanto, aventurado afirmar que los aumentos más pronunciados en el crecimiento del consumo de energía se expliquen por la ausencia de medidas efectivas de conservación y uso eficiente de la misma y de una política de precios tendientes a regular la demanda.

El contraste entre lo sucedido en México y la experiencia de otros países que como él tuvieron un proceso de industrialización pronunciado, permite proponer que no fue dicho proceso en abstracto el que explica el notable crecimiento en el consumo final de energía experimentado por México durante la década de los años setenta. Más bien, estos aumentos fueron consecuencia de la celeridad con la que creció su sector de transportes, del sesgo en su industrialización hacia la producción de bienes muy dependientes de los hidrocarburos (automóviles en particular); de la existencia y permanencia de precios bajos de la energía y de haber pospuesto la puesta en práctica de medidas dirigidas a la conservación y al uso más eficiente de la misma.

40. SEPAFIN, "Primer Seminario de Economías de Energía" (agosto 1978).

## Capítulo II



## **Consideraciones sobre los estudios sectoriales**

El estudio global llevado a cabo en el capítulo anterior, permitió poner de manifiesto algunos rasgos generales de la dinámica del consumo energético en México para el periodo reciente (1970-1982). A través de esta aproximación agregada, a la demanda y a algunos factores que condicionaron su evolución, y de la comparación con la experiencia vivida en otros países en desarrollo, se demostró una tendencia definida al uso poco eficiente de la energía y una marcada propensión al derroche de los recursos en el país. Sin embargo, el tratamiento global del tema presenta limitaciones claras para la formulación de propuestas concretas que se orienten a la definición de las líneas básicas de una política para el uso eficiente y la conservación de la energía. La superación de tales restricciones obliga al análisis desagregado por sectores. Se hace necesario, al mismo tiempo, precisar las especificidades de los mismos e incluso las diferencias intrasectoriales, que faciliten la comprensión acertada de los facto-

res determinantes del grado de eficiencia con que se utiliza la energía en México.

El contenido energético de un producto o de un servicio es tributario tanto de las elecciones tecnológicas como de las opciones económicas y sociales retenidas. En esta medida, la interpretación de la evolución de la naturaleza de los consumos energéticos parciales, particularmente en la industria y los transportes, requiere la puesta en evidencia de la interacción entre las opciones tecnológicas y económicas posibles y las puestas en la práctica. En este estudio se pone énfasis, principalmente, en los aspectos técnicos vinculados al uso de la energía, que condicionaron su evolución hasta comienzos de la presente década. Este acotamiento del análisis se inscribe en la necesidad y conveniencia de desarrollarlo más en profundidad y no debe considerarse como parte de una concepción que desvincula el campo tecnológico del socioeconómico y político.

La posibilidad de disponer de la información necesaria y adecuada a los fines del estudio, es una fuerte restricción adicional para cualquier intento. Si las disparidades en los datos físicos del consumo energético, global o por fuentes, son significativas y hasta irresolubles, con mayor razón lo son en el caso de variables económicas. Esta consideración abarca la información existente, la que de por sí no cubre la amplia gama de necesidades que plantea un estudio como el propuesto.

Una vez realizado el análisis agregado sobre la evolución del uso de la energía en México se pasa a indagar en detalle los patrones de consumo y uso eficiente de la misma.

La forma de llevarlo a cabo es a través del examen de indicadores relevantes de las variables consideradas y para cada uno de los sectores económicos y sus componentes.

Los sectores incluidos son: el energético (hidrocarburos y electricidad), el de transportes, el industrial, el residencial, comercial y público (R.C.P.) y el rural.

El sector energético está formado por dos grandes empresas paraestatales: Petróleos Mexicanos (PEMEX) y Comisión Federal de Electricidad (CFE). La primera tiene el monopolio de la extracción de hidrocarburos y de la producción de sus derivados para usos energéticos y no energéticos, y la segunda es la productora y la distribuidora de electricidad del país.

La inclusión de este sector, que de acuerdo con la clasificación de los balances de energía no se incluye como consumidor final de energía, es, como se verá, de primera importancia en cualquier esfuerzo de conservación y uso eficiente de los recursos energéticos del país.



El sector rural se incluye por separado debido a sus rasgos en países subdesarrollados como México, en donde el contraste entre "campo" y "ciudad" es muy agudo. El limitado acceso de grandes porciones de la población que habita las zonas rurales a los beneficios del desarrollo y, en particular, a la energía comercial, obliga a un análisis por separado de la problemática energética en dichas zonas.<sup>41</sup>

Los análisis por sector cubren tres aspectos básicos:

- patrones de consumo y uso eficiente de la energía y su evolución;
- medidas para el uso eficiente y la conservación de la energía; y
- potencial de ahorro de la energía.

El orden de presentación de los estudios sectoriales tiene como base la jerarquización de éstos a partir de estimaciones sobre sus pérdidas de energía asociadas a su tipo de actividad económica, las cuales corresponden a los volúmenes de energía consumidos por cada sector y a las diversas eficiencias de transformación. El procedimiento permite ubicar de antemano la dirección de los esfuerzos por conservar y utilizar más racionalmente la energía.

El cálculo de pérdidas por sector se hace de acuerdo a su magnitud y a partir de los balances nacionales de energía de 1975, 1980, 1981 y 1982.

Si bien las pérdidas del sector energético pueden obtenerse directamente de tales balances, no sucede lo mismo con las incurridas por los sectores de consumo final. A manera de aproximación se aplican estimaciones gruesas sobre las magnitudes de las mismas, suponiendo que éstas son del orden de 75% del consumo de los sectores de transportes y agropecuario<sup>42</sup> y de 25% en los casos del industrial y el R.C.P. (cuadro 24).<sup>43</sup>

41. Uno de los componentes del sector rural es el subsector "campesino", formado por unidades de producción que son a la vez unidades domésticas de consumo. Esta última característica podría haber llevado a incluir a los campesinos en el "sector comercial, residencial y público". No se siguió este camino porque muchos de ellos no tienen acceso a la energía comercial, la que se destina principalmente a las áreas urbanas.

42. El consumo de energía no comercial, realizado sobre todo en las zonas rurales, no se incluye en los "Balances de Energía".

43. Estas estimaciones, por aproximadas que sean, son de utilidad para los propósitos de esta presentación. Dados los órdenes de magnitud de los consumos sectoriales de energía, modificar dentro de ciertos rangos realistas las proporciones,

CUADRO 24

MEXICO: DISTRIBUCION Y PERDIDAS DE ENERGIA  
DE LOS SECTORES ENERGETICOS Y DE CONSUMO FINAL  
(1975, 1980 A 1982)

	1975		1980		1981		1982	
	Pérdidas Kcalx10 <sup>12</sup>	%	Pérdidas Kcalx10 <sup>12</sup>	%	Pérdidas Kcalx10 <sup>12</sup>	%	Pérdidas Kcalx10 <sup>12</sup>	%
Energético	176.38	51.52	330.77	56.56	371.90	56.04	409.76	56.27
(Hidrocarburos)	(77.15)		(196.67)		(226.46)		(253.22)	
(Electricidad)	(92.74)		(130.18)		(143.36)		(147.98)	
(Otros)	(6.49)		(3.92)		(2.08)		(8.56)	
Transporte <sup>1</sup>	109.65	32.03	176.88	30.24	202.08	30.45	203.49	27.95
Industrial <sup>2</sup>	35.75	10.44	44.77	7.66	51.25	7.72	74.29	10.20
Residencial, comercial y público <sup>2</sup>	17.40	5.08	19.86	3.40	22.30	3.36	24.04	3.30
Agropecuario <sup>1</sup>	3.18	0.93	12.50	2.14	16.14	2.43	16.57	2.28
T O T A L	342.36	100.00	584.78	100.00	663.67	100.00	728.15	100.0

1. La pérdida se estimó suponiendo que, en general, la energía utilizada en el sector es un 25% del consumo.

2. La pérdida se estimó suponiendo que, en general, la energía utilizada en el sector es un 75% del consumo.

Fuentes: Balances Nacionales de Energía de los años respectivos y, para las proposiciones de pérdidas, Schutz, F. 1982, pp.17-28.

Los resultados obtenidos permiten inferir las siguientes consideraciones:

i) El sector energético puede llegar a explicar más de la mitad de las pérdidas de energía desde mediados de los setenta; además, los volúmenes de éstas han crecido considerablemente de 1975 a 1982.

ii) La magnitud de las pérdidas en los transportes sigue en importancia a las del energético, pudiendo explicar alrededor de 30% de las totales.

iii) El sector industrial cuenta con volúmenes de pérdidas por debajo de los dos anteriores, ubicándose entre 8% y 10% de las pérdidas totales.

iv) Los sectores R.C.P. y agropecuario cuentan con los menores volúmenes de pérdidas; éstos representan sólo alrededor de 4% y 2%, respectivamente, de las pérdidas totales. Sin embargo, hay que aclarar que la base para calcular las pérdidas del segundo tiene un sesgo a la baja, dado que la información sobre su consumo de energía ignora a la no comercial.

Antes de iniciar la presentación de los resultados de los estudios sectoriales, conviene hacer referencia a la participación de las empresas productoras (PEMEX y CFE) en las pérdidas del sector energético.

La evolución de los volúmenes de pérdidas de estos dos subsectores, de 1970 a 1982, refleja lo siguiente (cuadro 25).

i) Las pérdidas en la obtención y producción de hidrocarburos, de derivados y de petroquímicos básicos creció a un ritmo de 10.4% anual.

ii) Las correspondientes a la electricidad lo hicieron a razón de 6.4% anual.

iii) Como consecuencia, la participación del subsector hidrocarburos en las pérdidas totales del sector energético subió de 48.4% en 1970 a 61.8% en 1982 y la del eléctrico bajó de 44% a 36.1%.

iv) Es a partir de la segunda mitad del decenio pasado cuando los volúmenes de pérdidas del subsector hidrocarburos empezó a aumentar aceleradamente. Su ritmo de crecimiento promedio pasó de 2.7% anual durante el primer quinquenio de los setenta a 16.3% en el transcurso de los siete años posteriores.

Los resultados confirman una observación hecha en el capítulo anterior: la dinámica que se le imprimió al subsector hidrocarburos desde mediados de los setenta, explica gran parte del aumento en el consumo de energía observado en la economía mexicana en su conjunto.

no afectaría el lugar ocupado por tales sectores.

**CUADRO 25**  
**MEXICO: VOLUMEN Y DISTRIBUCION DE PERDIDAS**  
**DEL SECTOR ENERGETICO**

	1970		1975		1980		1981		1982	
	Pérdidas por rama Kcalx10 <sup>12</sup>	Partici- pación en pérdidas totales (%)	Pérdidas por rama Kcalx10 <sup>12</sup>	Partici- pación en pérdidas totales (%)	Pérdidas por rama Kcalx10 <sup>12</sup>	Partici- pación en pérdidas totales (%)	Pérdidas por rama Kcalx10 <sup>12</sup>	Partici- pación en pérdidas totales (%)	Pérdidas por rama Kcalx10 <sup>12</sup>	Partici- pación en pérdidas totales (%)
Hidro- carburos:	77.09	48.37	87.87	46.96	196.67	59.46	226.46	60.89	253.22	61.80
Electri- cidad:	69.97	43.91	92.74	49.57	130.18	39.36	143.36	38.55	147.98	36.11
Otras pérdidas:	12.30	7.72	6.49	3.47	3.92	1.19	2.08	0.56	8.56	2.09
Total de pérdidas en el sec- tor ener- gético	159.36	100.0	187.10	100.0	330.77	100.0	371.90	100.0	409.76	100.0

Notas: - Las pérdidas incluyen las correspondientes a transportación, distribución y almacenamiento.  
 - El renglón "otras pérdidas" se refiere al coque, carbón mineral y productos no energéticos.  
 - En los análisis de los dos principales sectores energéticos se desglosan las pérdidas.

Fuentes: SEMIP y PEMEX, Balances Nacionales de Energía, versión OLADE.

## Capítulo III



## Subsector hidrocarburos

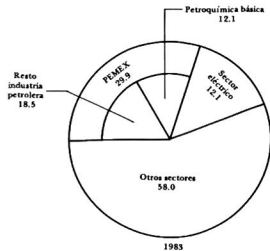
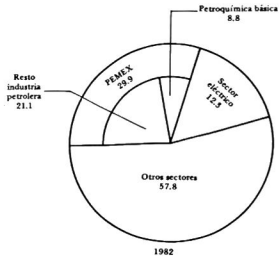
El consumo de energía de los sectores petrolero y eléctrico representó durante 1982 y 1983 el componente más importante del consumo total nacional. Dichos sectores usaron durante el bienio pasado 42% del consumo interno neto de energía, destacando Petróleos Mexicanos que demandó 29.9% de la energía de referencia, mientras que los requerimientos de la Comisión Federal de Electricidad representaron aproximadamente el 12.0% (figura 2).

La petroquímica básica, parte integrante de las actividades de PEMEX, incrementó su participación en el consumo de la empresa. Este incremento se debió principalmente a la expansión de la producción que implicó mayores volúmenes de combustible y de materia prima, pero además, al mejor aprovechamiento de los energéticos en las otras áreas de la industria petrolera en los últimos dos años.

La participación del resto de los sectores en el consumo energético nacional, 58%, es un indicador comparativo de la enorme magnitud de los requerimientos del sector energético y de Petróleos Mexicanos en particular. Por esta razón, el conocer con claridad los niveles y las condiciones del uso

FIGURA 2

# ESTRUCTURA DEL CONSUMO NETO DE ENERGÍA (PORCENTAJES)<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Respecto a la oferta interna bruta

Fuente: PEMEX, Balance de Energía 1984.



de la energía en estas industrias proporciona elementos indispensables para la formulación de políticas energéticas, en especial de las referentes a su ahorro y conservación.

Dada la gran complejidad de las operaciones del sector petrolero, intervienen una gran cantidad de factores u opciones en el uso de la energía. Prácticamente la mayoría de sus procesos son intensivos en requerimientos energéticos.

En cualquiera de las diversas etapas que integran la industria petrolera y por la gran magnitud de sus operaciones, desde la extracción, la recolección, el transporte a través de ductos y buques-tanque, el procesamiento en refinerías y plantas petroquímicas, la distribución y comercialización final, etc., se requieren de grandes volúmenes de combustibles e insumos. Petróleos Mexicanos es, por lo tanto, una industria intensiva en el uso de energía en sus distintas fases productivas y, dada la magnitud de sus operaciones, el mayor demandante de energía del país.

El análisis detallado de la estructura de los requerimientos de energía en la industria petrolera, permitiría la cuantificación del consumo energético específico por unidad de producto en cada área y facilitaría la estimación del potencial de ahorro de energía correspondiente a cierto nivel de producción.

Lograr dicho objetivo supone la existencia de un gran volumen de información, que mediante un análisis permanente a profundidad permitiría la comparación de las eficiencias económicas y energéticas asociadas a procesos o productos determinados. Este objetivo no puede conseguirse debido a las limitantes en la información que existen en el presente.

Sin embargo, se tiene como propósito presentar, al menos, una visión global del consumo de energía en la industria petrolera, tomando como base la información contenida en los Balances de Energía de México y cifras publicadas en documentos de difusión amplia. En este sentido, la magnitud del consumo no necesariamente proviene de datos directos, sino que es derivada, en parte, del esquema global de los balances energéticos.

Bajo este esquema, un tema básico desde el punto de vista metodológico, es determinar cuáles son los aspectos principales que explican el consumo de energía en PEMEX.

## EL CONSUMO Y LAS PERDIDAS DE ENERGÍA DE PETRÓLEOS MEXICANOS

En general, Petróleos Mexicanos, dado el carácter de sus operaciones, consume volúmenes significativos de gas natural, genera y es un gran demandante de energía eléctrica y requiere

re de combustóleo, gasolinas, diesel, naftas y gas licuado. De las características del uso de los energéticos destaca que:

i) Un componente importante de los requerimientos de petrolíferos y gas natural es para su utilización como combustibles, con el propósito de aportar la energía calorífica para llevar a cabo el proceso productivo, generar vapor, producir electricidad, operar equipos de perforación, transporte, etcétera.

ii) Algunos hidrocarburos y derivados se utilizan también como materia prima en la petroquímica. El tipo de proceso de producción y los rendimientos de las reacciones químicas en los que se utilizan estos energéticos-materia prima delimitan en forma precisa la cantidad de insumos por unidad producida.

iii) Los rubros de pérdidas, mermas y energía no aprovechada que se evidencian en los balances energéticos reflejan, en parte, las serias dificultades en que se encuentra la empresa para hacer un uso eficiente de los energéticos de que dispone.

En el cuadro 26 se presenta una consolidación del consumo de energéticos en Petróleos Mexicanos durante 1982 y 1983. Dicho consumo se ha separado en cuatro grandes rubros: petróleo crudo, gas natural, petrolíferos y petroquímica básica, respecto de los cuales conviene destacar algunos aspectos relevantes.

Los petrolíferos se consumen en PEMEX como energéticos, en usos no energéticos, pero también como materia prima para la industria petroquímica, tal es el caso del etano, las naftas petroquímicas y los lubricantes y grasas industriales, aunque estos últimos en menor escala en las áreas que no concierne a la petroquímica. El empleo total de petrolíferos contribuyó en alrededor de 15% al consumo de energía del sector petrolero en 1982 y 1983, observándose un posible decremento significativo en usos energéticos de 8.9% en este último año.

En el promedio de los dos años indicados, el consumo de petrolíferos como energéticos fue un 33% superior a su uso como materia prima, sin embargo, la incidencia en este rubro es importante ya que representa cerca de 63% de los requerimientos de la petroquímica básica en 1982.

La utilización como energéticos del gas licuado, las gasolinas, el diesel, las kerosinas y el combustóleo pasó de 25 a 60 MBDE entre 1970 y 1980, de acuerdo con los balances de energía. De ellos, el combustóleo y el diesel representaron en promedio 80% del consumo, y si bien el primero constituyó el combustible de mayor uso en la industria después del gas

CUADRO 26  
CONSUMO DE ENERGETICOS  
PETROLEOS MEXICANOS EN 1982 Y 1983

	M B D C E		Variación porcentual	Estructura porcentual	
	1982	1983		1982	1983
<u>Petróleo crudo</u>	91.146	-3.337	-103.7	14.43	-0.60
Derrames accidentales	0.041	0.060	46.3	n.s.	0.01
Pérdidas por evaporación	27.464	13.301	-51.6	4.35	2.39
Eliminación de impurezas	23.544	-	-	3.73	-
Diferencias de medición	40.097	-16.698	-141.6	6.35	-3.00
<u>Gas natural</u>	356.651	367.155	2.9	56.47	66.01
Pérdidas y mermas		20.533			3.69
Gas asociado no aprovechado	154.362 <sup>1</sup>	97.796	-6.5	24.44 <sup>1</sup>	17.58
Gas asociado consumido		25.973			4.67
Gas residual utilizado	109.399	125.018	14.3	17.32	22.48
<u>Petrolíferos<sup>1</sup></u>	91.482	83.376	-8.9	14.48	14.99
<u>Total</u>	539.279	447.194	-17.1	85.38	80.40
<u>Petroquímica básica (materia prima)</u>	92.349	109.019	18.1	14.62	19.60
Gas natural	34.243	35.298	3.1	5.42	6.35
Petrolíferos	58.106	73.721	27.1	9.20	13.25
<u>Gran total</u>	631.628	556.213	-11.9	100.00	100.00

1. Incluye pérdidas y mermas, gas asociado no aprovechado y gas asociado consumido.

Fuentes: PEMEX, *Balances Nacionales de Energía 1982, 1983 y Memorias de Labores 1981 y 1982.*

natural (57% en 1980), la utilización del diesel lo ha desplazado progresivamente (14% en 1970 y 23% en 1980).

El área de transportes de la empresa, en particular la de los productos, es una actividad que requiere de una parte importante de los petrolíferos que se consumen como combustibles. En 1980, la gasolina, el diesel, el gasavión y las turbinas representaron cerca de 14% del consumo total de PEMEX. Sin embargo, el centro de gravedad de los consumos se ubica en la producción primaria y en especial en la producción industrial, fundamentalmente en refinación.

El gas natural, al igual que algunos petrolíferos, es utilizado como combustible y también como materia prima para la producción petroquímica de PEMEX. El empleo de gas natural para este fin representó de 9% a 10% del consumo total de gas de la empresa en 1982 y 1983, 34.5% de los requerimientos de materia prima de la petroquímica básica para los mismos años, y 14.5% del consumo del sector petrolero en 1982.

Las pérdidas de energía de PEMEX crecieron notablemente una vez que se aceleró la producción de hidrocarburos, es decir, durante los últimos años de los setenta y principios de los ochenta. Este rubro explicó 48% de las pérdidas totales del sector energético en 1970, 47% en 1975 y fluctuó alrededor de 60% en 1980-1982 (cuadros 25 y 27).

Todos los renglones de pérdidas en la producción de hidrocarburos y de sus derivados, experimentaron aumentos notables en los años del auge de la producción petrolera: las pérdidas por transformación del petróleo y del gas fluctuaron alrededor de las  $14 \times 10^{12}$ Kcal en 1970 y 1975, y a más de  $100 \times 10^{12}$ Kcal en 1982; las correspondientes al transporte, distribución y almacenamiento pasaron de 16.2 en 1970, a  $20.9 \times 10^{12}$ Kcal en 1975, y a  $68.6 \times 10^{12}$ Kcal en 1982. Las pérdidas por energía no aprovechada, de fluctuar alrededor de las  $50 \times 10^{12}$ Kcal en 1970 y 1975, crecieron a un volumen de  $83.7 \times 10^{12}$ Kcal en 1982 (cuadro 27).

En el aspecto extractivo y de manejo de los energéticos primarios (petróleo crudo, líquidos y gas natural), es decir, antes de pasar a la transformación, destacan dos rubros donde las pérdidas han sido importantes: la energía "no aprovechada" y las pérdidas y mermas de crudo desde la boca del pozo hasta su entrada en refinerías.

La energía no aprovechada corresponde a la quema en la atmósfera del gas asociado que se presenta sobre todo en la explotación de yacimientos marinos.

Desde mediados del decenio anterior, el auge de la explotación de petróleo y el marcado retraso en el desarrollo de la infraestructura necesaria para captar, transportar y distribuir el gas asociado al crudo, trajo como consecuencia

CUADRO 27

MEXICO: VOLUMENES DE PERDIDAS  
DE LA INDUSTRIA PETROLERA

	1970		1975		1980		1981		1982	
	Total por	Subto-	Total por	Subto-	Total por	Subto-	Total por	Subto-	Total por	Subto-
	rubro	tales	rubro	tales	rubro	tales	rubro	tales	rubro	tales
	Kcalx10 <sup>12</sup>		Kcalx10 <sup>12</sup>		Kcalx10 <sup>12</sup>		Kcalx10 <sup>12</sup>		Kcalx10 <sup>12</sup>	
<u>Pérdidas por transformación</u>	13.36		14.12		86.62		79.90		100.99	
- Refinerías		10.93		11.05		57.76		38.95		32.38
- Plantas de gas		2.43		3.07		28.86		49.95		68.61
<u>Pérdidas por transporte, distribución y almacenamiento</u>	16.25		20.87		62.15		71.61		68.57	
- Petróleo crudo		1.89		9.59		43.87		44.11		48.95
- Petróleo refinado		10.25		4.52		13.32		21.40		9.09
- Gas y gas licuado		4.11		6.76		4.96		6.10		10.53
<u>Energía no aprovechada</u>	47.48		52.88		47.90		74.95		83.66	
T O T A L	77.09		87.87		196.67		226.46		253.22	

Fuentes: Balances Nacionales de Energía, Versión OLADE.

que un volumen creciente del mismo fuera quemado en la atmósfera desaprovechándose la posibilidad de su uso. La energía no aprovechada fluctuó alrededor de las  $50 \times 10^{12}$  Kcal durante los años setenta y subió a 75 y a  $84 \times 10^{12}$  Kcal en 1981 y 1982 respectivamente (cuadro 27).

Las pérdidas de crudo desde la boca del pozo hasta su entrada a las refinerías se producen en la separación del crudo de las diversas sustancias que lo acompañan (fundamentalmente agua) y a ellas se suman las correspondientes al transporte y almacenamiento del combustible. Este tipo de pérdidas creció notablemente a partir de 1975, a un ritmo de 26.2% anual en promedio de ese año a 1982. Es decir, pasó de las  $9.6 \times 10^{12}$  Kcal en 1975, a las 49.0 en 1982 (cuadro 27).

En la fase de transformación industrial de los hidrocarburos, en energéticos secundarios y productos petroquímicos básicos, se observa:

- Una diferencia entre el contenido energético de los hidrocarburos primarios y sus productos derivados. Esta diferencia significó en 1980 una pérdida en contenido energético de 6.4% para las refinerías y de 10.7% para las plantas de gas.

- Pérdidas importantes en el transporte, distribución y almacenamiento de los hidrocarburos, destacando principalmente las correspondientes a diesel, gas y combustóleo de acuerdo con los balances energéticos.

- En la producción petroquímica básica, por la naturaleza misma de los procesos, las pérdidas son relativamente menores que en la refinación, por ello los márgenes para conseguir un uso más eficiente de la energía serían también menores. Sin embargo, es posible introducir mejoras significativas como se evidencia en el estudio de caso que se presenta posteriormente.

Antes de iniciar la reflexión sobre el uso eficiente de la energía en PEMEX, es conveniente hacer algunas consideraciones sobre el cambio en los volúmenes de pérdidas en dicha empresa, sucedidos en los últimos años.

Las pérdidas en la producción de hidrocarburos se han reducido en términos absolutos de 1980 a 1983; al pasar de los 94 MBDE en el primer año, a los 91 MBDE en 1982, y a los 83 MBDE en el año posterior (cuadro 26).

La comparación de las cifras de los años citados ilustra mejoras notables. No obstante ello, las diferencias en los datos reportados en los renglones de derramas y pérdidas por evaporación del petróleo crudo pueden atribuirse, parcialmente, a probables deficiencias en la estructura de los sistemas de medición existentes.<sup>44</sup>

44. Aparentemente, durante 1983 se llevó a cabo un registro

Otro aspecto importante en el mejor aprovechamiento por PEMEX de los hidrocarburos es el que se refiere al gas asociado. El gas enviado a la atmósfera se ha reducido en cifras absolutas y relativas de un máximo de 665 millones de pies cúbicos diarios (mmpod) en 1981, que representaron más de 16% de la producción bruta, a 434 mmpod en 1984, reduciéndose a 10.7% de la misma.

Durante 1984 y 1985, de llevarse a cabo las políticas de aprovechamiento integral del gas natural, se estarían garantizando mayores niveles de utilización. Estos sobrepasarían al 96% de la producción (con pérdidas de 4%) y se dispondría de volúmenes adicionales para consumo interno en sectores estratégicos y prioritarios de la economía. De acuerdo con el Programa de Energéticos 1984-1988 se espera para 1988 reducir la quema de gas natural en la atmósfera a 2% de la producción, que es el límite técnico posible.<sup>45</sup>

El aprovechamiento integral de gas natural, próximo a ser alcanzado, ha exigido disponer de todas las instalaciones para su tratamiento y transporte; contar con la capacidad de compresión y de proceso del gas amargo y húmedo; ha requerido de largos periodos de maduración en el desarrollo de los proyectos, así como de elevadas inversiones que en ocasiones se vieron dificultadas por restricciones de carácter presupuestal.

Cuando finalmente se logren los objetivos señalados, se aprovechará alrededor de 18% de la energía consumida por PEMEX (cuadro 26). Esto representará aproximadamente 100 MBDE, es decir, 60% de la producción de gas no asociado de todo el sistema, lo que justificará las inversiones realizadas.

#### CONSUMO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA EN PETRÓLEOS MEXICANOS

Petróleos Mexicanos es un organismo que tiene un alto grado de integración vertical en el manejo del petróleo y gas, ya que sus funciones comprenden la exploración, explotación, refinación, transporte y distribución de dichos energéticos. De las funciones anteriores, la exploración y explotación corresponden a industrias extractivas; la refinación es una industria de transformación, mientras que el transporte y la distribución representan servicios.

Más cuidadoso, el cual permitió asegurar un mayor nivel de confiabilidad y congruencia en la información. Estas medidas deberán seguirse consolidando en el futuro próximo, a fin de reducir al mínimo posible las pérdidas por dicho concepto.

45. SEMIP 1984.

CUADRO 28  
EVOLUCIÓN DE LA EFICIENCIA DE TRANSFORMACIÓN  
EN LA INDUSTRIA PETROLERA (1970-1981)

Año	Insumo a transformar (Kcal x 10 <sup>12</sup> )			Energía consumida en la transformación (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	Producto transformado (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	Eficiencia* %
	Crudo	Gas	Total			
1970	237.404	131.610	369.014	44.367	355.630	86.03
1975	328.847	169.822	496.669	64.851	482.556	85.94
1977	411.439	185.496	596.935	79.323	562.549	83.18
1979	467.245	286.721	753.966	109.219	689.565	79.89
1981	608.508	382.347	990.855	145.430	910.953	80.17

\* La eficiencia está calculada a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Producto transformado} \times 100}{\text{Insumo a transformar} + \text{Energía consumida.}}$$

Fuente: A partir de PEMEX, *Anuario Estadístico y Memoria de Labores*. Varios volúmenes.



Por lo tanto, las consideraciones sobre el uso eficiente de la energía son diferentes, dependiendo del carácter extractivo, de transformación o transporte de que se trate.

El análisis del comportamiento global de la eficiencia energética de transformación en la industria petrolera en el transcurso de los setenta puede aproximarse a partir del cuadro 28 y complementarse contrastándola con la evolución de la relación entre las producciones de derivados con alto y bajo refinamiento (cuadro 29). A partir de ellos se concluye que:

### CUADRO 29

#### EVOLUCION HISTORICA DE PRODUCTOS DE ALTO GRADO DE REFINAMIENTO Y BAJO REFINAMIENTO

Año	(1)			(2)	Relación (1)/(2)
	Productos con alto refinamiento			Productos con bajo refinamiento	
	(cal x 10 <sup>12</sup> )			(cal x 10 <sup>12</sup> )	
	Gasolina	Diesel	Total	Combustóleo	
1970	66.318	44.038	110.356	75.891	1.45
1975	89.088	82.483	171.571	106.905	1.60
1977	109.420	96.280	205.700	135.598	1.51
1979	134.818	113.918	248.736	168.088	1.48
1981	170.684	141.525	312.209	201.777	1.54

Fuente: PEMEX.

a) La eficiencia de la transformación de productos petroleros ha disminuido progresivamente, habiendo pasado de 86.0% en 1970 a 80.2% en 1981.

b) La relación de productos altamente refinados a productos con bajo refinamiento no explica directamente la disminución de la eficiencia energética de transformación.

En el área de transformación industrial, dos factores, entre otros no menos importantes, han influido adicionalmente en el consumo dispendioso de energía. Uno de ellos es el diseño de equipos y plantas de proceso. Este se ha efectuado tradicionalmente tomando como base bajos precios de los hidrocarburos y la amplia disponibilidad de los mismos. Por esta razón la mayor parte de los diseños tienden a ser energéticamente ineficientes. A ello se agrega la dependencia, en

lo esencial, de tecnología y equipos estadounidenses, que son reconocidos por su baja eficiencia en el uso de los combustibles; como consecuencia de ello, se adoptaron las mismas deficiencias energéticas en las diversas actividades técnicas.

En la industria petrolera mexicana, la estimación precisa del potencial de ahorro posible de obtener con un mejor uso de los energéticos es extremadamente difícil, debido a la falta de un conocimiento adecuado de las magnitudes y ubicación de las ineficiencias energéticas de toda la cadena productiva. Sin embargo, es posible evaluar el margen de que se dispone para mejorar los rendimientos en el uso de la energía a través de la comparación de la eficiencia de la planta nacional con la alcanzada a nivel internacional. Con tal objetivo se presentan dos estudios de caso para la refinación, y un tercero para la producción de amoníaco en la petroquímica básica. En los dos primeros, si bien se emplea la idea de comparación, se trabaja con distinto nivel de detalle en la evaluación de los requerimientos energéticos de las refinerías y en la composición del patrón de consumo de referencia.

#### *Caso 1*

En la actualidad, a nivel internacional se estima que las eficiencias medias de transformación en refinerías se sitúan entre 90% y 92%.<sup>46</sup> La confrontación de estos valores con la eficiencia de operación de 80.2% alcanzada en México en 1981, indica que existe un potencial de ahorro de 13%, de acuerdo al patrón internacional. La importancia de estos valores se puede apreciar si se supone que se hubiera operado a un 92% en lugar de 80.2%. En esas condiciones y los mismos insumos, se habría tenido un ahorro equivalente a cerca de 288 MBCE (105 millones de barriles de crudo equivalente, MMBCE, al año).

Una forma más clara de poner en evidencia la importancia de la mejora en la eficiencia, surge de considerar los consumos específicos asociados a distintos niveles de la misma (cuadro 30). Puede observarse que por cada punto de eficiencia que se mejora se logra una reducción de 12,800 Kcal/barril en el consumo específico. Desde esta óptica, existe un potencial de ahorro de 60% al pasar de un consumo de 256,000 Kcal/barril a 102,400 Kcal/barril, y por lo tanto de una eficiencia de 80% a otra de 92%.

#### *Caso 2*

En esta evaluación, los patrones de consumo de referencia corresponden al autoconsumo de combustibles en refinerías europeas, a finales de los setenta, para instalaciones con capacidades entre 100 y 200 MB, sin tener en cuenta la electri-

46. Cfr. E.P. Gyftopoulos, *et al.* 1978, p. 57.

cidad comprada a la red. La complejidad de dichas refinerías es más parecida a las de México que a las norteamericanas (cuadro 31). Los índices obtenidos toman en cuenta los diversos tipos de plantas en cada complejo de refinación según la norma europea, y el porcentaje que aparece ya pondera la composición de las diversas instalaciones.

**CUADRO 30**  
RELACIONES ENTRE EFICIENCIA  
Y CONSUMO ESPECIFICO EN KCAL/BARRIL

Eficiencia %	Consumo específico Kcal/barril
92	102 400
90	128 000
88	153 600
86	179 200
84	204 800
82	230 400
80	256 000

Fuente: PEMEX.

**CUADRO 31**  
REQUERIMIENTOS DE ENERGIA EN TONELADAS  
DE PETROLEO EQUIVALENTE POR UNIDAD DE CARGA  
PARA REFINERIAS EUROPEAS EN 1970  
(PORCENTAJE)

Instalación	Norma
Necesidades generales	0.5
Destilación primaria	1.5
Destilación al vacío	1.5
Desintegración catalítica	6.0
Viscorreducción	2.0
Reformación	8.0
Hidrodeshulfuración	1.5
Desasfaltado	5.0
Alquilación	5.0

Fuente: PEMEX.

La aplicación de los patrones de consumo europeos a las refinerías mexicanas, permite evaluar el porcentaje de autoconsumo total y de cada refinería para 1980, tomando como base la estructura y el tipo de planta que tiene cada centro (cuadro 32).

**CUADRO 32**  
**CONSUMO PROBABLE DE COMBUSTIBLES**  
**EN EL SISTEMA DE REFINACION**  
**DE ACUERDO A LA NORMA EUROPEA**  
**(BARRILES DIARIOS)**

Refinería	Crudo+líquidos procesados en promedio anual	Porcentaje de autoconsumo	Autoconsumo (en barriles de petróleo crudo)
Azcapotzalco	102 228	4.5	4 600.3
Cadereyta	100 619	3.9	3 924.1
Madero	163 484	6.9	11 280.4
Minatitlán	259 724	5.1	13 245.9
Poza Rica	27 318	3.2	874.2
Reynosa	10 540	2.6	274.0
Salamanca	168 781	8.3	14 000.5
Salina Cruz	130 194	3.4	4 426.6
Tula	134 280	7.4	9 936.7
<b>Total</b>	<b>1 097 036</b>	<b>5.7</b>	<b>62 562.8</b>

Fuente: PEMEX.

La estimación proporciona los requerimientos energéticos promedio por barril de carga para la operación del sistema examinado, que fue de 5.7% del volumen. Este nivel implica 62.6 MBDCE de consumo en refinerías durante 1980, según la norma europea.

Si se considera que durante 1980 el consumo real de combustible de PEMEX fue de 79.0 MBDCE, existe una diferencia aproximada de 16.5 MBDCE; es decir, que el consumo de las refinerías se ubica 26.4% por arriba del patrón de comparación. La diferencia es equivalente a más de tres veces el volumen total de gasolina extra vendido en todo el país, o bien a un ingreso de 105 millones de dólares en un año, en caso de exportarse dicha cantidad.

Las dos comparaciones presentadas muestran claramente que, a principios de los ochenta, el sistema de refinación mexicano no operaba con la mejor eficiencia energética que

se podía obtener de acuerdo con los patrones internacionales vigentes y que existen, por lo tanto, márgenes suficientes como para concebir e instrumentar un programa de ahorro energético en esta área productiva.

### *Caso 3*

Para el caso de la petroquímica básica, el estudio se desarrolla para el producto de mayor volumen de producción en México, el amoníaco. Este producto tiene una gran importancia por su utilización como materia prima para elaborar fertilizantes nitrogenados sólidos y por su aplicación directa como fertilizante a los suelos, confiriéndole un carácter estratégico en los programas de producción de alimentos. La producción de amoníaco cubrió más de 20% de la producción total de la petroquímica básica y su uso como fertilizante representó 96% del consumo en los últimos siete años. El análisis de la forma en que se utiliza la energía para la fabricación del amoníaco se fundamenta en cifras de operación correspondientes a 1980 (para producirlo, en México se utiliza gas natural como combustible y como materia prima).

Con el propósito de tener un punto de referencia del grado de eficiencia con que se usa la energía en su elaboración, se ha tomado una norma óptima internacional a partir de la cual se determinan los posibles márgenes de ahorro.

Las plantas modernas de producción de 445 mil toneladas anuales de capacidad requieren, por especificaciones de diseño, aproximadamente  $5.5 \times 10^6$  Kcal de metano/ton de amoníaco, como materia prima y entre  $2.5 \times 10^6$  Kcal/ton y  $3.0 \times 10^6$  Kcal/ton como combustible.

De la comparación con los consumos específicos de las plantas mexicanas se desprende que, en lo que respecta a la materia prima, al ser una relación estequiométrica, es normal que las unidades en operación no se alejen demasiado de la norma patrón (cuadro 33). Sin embargo, en lo que se refiere a los requerimientos de combustible, las desviaciones son significativas. Aparentemente se puede lograr un uso más eficiente de los combustibles pues la unidad menos dispendiosa del país consume 44.0% más que tal norma. En conjunto se podría lograr un ahorro de energía de 73% para el complejo de Cosoleacaque, Veracruz, donde las diferencias llegan hasta más de 300%, y de casi 40% para el complejo de Salamanca, Guanajuato, cuya eficiencia en el uso de los combustibles se aproxima a la norma estadística europea. Una estimación más precisa requiere del conocimiento de los valores caloríficos del gas utilizado en cada instalación y de la cuantificación directa de los insumos. No obstante, las diferencias con respecto al patrón de comparación utilizado son tan amplias que

CUADRO 33

COMPARACION ENTRE LOS CONSUMOS UNITARIOS DE GAS NATURAL  
DE LAS DIFERENTES UNIDADES DEL PAIS PRODUCTORAS DE AMONIACO  
Y LAS NORMAS ACTUALES DE CONSUMO, 1980

Unidad	Materia prima $*C_1 \ 10^9 \text{ Joule/ton.NH}_3$	Combustibles $C_1 \ 10^9 \text{ Joule/ton.NH}_3$	Total $C_1 \ 10^9 \text{ Joule/ton.NH}_3$	Diferencia a la Norma Óptima (Materia prima) %	Diferencia a la norma Óptima (Combustible) %	Diferencia a la norma Óptima (Total) %
Cosoleacaque I	27.9	48.4	76.3	21.8	317.2	121.2
Cosoleacaque II	34.4	28.6	63.0	50.2	146.6	82.6
Cosoleacaque III	22.9	18.3	41.2	0.0	57.8	19.4
Cosoleacaque IV	23.1	16.7	39.8	0.9	44.0	15.4
Cosoleacaque V	23.9	17.5	41.4	4.4	50.9	20.0
Cosoleacaque Total	23.7	20.1	43.8	3.5	73.3	27.0
Camargo	23.0	16.7	39.7	0.4	44.0	15.1
Salamanca I	15.3	13.5	28.8	-33.2	16.4	-16.5
Salamanca II	35.8	16.7	52.5	56.3	44.0	52.2
Salamanca Total	31.0	16.0	47.0	35.4	37.9	36.2
Norma Óptima	22.9	11.6	34.5			
Norma estadística Europea	23.0	15.9	38.9	0.4	37.1	12.8

\*  $C_1$  = Metano

Poder calorífico del metano:  $53.1 \times 10^6$  Joules/Kg.  
1 joule = 0.24 cal

Fuente: PEMEX.

permiten señalar la conveniencia de obtener mejores rendimientos en la utilización del gas natural como combustible para la fabricación del amoníaco.

Petróleos Mexicanos tiene en ingeniería dos plantas de 445,600 tons/año, la de Camargo (en Chihuahua) y la de Salina Cruz (en Oaxaca), que incorporarían 890,000 tons/año adicionales a las 2.963,000 existentes (cuadro 34). Las mejoras de la eficiencia en el uso de los combustibles darían lugar al ahorro de importantes volúmenes de energía, debido a los grandes volúmenes de producción en juego; esto permitiría aumentar la disponibilidad de gas natural para otros sectores y, con ello, conservar un recurso no renovable.

#### ELEMENTOS A CONSIDERAR PARA LA ELABORACION DE UN PROGRAMA DE USO EFICIENTE DE LA ENERGIA EN PEMEX

Antes de definir cualquier tipo de acciones para lograr un uso eficiente de la energía en la industria y *a fortiori*, antes de definir metas en esta materia, es indispensable conocer los consumos específicos de energía en cada una de las plantas e instalación con que cuenta PEMEX. Así, en cada sistema productivo o de transporte deberá hacerse transparente la forma en que se lleva a cabo el consumo energético, con precisión de las áreas y fases del proceso productivo donde se ubican pérdidas y usos ineficientes de la energía.

El camino a seguir debe tomar en cuenta varias etapas.

a) El primer paso indispensable para poder definir un programa de uso eficiente de la energía es desarrollar una auditoría energética en el sector petrolero. Simultáneamente debe continuarse con la puesta en práctica de las diversas medidas que la institución lleva a cabo para identificar en primer término, y posteriormente reducir al mínimo, las pérdidas y mermas por diferentes conceptos.

El estudio propuesto debe realizarse con el personal especializado de las mismas áreas, quien precisamente es el más sensible y conocedor de los problemas que existen en el aprovechamiento de la energía. Por orden de importancia en sus niveles de consumo, la auditoría energética podría efectuarse en los siguientes grupos de instalaciones:

REFINACION Y PLANTAS DE GAS.

PETROQUIMICA:

energía,  
materia prima.

TRANSPORTE:

ductos,  
sistemas de compresión y bombeo,

CUADRO 34  
OFERTA, CONSUMO Y CAPACIDAD DE AMONÍACO  
(TONELADAS)

Año	Producción	Importación	Exportación	Consumo	Var. %	T/año Cap.Inst.	% Utiliz.	Observaciones
1962						151 000		Cosoleacaque I + Salamanca I 60 000 T/año 91 000 T/año
1963	101 782					151 000	67.4	
1964	130 955					151 000	86.7	
1965	121 111	111 460		232 571		151 000	80.2	
1966	139 823	152 817		292 640	25.8	151 000	92.6	
1967	132 370	200 004		332 374	13.6	283 000	46.8	Entra Camargo (132000 T/año)
1968	163 170	212 068		375 238	12.9	583 000	8.0	Entra Cosoleacaque II (300 000 T/año)
1969	390 658	109 966	984	499 640	33.2	583 000	67.0	
1970	453 955	74 246		528 201	5.7	583 000	77.9	
1971	459 952	115 643	325	575 270	8.9	583 000	78.9	
1972	504 664	205 691	5 626	704 729	22.5	583 000	86.6	
1973	529 808	247 238	3 271	773 775	9.8	583 000	90.8	
1974	525 428	246 968	498	771 898	-0.2	883 000	59.9	Entra Cosoleacaque III (300 000 T/año)
1975	801 235	102 517	37 827	865 925	12.2	883 000	90.7	
1976	864 765			864 449	-0.2	883 000	97.9	
1977	943 791		30 211	913 580	5.7	1 328 000	71.1	Entra Cosoleacaque IV (445 000 T/año)
1978	1 579 243		670 000	909 243	-0.5	2 073 000	76.2	Entran Cosoleacaque V y Sala- manca II (445 y 300 000 T/año)
1979	1 652 729		647 254	1 005 475	10.6	2 073 000	79.7	
1980	1 883 176		710 100	1 173 076	16.7	2 073 000	90.8	
1981	2 540 000		1 198 514	1 341 486	14.4	2 963 000	85.7	Entran Cosoleacaque VI y VIII con 445 000 T/año c/u
1982	2 469 336		834 634	1 634 702	21.9	2 963 000	83.3	

Fuente: PEMEX.



buque-tanque,  
carro-tanque,  
autotransporte.

PRODUCCION:

aceite,  
gas  
-asociado  
-no asociado,  
recuperación secundaria.

Para este fin, debe aprovecharse la experiencia adquirida en la obtención de datos de la encuesta de consumo energético en la industria manufacturera realizada en 1982. El cuestionario de la misma podría aplicarse, con pequeños ajustes, a las plantas de transformación industrial.<sup>47</sup> Asimismo, tendrían que hacerse adaptaciones para el estudio del transporte y de los procesos productivos de gas y aceite, así como de su recuperación y manejo hasta los centros de transformación o los puntos de exportación.

El análisis de la información que se recabe junto con la comparación de los patrones nacionales e internacionales en el uso de la energía, permitirían dar una primera aproximación precisa del potencial de ahorro de la empresa, poniendo de manifiesto los puntos que requerirían una atención más urgente.

b) En una segunda etapa, debería procederse a evaluaciones detalladas *in situ* sobre los ahorros potenciales detectados. En ellas no sólo se analizarían los procesos con el propósito único de equipar las instalaciones con economizadores de energía, sino que se prestaría especial atención al mantenimiento, al estado de los aisladores de calor y a la posible presencia de fugas. También serían materia de estudio las condiciones operativas con las que funciona cada equipo. A partir de estas evaluaciones se determinarían las posibles acciones a tomar.

c) La siguiente etapa corresponde a la elaboración de un catálogo de medidas de ahorro.

Durante esta fase, eminentemente de gabinete y en función de los datos aportados por el estudio de campo, se harían los análisis técnico-económicos de las diferentes acciones dirigidas a ahorrar energía. Estos estudios deben incluir un análisis de la rentabilidad de las medidas, a precios nacionales e internacionales de la energía, teniendo en cuenta que las mismas pueden catalogarse en tres categorías.

i) Medidas de uso riguroso de los equipos existentes que no requieren inversión. En este grupo entran todas las medidas de mantenimiento como son: suprimir fugas, ajustar

47. Cfr. anexo al capítulo VI.

los equipos con mayor precisión y, en general, todas aquellas donde simplemente se ahorra energía para usar mejor y más cuidadosamente los equipos.

ii) Inversiones para hacer más eficientes los equipos existentes. En este rubro entran todas aquellas inversiones que aumentan la eficacia energética de un proceso ya instalado, a través de la adición de otros equipos.

iii) Inversiones en equipos que incorporen tecnologías más eficientes. En este campo se consideran equipos que, desde su origen, fueron concebidos con un criterio de uso más eficiente de la energía. En general, estas medidas deben tomarse en cuenta para ampliaciones de la planta productiva, más que para la modificación de equipos existentes.

Una vez evaluadas las diferentes medidas posibles para un mejor uso de la energía, éstas deberán listarse jerárquicamente para cada centro de trabajo en función de la inversión unitaria necesaria por unidad de ahorro energético conseguido.

#### MEDIDAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

Si bien existe clara conciencia de la formulación de un conjunto de medidas tendientes a mejorar la eficiencia energética de operación de las diversas fases productivas de la industria petrolera, su implementación requiere como precondición un estudio pormenorizado de los flujos energéticos y de las características y condiciones técnicas de los procesos. El conocimiento de que existe un funcionamiento ineficiente de aspectos específicos de diversas áreas de la industria, así como la experiencia de otros países en la materia, permiten señalar la conveniencia de adoptar algunas medidas tendientes al ahorro de energía.

Las primeras medidas que se proponen se orientan a reducir las pérdidas de explotación (1) y de transporte, distribución y almacenamiento (2 a 5). Las siguientes propuestas conciernen al área de transformación industrial y son las que presentan el mayor potencial de ahorro en la industria petrolera.

1. Completar el proceso de reducción de la pérdida energética correspondiente a la quema de gas en la atmósfera, que se verifica principalmente en los yacimientos costa afuera.

2. Reducir pérdidas de la deshidratación del crudo y drenado de agua. Para ello se requiere efectuar los balances de materiales correspondientes e introducir sistemas de medición de precisión. Con esta medida se trata de evitar que se pierda parte del energético al eliminar el agua salada que llega con el crudo.

3. Sustitución del transporte rodante. Cuando se maneja un flujo de más de 5,000 barriles por día, se recomienda emplear poliducto en lugar de transporte rodante.

4. Optimización del funcionamiento del sistema de transporte de productos, combinando adecuadamente los distintos medios disponibles y teniendo en cuenta los costos asociados a cada uno de ellos.

5. Reducción de pérdidas de evaporación en tanques de almacenamiento. Esta pérdida se puede reducir sensiblemente con sistemas de recuperación de vapores, empleando tanques con techo flotante, etcétera.

6. Mejoras en la generación y uso del vapor. Las posibles mejoras en el uso del vapor son las siguientes:

i) Optimización del sistema de vapor. El vapor es requerido para efectuar trabajo mecánico y como calor de proceso. Por otra parte, el diseño de un sistema de vapor que utilice al máximo toda la energía disponible a los diferentes niveles de presión y temperatura que se requieren en la planta, resulta en general muy complicado. El vapor se produce en la caldera en el punto de mayor presión y se envía a los puntos de consumo donde va bajando la presión, creándose así diferentes niveles. A menos que cada nivel de presión de vapor se encuentre en un balance correcto de oferta-demanda, se presentará un gran desperdicio de vapor.

La optimización del sistema de vapor puede producir ahorros de hasta un 40%.<sup>48</sup>

ii) Generación conjunta de vapor y electricidad (cogeneración). Este punto se examina en la sección relacionada con el sector eléctrico. Las dificultades principales que se tendrían son el ajuste de las necesidades de electricidad y vapor dentro de la planta. Dado que PEMEX genera vapor y electricidad en cantidades importantes sin combinar ambos, el potencial de ahorro en este rubro puede ser significativo.

7. Precalentadores de aire para recuperar calor residual de las chimeneas. Se considera que la parte principal de energía consumida en la refinería se encuentra en el combustible empleado en los calentadores de proceso. Los gases de la chimenea que salen de los calentadores se encuentran a temperaturas que van de los 250°C a 660°C.<sup>49</sup> Estos gases representan la pérdida principal en el proceso de combustión.

Actualmente los precalentadores de aire que aprovechan los gases de chimenea se instalan en forma regular en los nuevos hornos, y no obstante que en ocasiones es difícil ins

48. Cfr. Gordian Associates 1976, p. IV-10.

49. Cfr. Federal Energy Administration, p. 219.

talar este equipo en refinerías que carecen del mismo, se estima que se puede mejorar la eficiencia en operación de 10% a 15%.

8. Aislamiento. Dentro de las refinerías, el aislamiento se emplea para minimizar las pérdidas de calor de los equipos. Sin embargo, la selección del tipo de aislamiento y su espesor constituyen un problema económico, de tal manera que se requieren mejores aislamientos ante la elevación del costo de los energéticos. Actualmente esta pérdida por radiación y convección es de 75 Kcal/kg. definido.

9. Control e instrumentación. Actualmente se tiene experiencia en sistemas instrumentados y controlados por computadora de unidades complejas operadas en las refinerías, en particular reformadores catalíticos, unidades de desulfurizar, destilación de crudos, planta de lubricantes e hidrógeno integrados. Un mejor control se refleja usualmente en una mejor utilización de los insumos del proceso, incluyendo la energía requerida.<sup>50</sup>

10. Medidas administrativas generales. Debido a la variación en la complejidad de los diversos procesos en las diferentes refinerías, se considera que medidas de mantenimiento preventivo y correctivo tienen un fuerte impacto sobre el uso racional de la energía. Las acciones correspondientes de berán estar dirigidas principalmente hacia los siguientes aspectos.

- i) Eliminación de pérdidas por fugas de vapor, agua, aire y combustible.
- ii) Control de aire en hornos y calderas.
- iii) Mantenimiento y reevaluación del aislamiento térmico.
- iv) Limpieza de superficies y optimación de sistemas de transferencia de calor.
- v) Control permanente del consumo específico de los productos producidos.
- vi) Reparación de sistemas de recuperación de condensador de vapor, etcétera.

11. Mejora global de la utilización de los combustibles, considerando por un lado la eficiencia de motores de combustión interna y, por otro, el refinamiento del petróleo para producir el combustible del motor.

12. Predicción anticipada de los cambios a que pueden dar sujetos los productos petroleros dentro de un mercado cambiante (interno y externo), reflejando con ello el impacto en las refinerías y el consumo de energía en las mismas.

En el mediano y largo plazo el consumo de energía podría

50. Cfr. Gordian Associates, *op. cit.*, p. 28-32.

reducirse a partir de la investigación, desarrollo e incorporación de nuevas tecnologías tales como: tecnologías de ciclo combinado en turbinas, el uso del ciclo binario para aprovechar los gases o residuos de calor a bajas temperaturas y el desarrollo de calentadores que sustituyan a los ineficientes calentadores de fuego directo que se usan en destilación.

En el presente, las medidas que se han señalado son contempladas por Petróleos Mexicanos como parte integrante de la concepción y puesta en práctica de un programa de uso eficiente de la energía en la empresa.

#### EL PROGRAMA DE CONSERVACION Y AHORRO DE ENERGIA DE PEMEX

Desde hace ya tiempo, ha existido conciencia en algunos sectores de PEMEX y de otras instituciones del país de la baja eficiencia con que se usan los energéticos en la propia industria petrolera. Sin embargo, no es sino hasta fechas muy recientes que comenzó a concebirse un programa de conservación y de ahorro de energía para la propia empresa,<sup>51</sup> acorde con los lineamientos de la política energética nacional formulada en el programa de energéticos para el periodo 1984-88.<sup>52</sup>

En su programa, PEMEX plantea un conjunto de medidas a desarrollar en tres etapas, a las que se asocian niveles posibles de ahorro de energía (figura 3).

a) La primera, en los dos primeros años, de mantenimiento correctivo y ajustes operacionales, con un ahorro de 3% a 7%.

b) La segunda, en los dos años siguientes, de sustitución de equipos y materiales, con un potencial de ahorro de 5% a 10%.

c) La tercera, a partir del cuarto año, de modificación de procesos, con un margen de ahorro estimado de 5% a 10%.

Cada una de las etapas se instrumentaría con niveles jerárquicos de decisión distintos y crecientes, desde la jefatura departamental para la primera, pasando por la superintendencia de área, hasta los funcionarios de alto nivel en la última.

PEMEX estima que, de ejecutarse las medidas propuestas, se lograría un ahorro potencial promedio de 20%, con una exten-

51. Cfr. PEMEX, *Programa de conservación y ahorro de energía*, México, 1984.

52. SEMIP, *Programa de Energéticos 1984-88*, op. cit.

FIGURA 3

### **AHORRO POTENCIAL DE COMBUSTIBLES EN EL SECTOR INDUSTRIAL**

		Tipo de medida		Nivel de decisión	Ahorro			
Etapa	I			Mantenimiento correctivo y ajustes operacionales.	Jefatura departamental.	3-7%		
	II			Sustitución de equipo y materiales.	Superintendencia de área.	5-10%		
	III			Modificación de procesos.	Funcionarios de alto nivel.	5-10%		
		0	1	2	3	4	5	o más
		Años						

Fuente: PEMEX, Programa de Conservación y Ahorro de Energía, México 1984.

sión del mismo de 15% hasta 25% adicionales mediante la sustitución de sistemas de producción obsoletos por otros más modernos y eficientes.

A partir de estas propuestas y de las contenidas en el Plan Preliminar de Operación de PEMEX (figuras 4 y 5) se ha estimado el potencial de ahorro de energía de la empresa para los años 1990 y 2000. Los cálculos suponen la misma tasa de autoconsumo observada en 1983, es decir, de 556.2 MMBCE (cuadro 35) y aumentos continuos en la eficiencia a partir de 1984. Se prevé, en particular, la reducción del autoconsumo en un 18% para 1990 y en un 35% para el año 2000.

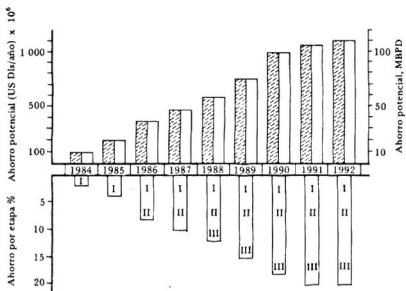
El logro de estos niveles significaría un ahorro de 36.5 MMBCE para el primer año y de 71.1 MMBCE para el segundo. En términos acumulados las cifras serían de 139 MMBCE durante el periodo de 1984 a 1990 y de 513 MMBCE para el que cubre los años 1991-2000.

Al precio actual promedio del crudo mexicano (27.5 dólares por barril) los ahorros equivalen a 3 822.5 millones de dólares y a 14 107.5 millones de dólares respectivamente, lo cual arroja un ahorro total acumulado de casi 18 mil millones de dólares.

De profundizarse y aplicarse el programa de ahorro de energía de PEMEX, se conseguiría una mejora sustancial del uso de la energía del país al modificarse los patrones de consumo de uno de los sectores más ineficientes desde el punto de vista energético. Además, la experiencia adquirida por la empresa podría trasladarse a otras áreas de la economía, principalmente la industria manufacturera, con la consiguiente ampliación del ahorro de energía.

La crisis económica que afecta al país y la toma de conciencia de la necesidad de mejorar las eficiencias de transformación y, por lo tanto, la productividad global, en búsqueda de una conservación razonable de los recursos no renovables, fueron algunos de los factores que incidieron en la formulación del programa indicado. Sin embargo, quedan aún por precisarse varios aspectos del diagnóstico y de la instrumentación y por definirse los resultados y la eficiencia económica en aras del beneficio social.

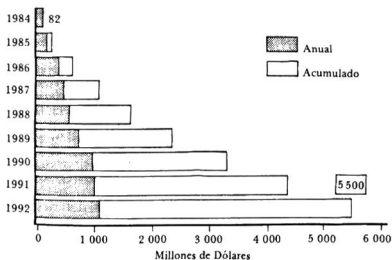
FIGURA 4  
AHORRO POTENCIAL EN PETROLEOS MEXICANOS



Fuente: PEMEX, Programa de Conservación y Ahorro de Energía, México 1984.



**FIGURA 5**  
**AHORRO POTENCIAL ACUMULADO EN**  
**PETROLEOS MEXICANOS**



Fuente: PEMEX, Programa de Conservación y Ahorro de Energía, México 1984.

CUADRO 35  
AHORRO POTENCIAL EN PEMEX  
(1984-2000)

	%	Ahorro diario MBDCE	Ahorro anual		
			Kcalx10 <sup>12</sup>	MBDCE	MM\$US
1983	-	-			
1984	1.5	8.2			
1985	4.0	22.2			
1986	8.0	44.5			
1987	10.0	55.6			
1988	12.0	66.7			
1989	15.0	83.4			
1990	18.0	100.1	46.8	36.5	1003.8
1991	19.0	105.0			
1992	20.0	110.0			
1993	21.0	116.8			
1994	22.0	122.4			
1995	23.0	127.9			
1996	25.0	139.1			
1997	27.0	150.2			
1998	29.0	161.3			
1999	32.0	178.0			
2000	35.0	194.7	91.2	71.1	1954.3
1984/ 1990		380.7	178.2	139.0	3822.5
1991/ 2000		1405.4	657.7	513.0	14107.5
1984/ 2000		1786.1	835.9	652.0	17930.0

a. Las proporciones de ahorro se aplican al nivel de autoconsumo de 1983 (cfr. cuadro 26).

Fuentes: Figuras 4 y 5 y estimaciones propias.

## **Capítulo IV**



## Subsector eléctrico

La energía eléctrica que actualmente se consume en México en forma comercial es producida por la empresa paraestatal Comisión Federal de Electricidad (CFE), en generadores sincrónicos. Por medio de redes de transmisión y distribución se entrega a los diversos consumidores. Los generadores sincrónicos son movidos por diferentes mecanismos entre los que destacan las turbinas y los motores de combustión interna, los cuales reciben la energía de los siguientes energéticos: carbón, petróleo, gas, carbón, diesel, vapor de yacimientos geotérmicos y aprovechamientos hidráulicos.

Las características principales de la industria eléctrica mexicana en 1982, fueron las siguientes:

Capacidad instalada (potencia)	18 390	MW
Capacidad anual de generación (energía)	161.10	TWh
Generación efectiva en 1982 (energía)	73.2	TWh

Factor de utilización <sup>53</sup>	43.3 %
Tasa de crecimiento de la generación eléctrica período 1971-1982	9.0
Período 1975-1982 <sup>54</sup>	8.8

En el transcurso de los veinte años que van de 1960 a 1980, la industria eléctrica mexicana amplió en forma sostenida su capacidad instalada a una tasa anual acumulativa de 9.7%, uno de los ritmos de crecimiento más altos entre los países en vías de desarrollo. Esta expansión de la infraestructura de producción, transporte y distribución permitió extender el uso de la electricidad a amplios sectores de la población urbana y rural, a pesar del rápido crecimiento demográfico registrado en el país en igual periodo.

En 1970 la generación bruta de electricidad era provista en 57% por centrales hidroeléctricas y en 43% por unidades térmicas. Esta distribución de la producción da cuenta de un desarrollo del parque relativamente equilibrado entre ambos tipos de generación durante el decenio posterior a la nacionalización de la industria (1962). Sin embargo, en el transcurso de los años setenta las decisiones tomadas en el terreno del equipamiento modificaron la situación prevaleciente en los años anteriores. La política en la materia privilegió la opción termoeléctrica y como consecuencia de ello en 1982 el 65% de los 18.4 TW de capacidad instalada en el país correspondió a centrales térmicas, mientras que en 1970 éstas representaron el 47% de los 6.0 TW de la potencia total instalada (cuadros 36 y 37).

En concordancia con esta evolución de la planta productora de electricidad, en 1982 la quema de combustibles originó el 69% de la producción bruta de electricidad que en ese año llegó a 73.2 TWh. Los derivados del petróleo, sobre todo el combustóleo, sustentaron en lo esencial el crecimiento de la generación, mientras que el gas natural perdió la importancia relativa que tenía en 1970 al caer su participación en el consumo de combustibles de las centrales de 39% a cerca de 23% en 1980. Mientras que en el decenio pasado el consumo de gas para la producción de electricidad representó cerca de 10% de las necesidades totales de gas del país, según los balances energéticos, el consumo de derivados del petróleo duplicó su incidencia con respecto a las necesidades totales de los mismos llegando a 19.3% en 1980.

La creciente dependencia de las plantas termoeléctricas en la generación de electricidad, unida al hecho de que las pérdidas de energía en la generación hidroeléctrica son muy

53. El factor de utilización se define aquí como generación efectiva/capacidad total de generación.

54. Cfr. cuadros 36 y 37.

CUADRO 36  
EVOLUCION HISTORICA DE LA CAPACIDAD INSTALADA EN OPERACION  
MW

HIDROELECTRICA			TERMoeLECTRICA							
Año		Vapor	Ciclo combinado	Turbogás	Geotermo- eléctrica	Combustión interna	Carbo- eléctrica	Sub- totales	Participación térmica en el total (%)	Total
1965	2 149	1 775				241		2 016	48.40	4 165
1966	2 482	1 771				262		2 033	45.05	4 515
1967	2 511	1 863				268		2 131	45.91	4 642
1968	2 509	1 933				354		2 287	47.69	4 796
1969	3 229	2 038				391		2 429	42.93	5 658
1970	3 228	2 353				487		2 840	46.80	6 068
1971	3 227	2 677		318		276		3 271	50.34	6 498
1972	3 228	2 698		619		368		3 685	53.31	6 913
1973	3 446	3 049		866	75	290		4 280	55.40	7 726
1974	3 521	3 415	130	971	75	259		4 850	57.94	8 371
1975	4 044	3 821	610		75	251		5 786	58.86	9 830
1976	4 541	5 012	610	948	1 029	274		6 919	60.38	11 460
1977	4 723	5 061	720	1 266	75	247		7 369	60.94	12 092
1978	5 225	6 456	720	1 267	75	249		8 767	62.66	13 992
1979	5 219	6 716	720	1 259	150	234		9 079	63.50	14 298
1980*	5 992	6 616	540	1 190	150	137		8 633	59.03	14 625
1981	6 550	7 486	1 223	1 539	180	118	300	10 846	62.35	17 396
1982	6 550	8 325	1 223	1 686	205	101	300	11 840	64.38	18 390
TMCA **	6.78	9.52	10.45	16.37	11.82	-4.99	0	11.70		9.13

\* A partir de 1980, se indica la potencia real instalada al 31 de diciembre. En los años anteriores se reportó la suma de las capacidades de placa de las unidades generadoras.

\*\* TMCA = Tasa Media de Crecimiento Anual.

Fuente: CPE.

CUADRO 37  
EVOLUCION HISTORICA DE LA GENERACION BRUTA  
(GWH)

Hidroeléctrica			Termoeléctrica						Participación térmica en el total (%)	Total
Año		Vapor	Ciclo combinado	Turbogás	Geotermo- eléctrica	Combustión interna	Carbo- eléctrica	Sub- totales		
1965	8 638	5 690				389		6 079	41.31	14 717
1966	9 954	5 742				466				16 162
1967	10 855	6 601				479				17 935
1968	12 408	7 078				533				20 019
1969	13 303	8 974				788				23 065
1970	14 085	10 360				865		11 225	43.12	26 030
1971	14 269	13 321		437		456				28 483
1972	15 246	14 780		1 060		447				31 533
1973	16 081	15 462		2 070	161	470				34 244
1974	16 602	17 915	198	2 068	463	762				38 008
1975	15 016	19 562	1 646	3 403	518	734		25 863	63.27	40 879
1976	17 087	22 128	1 932	2 366	579	540				44 632
1977	19 035	25 280	2 045	1 537	592	456				48 945
1978	16 066	30 322	2 488	3 027	598	476				52 977
1979	17 839	33 098	2 317	3 343	1 019	454		40 231	69.28	58 070
1980*	16 740	37 012	3 267	3 623	915	311		45 128	72.94	61 868
1981	24 446	35 527	3 456	3 202	964	251	33	43 451	64.01	67 879
1982	22 729	40 025	5 272	2 438	1 296	187	1 278	50 496	68.96	73 225
T.M.C.A.	5.86	12.16	18.09	8.69	13.73	-4.22	--	13.26		9.90

\* Durante los meses de junio, julio y agosto de 1980 se hicieron restricciones al suministro de energía por 538 Gwh, debido a falta de capacidad en el sistema eléctrico, las cuales deberán ser tomadas en cuenta cuando se trate de calcular tendencias.

Gwh = millón Kwh.  
Fuente: CFE.



bajas, exige concentrar el análisis sobre el consumo y el uso eficiente de la energía del sector eléctrico en las primeras. Sin embargo, la perspectiva de la conservación de los recursos energéticos obliga al análisis de las posibilidades que presenta la generación hidroeléctrica como alternativa para un uso más equilibrado de los mismos.

La gran importancia en términos de capacidad que representan las plantas de vapor se ve incrementada cuando se examina su producción; la diferencia de los valores porcentuales de capacidad de producción radica desde luego en la forma de operación, ya que en general estas plantas de base tienen un alto factor de carga. La capacidad de las plantas de ciclo combinado se ha incrementado durante los últimos años, pero operan con un bajo factor de carga, al igual que las turbinas de gas, las de combustión interna y las carboeléctricas. Por el contrario, en la planta geotérmica se observa un alto factor de carga, si bien su incidencia en el sistema, tanto en capacidad como en producción es reducida. Por esta razón las posibilidades de ahorro se centran fundamentalmente en las plantas de vapor y, sobre todo, en las de mayor capacidad (cuadros 38, 39 y 40).

La estructura del parque termoelectrónico mexicano presenta una concentración alta en torno a las principales unidades del sistema, debiendo señalarse al respecto que:

- i) la producción de las dos plantas mayores de vapor (Tula en Hidalgo y Salamanca en Guanajuato) representa cerca de 25% de la generación bruta total;
- ii) la producción de las seis plantas mayores de vapor cubre 52.8% de la generación bruta total;
- iii) las 23 plantas de mayor capacidad producen 84.2% de la generación bruta, mientras que 15.8% es producido por aproximadamente 87 plantas menores;
- iv) se espera que en un par de años el porcentaje anterior cambie, y que un 90% de la producción sea proporcionado por las plantas mayores y sólo un 10% por plantas menores; esta conclusión se desprende al observar que varias plantas con unidades de 300 MW no alcanzaron una operación normal en 1981;
- v) el 15.8% correspondiente a la producción de las plantas menores, se cubre prácticamente con pequeñas unidades de vapor y turbogás, las plantas de ciclo combinado son todas mayores de 100 MW, mientras que las de combustión interna prácticamente no tienen participación en la generación.

## CUADRO 38

VARIACION PORCENTUAL DE LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA DE  
ACUERDO AL TIPO DE PLANTA (1976-1982)

Plantas termoeléctricas							
Año	Vapor	Ciclo combinado	Turbogas .	Geotermia	Combustión interna	Carbo- eléctrica	Total
1976	80.33	7.02	8.59	2.10	1.96		100.00
1977	84.52	6.84	5.14	1.98	1.52		100.00
1978	82.15	6.74	8.20	1.62	1.29		100.00
1979	82.27	5.76	8.31	2.53	1.13		100.00
1980	82.01	7.24	8.03	2.03	0.69		100.00
1981	81.80	7.96	7.37	2.22	0.58		100.00
1982	79.26	10.44	4.83	2.57	0.37	2.53	100.00

Fuente: CFE.

CUADRO 39  
 VARIACION PORCENTUAL DE LA CAPACIDAD DE LAS DIVERSAS  
 PLANTAS TERMOELECTRICAS (1976-1982)

Año	Vapor	Ciclo combinado	Turbogás	Geotermia	Combustión interna	Carbo- eléctrica	Total
1976	72.44	8.82	13.70	1.08	3.96		100.00
1977	68.68	9.77	17.18	1.02	3.35		100.00
1978	73.64	8.21	14.45	0.86	2.84		100.00
1979	73.97	7.93	13.87	1.65	2.58		100.00
1980	76.63	6.26	13.78	1.74	1.59		100.00
1981	69.02	11.28	14.19	1.66	1.08	2.77	100.00
1982	70.31	10.33	14.24	1.73	0.85	2.54	100.00

Fuente: Cuadro 38

CUADRO 40

## POTENCIA Y GENERACION BRUTA DE LAS PLANTAS TERMoeLECTRICAS DEL SISTEMA NACIONAL

126

USO Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO

Termoelectricas	Potencia real instalada Mw		Generación bruta		
	1980	1981	Gwh 1980	Gwh 1981	% 1981
<b>Vapor</b>					
Francisco Pérez Ríos (Tula)	1 200	1 200	7 715	6 402	14.74
Salamanca	860	860	5 061	4 198	9.67
Altamira	820	820	3 673	3 729	8.58
Valle de México	730	730	3 891	3 692	8.50
Monterrey	465	465	2 877	2 514	5.79
Guaymas II	484	484	2 472	2 409	5.55
Mazatlán II	316	616	1 897	2 112	4.86
Francisco Villa	-	415	699	1 807	4.16
Rosarito (Tijuana)	294	287	1 131	1 265	2.91
Jorge Luque	224	224	865	1 239	2.85
Lerma (Campeche II)	150	150	764	788	1.81
San Jerónimo	105	105	732	737	1.70
Poza Rica (Manantial)	117	117	886	666	1.53
Manzanillo	-	300	-	421	0.97
Río Escondido (Carbón)	-	300	-	20	0.05
<b>Total Vapor</b>	<b>5 765</b>	<b>7 073</b>	<b>32 663</b>	<b>31 999</b>	<b>73.67</b>
<b>Ciclo combinado</b>					
Dos Bocas	360	360	2 181	1 508	3.47
Gómez Palacios	180	180	1 086	914	2.10
Huinalá	-	252	-	780	1.80
Tula	-	278	-	204	0.47
El Sauz	-	153	-	45	0.11
<b>Total Ciclo Combinado</b>	<b>540</b>	<b>1 223</b>	<b>3 267</b>	<b>3 451</b>	<b>7.95</b>
<b>Turbogás</b>					
Jorge Luque	132	132	330	130	0.30
Nonoalco	136	136	270	19	0.04
<b>Total Turbogás</b>	<b>268</b>	<b>268</b>	<b>600</b>	<b>149</b>	<b>0.34</b>
<b>Geotermia</b>					
Cerro Prieto	150	180	915	964	2.22
<b>Total Plantas Térmicas Mayores</b>	<b>6 723</b>	<b>8 744</b>	<b>37 445</b>	<b>36 563</b>	<b>84.18</b>
<b>Total Plantas Térmicas Menores</b>	<b>1 910</b>	<b>2 102</b>	<b>7 681</b>	<b>6 870</b>	<b>15.32</b>
<b>Total Plantas Térmicas</b>	<b>8 633</b>	<b>10 846</b>	<b>45 128</b>	<b>43 433</b>	<b>100.00%</b>

Fuente: CFE, Informe de Operación 1981.

## PATRONES DE CONSUMO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

El esquema simplificado de una planta típica termoeléctrica de vapor (figura 6) permite ubicar los principales componentes de las mismas con los flujos energéticos respectivos. Dichos componentes son:

- generador de vapor o caldera,
- turbina de vapor,
- generador sincrónico trifásico,
- condensador principal,
- calentadores de agua del ciclo,
- bombas de agua del ciclo,
- transformador.

Asimismo, se pueden localizar los rubros de las principales pérdidas de energía, cuya cuantificación indicativa se concreta en este caso, considerando una eficiencia de 38% para todo el sistema. La relación de valores (cuadro 41) pone de manifiesto que las pérdidas mayores se concentran en el condensador (44%) y en la caldera (12%).

## CUADRO 41

## CONSUMO DE ENERGIA EN UNA PLANTA

## TERMOELECTRICA DE VAPOR

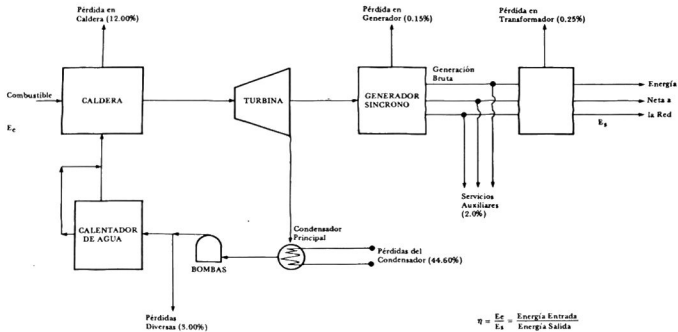
---

Caldera	12.00%
Condensador	44.60%
Pérdidas diversas	3.00%
Servicios auxiliares	2.00%
Generador	0.15%
Transformador	.25%
Eficiencia (Energía disponible a la salida)	<u>38.00%</u>
T O T A L (Energía de entrada)	100.00%

---

Fuente: Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

FIGURA 6  
ESQUEMA DE CONSUMO DE ENERGÍA EN PLANTA TERMoeLECTRICA  
DE VAPOR



La eficiencia de 38% representa la energía disponible después del transformador en términos de la energía que tiene el combustible que alimenta la caldera. Expresado en otra forma, a este nivel de eficiencia corresponden 2,263 Kcal/KWh, valor que se llamará consumo específico, salvo que exista la necesidad de distinguir entre generación bruta y neta.<sup>55</sup>

La relación anual entre el consumo de combustible de las plantas termoeléctricas y su generación neta posibilita el cálculo del consumo específico de las mismas y por lo tanto de su eficiencia (cuadro 42). De las tendencias observadas para el período 1965-1982 se concluye que:

- i) la generación neta creció a razón de 13.2% anual en dicho período, mientras que el consumo de combustibles lo hizo a sólo 11.9% en promedio. La diferencia es reflejo de mejoras tecnológicas que se manifiestan desde luego en los consumos específicos y las eficiencias durante los 17 años;
- ii) el consumo específico ha decrecido a un promedio de 1.08% anual, lo cual se refleja en un aumento de 1.09% anual de la eficiencia (figura 7).

Estas conclusiones corresponden al conjunto de la producción termoeléctrica, existiendo una marcada diferencia entre plantas, por lo cual es conveniente un análisis más detallado en relación a los consumos específicos y eficiencias de las plantas termoeléctricas, principalmente de las de mayor potencia (cuadro 43). Entre estas plantas se distinguen las de vapor, ciclo combinado y turbogás, debiendo incluirse el comportamiento en conjunto de todas las demás plantas térmicas, 187 en total, que se han definido como menores. Las principales conclusiones que se obtienen son las siguientes:

- i) Si se eliminan las turbinas de gas, la eficiencia de las plantas de vapor y de ciclo combinado se localiza entre 26% y 33%, lo cual se confirma en el histograma de la figura 8.
- ii) La eficiencia media ponderada para los diversos tipos de planta fue, en 1981, la siguiente:

Vapor	31.49%
Ciclo combinado	29.28%
Turbogás	21.84%
Térmicas menores	22.16%
Total del sistema	29.36% <sup>56</sup>

<sup>55</sup> Puesto que el calor disipado por un KWh equivale a 860 Kcal, dada una eficiencia de 4%, el consumo específico en Kcal/KWh, se obtiene de la relación:  $860/x$ .

<sup>56</sup> Cfr. cuadro 43. La diferencia entre este valor y el del cuadro 42 (de 29.94%), se debe a la diferencia en la cifra sobre la generación neta de las plantas.

CUADRO 42  
EVOLUCION HISTORICA  
DEL CONSUMO ESPECIFICO DEL SISTEMA  
TERMoeLECTRICO NACIONAL

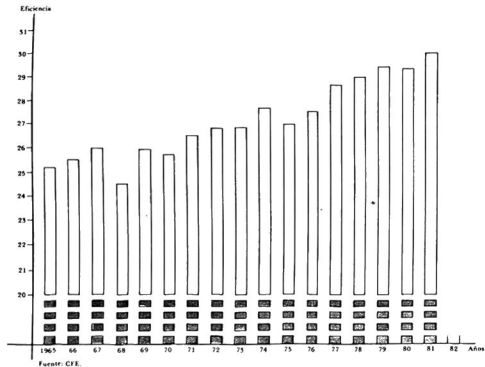
Año	Generación neta Twh	Consumo de combustibles Kcal x 10 <sup>12</sup>	Consumo específico Kcal/Kwh	Eficiencia %
1965	5.866	19.999	3 409.3	25.23
1966	5.992	20.236	3 377.2	25.47
1967	6.830	22.569	3 304.4	26.03
1968	7.376	25.894	3 510.6	24.50
1969	9.437	31.337	3 320.7	25.90
1970	10.866	36.327	3 343.2	25.72
1971	13.772	44.737	3 248.4	26.47
1972	15.753	50.525	3 207.3	26.81
1973	17.556	56.165	3 199.2	26.88
1974	20.669	64.154	3 103.9	27.71
1975	24.928	79.567	3 191.9	26.94
1976	26.478	82.819	3 127.8	27.49
1977	28.717	86.284	3 004.6	28.62
1978	35.392	105.091	2 969.3	28.96
1979	38.589	112.857	2 924.6	29.41
1980	43.107	126.204	2 927.7	29.37
1981	42.169	121.140	2 872.7	29.94
1982	48.134	136.333	2 832.4	30.36
TMCA	13.18	11.95	- 1.08	1.09

Nota: La generación neta de la primera columna resulta al multiplicar la generación neta total por la proporción de generación termoeléctrica, al año considerado.

Fuente: Sector Eléctrico Nacional, Estadísticas 1965-1982, CFE 1982.



FIGURA 7  
EVOLUCION HISTORICA DE LA EFICIENCIA DEL SISTEMA ELECTRICO  
NACIONAL (1965-1981)



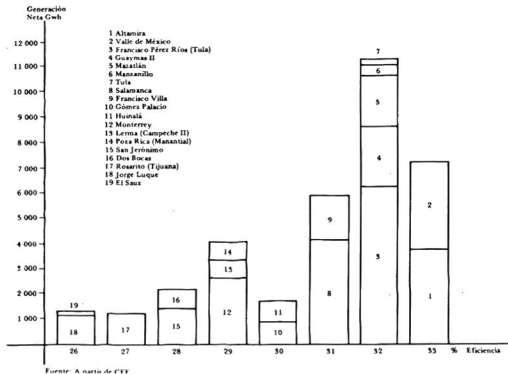
## CONSUMOS ESPECIFICOS Y EFICIENCIA DE PLANTAS TERMOELECTRICAS DEL SISTEMA NACIONAL (1981)

	Consumo combustible Kcal x 10 <sup>9</sup>	Generación neta Gwh	Consumo específico Kcal/Kwh	Eficiencia
<b>Vapor</b>				
Francisco Pérez Ríos (Tula)	16 226	6 209	2 612.9	32.91
Salamanca	11 236	4 072	2 759.8	31.16
Altamira	9 209	3 617	2 545.9	33.78
Valle de México	9 216	3 581	2 574.4	33.42
Monterrey	7 570	2 591	2 920.8	29.44
Guaymas II	6 093	2 336	2 607.5	32.98
Mazatlán	5 376	2 048	2 624.2	32.77
Francisco Villa	4 765	1 752	2 718.5	31.63
Rosarito (Tijuana)	3 871	1 227	3 154.7	27.26
Jorge Luque	3 848	1 201	3 201.8	26.86
Lerma (Campeche II)	2 230	764	2 917.5	29.48
San Jerónimo	2 155	714	3 014.4	28.53
Poza Rica (Manantial)	1 889	646	2 924.1	29.41
Manzanillo	1 080	408	2 644.7	32.52
Río Escondido*	131	19	-	-
<b>Total Vapor</b>	<b>84 897</b>	<b>31 185</b>	<b>2 731.1</b>	<b>31.49</b>
<b>Ciclo combinado</b>				
Dos Bocas	4 476	1 462	3 060.0	28.10
Gómez Palacio	2 517	886	2 839.0	30.29
Huinalá	2 167	756	2 864.1	30.03
Tula	521	197	2 632.9	32.66
El Sauz	141	43	3 230.2	26.62
<b>Total Ciclo Combinado</b>	<b>9 822</b>	<b>3 344</b>	<b>2 937.2</b>	<b>29.28</b>
<b>Turbinas</b>				
Jorge Luque	468	126	3 711.3	23.17
Noncalco	99	18	5 371.7	16.01
<b>Total Turbinas</b>	<b>567</b>	<b>144</b>	<b>3 937.5</b>	<b>21.84</b>
<b>Total Plantas Térmicas Mayores</b>	<b>95 286</b>	<b>34 673</b>	<b>2 748.1</b>	<b>31.29</b>
<b>Total Plantas Térmicas Menores</b>	<b>25 853</b>	<b>6 663</b>	<b>3 880.1</b>	<b>22.16</b>
<b>Total Plantas Térmicas</b>	<b>121 139</b>	<b>41 336</b>	<b>2 930.6</b>	<b>29.36</b>

\* Esta planta sólo operó durante poco tiempo en 1982.

Fuente: CFE, Informe de Operación 1981.

FIGURA 8

HISTOGRAMA DE EFICIENCIAS-GENERACION NETA DE ENERGIA  
(1981)

El significado de los aumentos logrados en la eficiencia de las termoeléctricas de CFE, se pone en evidencia al compararlos con los patrones internacionales por tipo de planta.

Si se contrastan los rangos de eficiencia típica de las plantas de vapor en el contexto internacional, con sus equivalentes mexicanos (cuadros 40 y 43, columnas 2 y 4 respectivamente, versus el cuadro 44) o con el promedio ponderado de la eficiencia de las plantas de vapor de México, se verifica que, en general, la eficiencia con la que operan dichas plantas está por debajo de los promedios internacionales.

#### CUADRO 44

##### EFICIENCIA TÍPICA DE PLANTAS A VAPOR (INTERNACIONAL)

Potencia por Unidad (Mw)	Rango de la Eficiencia (porcentaje)
0 - 0.1	7.5 - 11.5
0.1 - 1.0	10.0 - 19.0
1 - 10	17.0 - 24.5
10 - 50	22.0 - 31.0
50 - 100	27.0 - 34.0
100 - 1 000	35.0 - 40.0

Fuente: United Nations 1967.

Por otro lado, los patrones internacionales indican que las turbinas de gas empleadas en la generación de energía durante las horas de máxima demanda, tienen una eficiencia que va de 20% a 27%.<sup>57</sup> A su vez, la eficiencia media ponderada de las plantas de turbogás mexicanas (21.8%) es sólo un poco mayor al límite inferior logrado en otros países.

Las plantas de ciclo combinado aprovechan la energía de los gases de salida de una turbina de gas. Puede decirse, en

57. La eficiencia anterior es típica de una máquina de ciclo abierto y de flecha sencilla; estas unidades pueden alcanzar

general, que el agregar el ciclo de vapor a la turbina de gas representa un incremento de 10% a 12% en la eficiencia de la turbina de gas. De acuerdo con ello, se tendrán entonces eficiencias de 30% a 39% en las plantas de ciclo combinado; esto significa que se opera en un rango semejante a las plantas de vapor de más de 100 MW. El promedio ponderado de la eficiencia con la que trabajan estas plantas en México (29.28%) no llega al límite inferior del rango logrado en el contexto internacional.

La figura 9 muestra la evolución de los consumos específicos de las plantas termoeléctricas de algunos países industrializados de 1950 a 1976. Se observa una clara convergencia hacia un consumo específico de 2,510 Kcal/KWh equivalente a una eficiencia de 34% (cuadro 45). Por su parte, el sistema de plantas termoeléctricas de México logró en 1981 y 1982 niveles de eficiencia sólo cercanos a 30% (cuadros 42 y 43).

**CUADRO 45**  
**EFICIENCIA Y CONSUMO ESPECÍFICO**  
**DE PAÍSES SELECCIONADOS (1976)**

País	Consumo específico (Kcal/kwh)	Eficiencia %
Alemania Federal	2 750	31.27
Estados Unidos	2 700	31.85
Italia	2 500	34.40
Francia	2 400	35.83

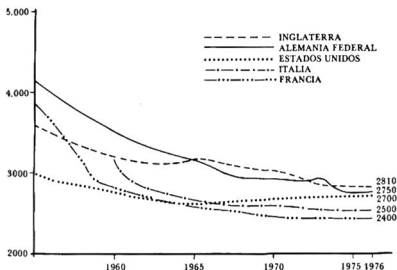
Fuente: Centro de Estudios de la Energía, *Situación energética de la industria, sector eléctrico*, 1979.

Es conveniente precisar que los valores de la eficiencia en la generación de electricidad no reflejan con claridad las particularidades del sistema termoeléctrico del país. En efecto, esto se debe a que dicho sistema se ha desarrollado rápidamente en los últimos años y su eficiencia global está influida por las grandes plantas de reciente instalación. Este fenómeno se aprecia en el histograma de la figura 8. Por esta razón, es conveniente llevar a cabo una comparación más

una potencia de 100 MW.

FIGURA 9

EVOLUCION DE CONSUMO ESPECIFICO DE PLANTAS TERMoeLECTRICAS  
EN PAISES SELECCIONADOS



Fuente: Centro de Estudios de la Energía *op cit.*

precisa, entre las grandes plantas de México y las de los países industriales seleccionados. Los valores estimados de eficiencias son de 32% para el primero y de 38.5% para los segundos; lo cual indica que existe un mayor potencial de ahorro en México que el insinuado por las cifras analizadas hasta el momento.

*Comparación de la eficiencia  
de las plantas termoeléctricas  
con patrones internacionales*

En esta sección se evaluarán las implicaciones energética y económica de las diferencias encontradas entre los patrones de consumo de las termoeléctricas mexicanas y las que operan en los países industriales, haciendo énfasis en las plantas grandes.

La importancia de mantener una alta eficiencia en una planta termoeléctrica, se apreciará al estimar el impacto energético y económico de ver disminuido en 1% la eficiencia de una unidad de vapor de 300 MW.<sup>58</sup>

La disminución de la eficiencia de una planta como la indicada de 38% a 37% trae aparejado un aumento del consumo específico de combustible de 7.7% y un flujo horario de combustible mayor en igual proporción.<sup>59</sup>

Si se considera que una unidad de 300 MW opera con una disponibilidad de 75% y un factor de planta de 80%, entonces el consumo anual adicional de combustible por el aumento en la ineficiencia de 1% será de  $9.65 \times 10^6$  l/año. El costo anual de tal reducción de la eficiencia será de 289.5 millones de pesos o de 1.5 millones de dólares al tipo de cambio actual (195 pesos por dólar), tomando un valor internacional de combustóleo de 30 pesos por litro.

Para estimar los impactos de un aumento en la eficiencia de las termoeléctricas mexicanas se tomarán en cuenta las estimaciones anteriores y los resultados de las comparaciones previas de las eficiencias logradas en México frente a las de los países industrializados. A partir de estas consideraciones (cuadros 40 y 43), puede decirse que:

- i) Las plantas de vapor con unidades de más de 100 MW, deberían tener una eficiencia de cuando menos 35%,

58. Ref. H. Hidalgo C. "Aprovechamiento Racional de la Energía en Centrales Termoeléctricas", CFE, Gerencia de Generación y Transmisión.

59. La cuantificación parte de suponer una eficiencia nominal de 38%; un flujo de combustible de 68,000 l/h y un consumo específico de 2,263 Kcal/KWh.

- superior en casi cuatro puntos a la eficiencia actual.
- ii) Las plantas de ciclo combinado también deberían tener una eficiencia cercana a 35% en vez de 29.28% lo grado.
  - iii) Los grupos de turbogás deberían alcanzar en promedio una eficiencia de 22% o 23%, y aquellos de más de 100 MW podrían operar con eficiencia cercana a 25%, y no de 16.01% o de 23.17% originadas en las plantas "Jorge Luque" y "Nonoalco" respectivamente.

En síntesis, el sistema de plantas térmicas mexicanas debería tener en sus principales plantas una eficiencia de 34% o 35% en vez de 30.4% actual.

Un aumento de un punto porcentual en la eficiencia del sistema repercute más que proporcionalmente en la eficiencia del consumo específico y en el consumo total de combustible, dado el carácter inverso de la relación entre consumo específico y eficiencia, es decir, debido a que el consumo específico se define por la relación:  $860/\text{eficiencia}$ .

La importancia para el sistema energético mexicano de la mejora en la eficiencia del parque termoeléctrico, se pone de manifiesto al evaluar el ahorro de energía correspondiente a un incremento de la eficiencia para un nivel de generación similar al de 1982.<sup>60</sup> En efecto, si en 1982 se hubiera operado con una eficiencia de 36% (5.6% superior a la de ese año) para producir 48.1 TWh, el ahorro hubiera sido de  $21.35 \times 10^{12}$  Kcal. Esta cantidad equivale a 16.6 MMBCE al año, es decir, aproximadamente 457 millones de dólares (cuadro 46).

60. En el cuadro 46 se presentan los beneficios al aumentar la eficiencia en 1% a partir del valor de 30.36% de eficiencia que se obtuvo para 1982. En el cuadro se tienen las siguientes columnas: en la columna (1) el valor porcentual de la eficiencia, en la columna (2) el consumo específico correspondiente, en la columna (3) el ahorro porcentual para el consumo específico, y en la columna (4) el ahorro en kilocalorías para la producción de 48.1 TWh correspondiente a 1982 (Cfr. cuadro 42).



CUADRO 46  
 AHORRO DE COMBUSTIBLE PARA UNA VARIACION INCREMENTAL DE LA  
 EFICIENCIA (OPERACION 1982)

Eficiencia (%)	Consumo específico (Kcal/Kwh)	Mejora en la eficiencia del consumo específico (%)	Reducción del combus- tible para 1982 Kcal x 10 <sup>12</sup>
30.36	2 832.36	0.0	0.0
31.00	2 774.19	2.05	2.80
32.00	2 687.50	5.11	6.97
33.00	2 606.06	7.99	10.89
34.00	2 529.41	10.70	14.58
35.00	2 457.14	13.25	18.06
36.00	2 388.89	15.66	21.35
37.00	2 324.32	17.94	24.45
38.00	2 263.16	20.10	27.40

Fuente: Estimación propia.

## MEDIDAS PARA EL USO EFICIENTE Y LA CONSERVACION DE LA ENERGIA

La naturaleza de la energía eléctrica ha permitido el desarrollo de una gran variedad de técnicas de transformación que posibilitan obtener el fluido eléctrico a partir de diversos energéticos primarios y mecanismos de conversión.

La figura 10 muestra una serie de fuentes de energía que permiten obtener energía eléctrica, destacándose su carácter renovable o no renovable. Esta diferencia entre fuentes permite considerar como solución óptima, desde el punto de vista de la conservación de energía, el empleo exclusivo de fuentes renovables en la generación eléctrica. Sin embargo, esta opción es difícilmente factible debido a diversas causas, entre otras, por los altos costos actuales de algunas de ellas frente a los de las fuentes no renovables y, adicionalmente, por la limitación física del recurso.

En el plano internacional, la mayoría de los sistemas eléctricos tienen una composición variada de fuentes renovables y no renovables para generar energía eléctrica. Si bien a principios de los setenta México tenía una estructura de producción eléctrica equilibrada, desde entonces transitó hacia una creciente dependencia de los hidrocarburos, es decir, de reducir las renovables.

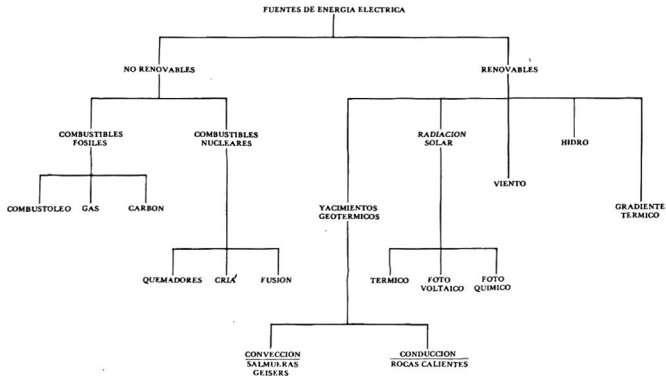
La importancia de la composición de las plantas que generan energía eléctrica en la conservación de los recursos no renovables, para el sistema mexicano, se examina en la siguiente sección.

La conservación del recurso puede lograrse, además, a través de un uso más eficiente del mismo. Para ello es conveniente adoptar medidas orientadas a tal fin, como las que se señalan a continuación:

- a) Conjunto de medidas que permitan a la planta generadora estar en condiciones de proporcionar la eficiencia para la que fue diseñada.
- b) Conjunto de medidas que permitan al sistema de plantas funcionar a su máxima eficiencia.
- c) Aprovechamiento del potencial energético contenido en el combustible; al respecto existen tres aspectos relevantes:
  - i) El aprovechamiento del potencial del combustible que se va a utilizar para generar vapor de proceso, obteniendo previamente energía eléctrica; esto significa la cogeneración en plantas industriales con requerimiento de vapor.
  - ii) El aprovechamiento del vapor residual en grandes plantas termeléctricas, es decir, lograr la cogeneración en

FIGURA 10

## POSIBLES FUENTES DE GENERACION FUTURA DE ENERGIA ELECTRICA



Fuente: Elaboración propia.

las compañías eléctricas al emplear el vapor como un subproducto.

iii) Mejorar las condiciones de conversión de energía con innovaciones tecnológicas, un ejemplo sería el ciclo combinado.

Respecto al punto a, se puede decir que para que una planta termoeléctrica proporcione la eficiencia esperada, deberá cuidarse de que el diseño, la construcción y la calidad de los equipos sean congruentes entre sí. Posteriormente, y ya en operación, se debe contar con un programa que preserve la eficiencia de la planta por medio de mantenimientos preventivos y correctivos. Las acciones al respecto, que se traducirán en ahorros de energía, se detallan a continuación:

1) Mantenimiento adecuado del condensador de vapor, debiéndose vigilar la correcta transferencia de calor. Esta se puede ver afectada por suciedades en los tubos o por encontrarse éstos en malas condiciones, un flujo insuficiente de agua o por un mal funcionamiento de la torre de enfriamiento.

Las pérdidas en el condensador de vapor pueden representar un incremento de 2% a 4% sobre las pérdidas totales del proceso de conversión.

2) El mantenimiento preventivo y correctivo de las calderas o de los generadores de vapor. La ausencia de estos cuidados puede representar disminuciones de 2% a 3% sobre la eficiencia global del proceso.

3) Además de los componentes anteriores, el programa deberá controlar otros equipos como los intercambiadores de calor, las turbinas, las válvulas y las bombas, los compresores, los ventiladores, los reductores e incrementadores de velocidad y los motores eléctricos.

Las fallas principales que se pueden presentar en estos equipos y que afectan la eficiencia son las siguientes: incrustaciones en intercambiadores, aislamiento defectuoso, fugas de vapor, instrumentación deficiente, vibraciones excesivas, desgaste excesivo de partes, desalineación y corrosión.

En cuanto a las medidas que permitan funcionar al sistema de plantas a su máxima eficiencia -punto b- se tienen las siguientes acciones:

4) Despacho económico de carga, incluyendo la coordinación hidrotérmica diaria. Esta forma de operación permite aprovechar la energía hidráulica disponible para un día de operación, minimizando los costos de operación del conjunto de plantas termoeléctricas que satisfacen la demanda de potencia exigida por la red en un momento dado.

5) Coordinación hidrotérmica anual: con esta medida se busca aprovechar al máximo el recurso hidráulico disponible a lo largo del ciclo anual. Se trata, en general, de disponer de la mayor potencia sin que se deje de utilizar toda la energía que en un momento dado puedan aportar los escurrimientos que llegan a las presas.

Existen también medidas que buscan alterar la forma de la curva de demanda en tal forma que ésta se aplane. Lograrlo significa una reducción tanto en los costos de capital como en los de operación, al permitir una operación más amplia con plantas "base", mejorando así la eficiencia global.

Las medidas tendientes a modificar la curva de la demanda incluyen, entre otras, las siguientes:

6) Tarifas diferenciales en tal forma que se desaliente el consumo durante las horas de mayor demanda. Esto significa presionar a los usuarios por medio del precio de la energía eléctrica para que consuman el fluido fuera de las horas de máxima demanda.

7) Rebombéo. En esta medida es la propia compañía eléctrica la que procura optimizar su generación. Se trata de alimentar un sistema hidráulico con rebombéo durante las horas de baja demanda, para devolver la energía en las horas de demanda máxima.

8) Interconexión de la red. Los consumos específicos pueden verse beneficiados por la interconexión de la red, ya que los factores de carga para las plantas de base se ven incrementados, mejorando así sus consumos de energía.

9) Control directo de cargas. Esta medida es para el mediano plazo, conduce a aplanar la curva al identificar la necesidad real de potencia del usuario, tanto en magnitud como en la hora del día y duración de la misma. El poder ejercer este control se basará en un perfeccionamiento de los medios de comunicación y su incorporación a sistemas de computación.

10) Reexaminar la red eléctrica en tal forma que se reduzcan las pérdidas en la misma y que se permita un mayor flujo eléctrico, con ello se pospondrá la instalación de nuevas plantas.

En relación con el aprovechamiento del potencial energético contenido en el combustible -punto c- se tienen las siguientes medidas respecto a la cogeneración (inciso i).

11) Cogeneración en plantas industriales. A través de este sistema será posible operar con eficiencias de 55% a 70%. De esta manera se liberaría de carga a la red eléctrica, eliminando así pérdidas de transmisión y posibilitando en algunas circunstancias enviar energía a la misma.

Entre las industrias mexicanas en que existe un potencial importante de generación conjunta de vapor y electricidad se tienen las siguientes:

PEMEX. Dentro de esta industria, el potencial eléctrico por cogeneración ha sido estimado a partir de la capacidad de producción diaria de barriles de crudo en las refinerías. Un estudio para PEMEX indica que empleando un esquema de cogeneración formado con turbina de gas y caldera de recuperación, permite disponer de 370 MW de potencia eléctrica por cada 100,000 barriles diarios de producción.<sup>61</sup> A partir de esta estimación se concluye que, para la capacidad de 1'200,000 barriles/día disponible en PEMEX, existe un potencial eléctrico estimado de 4,400 MW.

Siderúrgica. Se calcula que al menos la tercera parte de sus necesidades eléctricas pueden satisfacerse a partir del vapor ya disponible en la industria y que tales necesidades se aprovecharían mediante un esquema de cogeneración.

Química. Las necesidades de vapor en este sector permiten considerar que un 50% de sus requerimientos de energía eléctrica pueden cubrirse internamente, a partir de sustituir calderas de baja presión por esquemas de cogeneración.

Celulosa y papel. Al igual que la industria química, se estima que un 50% de la energía eléctrica consumida en esta rama industrial podría ser autogenerada.

Industria azucarera. Las necesidades de vapor de proceso permiten considerar que el 100% de los requerimientos de energía eléctrica de esta industria se pueden satisfacer por esquemas de cogeneración, e inclusive se puede enviar energía eléctrica a la red.

En cuanto al aprovechamiento del vapor de las termoeléctricas (inciso ii del punto c) es conveniente agregar las siguientes consideraciones.

12) En futuros proyectos, integrar las centrales termoeléctricas con mayor generación existentes (Tula y Salamanca), ya que se encuentran al lado de refinerías.

Por último, la medida que se refiere al mejoramiento de las condiciones de conversión de la energía (inciso iii del punto c) se conseguiría a través de la modificación de los sistemas.

13) Las plantas de ciclo combinado, al aprovechar los gases de la turbina de gas para la operación de una planta de vapor logran elevar la eficiencia global. Actualmente se

61. Cfr. Martiniano Aguilar 1978.

alcanzan eficiencias de 40%, pero se estima que en un futuro cercano se podría llegar a valores de 50% a 55%.

#### POTENCIAL DE AHORRO DE LA ENERGÍA A LOS AÑOS 1990 Y 2000

El análisis a futuro de dicho potencial lleva a estimar el crecimiento de la producción eléctrica. El pronóstico de crecimiento de la industria eléctrica parte de la evolución histórica de la generación de energía eléctrica (cuadro 47). Desde 1950 la producción creció según los valores que se presentan a continuación:

Periodo	TMCA (%)
1950 - 1960	9.20
1960 - 1970	11.45
1971 - 1981	9.05
1975 - 1981	8.90
1982	7.80
1983	2.20 <sup>62</sup>

De dicha evolución, se concluye que las TMCA reflejan una disminución en el crecimiento del sector eléctrico a partir de la década pasada, por lo cual se propone examinar un comportamiento futuro que tome en cuenta esta tendencia (fig. 11).

Las previsiones de los patrones futuros de consumo de energía de la industria eléctrica, los cálculos sobre ahorros potenciales y el estudio de la conservación de los recursos energéticos no renovables, se basan en los pronósticos sobre la generación de energía eléctrica y la composición del sistema eléctrico realizados por la CFE para el año 2000.<sup>63</sup> Sobre esta base se hace un corte al año 1990.

#### *La generación y la composición del sistema eléctrico a los años 1990 y 2000*

El punto de partida de las proyecciones es la composición y el nivel de la generación de energía eléctrica en 1982 y la proyección baja de producción prevista por CFE (cuadro 48). Se supone

<sup>62</sup>. En la figura 11 se muestra el detalle de estos cambios.

<sup>63</sup>. Cuadro 48.

## CUADRO 47

EVOLUCION HISTORICA DE LA GENERACIÓN  
NETA DE ENERGIA ELECTRICA (1950-1983)\*

Año	Generación Neta Gwh	Año	Generación Neta Gwh
1950	3 549	1967	17 363
1951	3 913	1968	19 425
1952	4 272	1969	22 349
1953	4 595	1970	25 288
1954	5 078	1971	27 672
1955	5 616	1972	30 569
1956	6 543	1973	33 161
1957	6 724	1974	36 664
1958	7 297	1975	39 428
1959	7 680	1976	42 617
1960	8 563	1977	46 873
1961	9 373	1978	51 181
1962	10 070	1979	55 164
1963	11 006	1980	59 100
1964	12 896	1981	65 900
1965	14 232	1982	71 050
1966	15 645	1983	72 650

\* Para obtener la generación bruta en forma aproximada agréguese un 3%.

Fuente: CFE.

que a partir de 1982 y hasta el año 2000, la TMCA de la generación de energía eléctrica será de 6.6%; asimismo, se incluyen sus dos perspectivas de diversificación, llamadas "moderada" y "alta" (DM y DA).

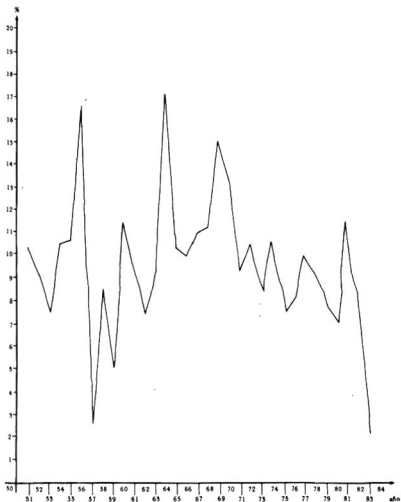
A partir de los supuestos indicados se concluye (cuadro 49):

- Para el año 2000, la generación con recursos no renovables en el caso de una diversificación moderada será de



FIGURA 11

EVOLUCION DE LA TASA DE GENERACION NETA DE  
ENERGIA ELECTRICA (1951-1983), PORCENTAJES



Fuente: Elaboración propia.

## CUADRO 48

PRODUCCION NETA DE ELECTRICIDAD  
1982-2000 (TWh)\*

Año	Twh
1982	73.2
1985	88.7
1990	122.1
1995	168.0
2000	231.3
TMCA	6.6%

\* La generación bruta es aproximadamente 3% superior a este valor.

Fuente: A partir de "proyección baja" de CFE 1984.

178.3 TWh y de 51.7 TWh con renovables; las cifras respectivas para la diversificación alta son de 163.8 TWh y de 66.2 TWh.

- La generación total de energía eléctrica será de 125 TWh para 1990 y de 230 TWh para el año 2000.

- Con una diversificación moderada se requerirán en 1990, 90.5 TWh generados a partir de recursos energéticos no renovables y 34.5 TWh de fuentes renovables. Si se adopta una diversificación alta los requerimientos para el mismo año serán de 86 TWh y de 39 TWh respectivamente.

- La diversificación de las fuentes conduce a una mayor dependencia hacia los recursos no renovables como el carbón y el uranio. En 1982, la participación del carbón en la generación de electricidad a partir de no renovables, fue sólo de 2.7%. En 1990 la incidencia de éste junto con el uranio, llegaría a 5.2% en el caso de escenario con diversificación moderada y a 23.8% en el de la diversificación alta. El peso relativo de ambas fuentes sería aún mayor para el año 2000:

31.6% en el primer escenario y 40.8% en el segundo (cuadros 49 y 50).

- La orientación propuesta para el futuro lleva a un despliegamiento progresivo de las fuentes renovables. En efecto, mientras que en 1982 la participación de los renovables fue de 32.8%, en 1990 se llegaría a 27.6% en el caso del escenario moderado y a 31.2% en el alto.<sup>64</sup>

La tendencia se profundizaría al año 2000, ya que, según el caso, representarían 22.5% y 28.8% respectivamente.

- La diversificación futura hacia recursos renovables es, por tanto, limitada, más aún si se toma en cuenta que CFE prevé que cualquier aumento de la demanda eléctrica por arriba de las 230 TWh, será cubierto por plantas a base de hidrocarburos.

#### *Conservación y ahorro de energía a los años 1990 y 2000*

Se proponen tres vías para el logro de la conservación y el ahorro de energía en la generación de electricidad:

- la diversificación hacia el uso de recursos energéticos renovables, lo cual repercute en la conservación de los no renovables;
- el aumento de la eficiencia en la operación de plantas termoeléctricas y,
- la cogeneración, o sea, el aprovechamiento de las necesidades de vapor en la industria para generar energía eléctrica.

i) *Conservación de energía a partir de variar la composición entre recursos renovables y no renovables*

Los logros de un esfuerzo de diversificación alta frente a una moderada, discutidos en la sección previa, llevan a las consideraciones siguientes (figuras 12 y 13).

- Para 1990, con el programa D. A. se requerirían 4.5 TWh menos de origen no renovable en comparación con el de D. M. (figura 12). Esta diferencia equivale a 3.6% de la generación total prevista para dicho año, y, si se opera con una eficiencia de 32.6%, se conservarían  $11.8 \times 10^{12}$  Kcal, o sea 9.4 MMBCE.<sup>65</sup>

- Para el año 2000 y con una D. A. se generarían 14.5 TWh menos con energéticos no renovables respecto a la D. M.

64. En la generación a partir de fuentes renovables, se incluye hidro y geotermoelectricidad.

65. La eficiencia de 32.68% es la prevista por CFE para el periodo 1984-1993 (cfr. CFE, julio 1984).

CUADRO 49  
COMPOSICION DE GENERACION DE PLANTAS DEL SISTEMA  
ELECTRICO EN LOS AÑOS 1982, 1990 Y 2000

Planta	1982	1990		2000		TMCA(2000/1982)		2000	
	Estructura presente (Twh)	Diversificación moderada	Diversificación alta (Twh)	Diversificación moderada	Diversificación alta (Twh)	moderada	alta (%)	Capacidad moderada	Instalada alta (Gw)
Hidroeléctrica	22.7	27.9	30.2	36.2	43.3	2.62	3.65	11.4	14.1
Geotérmica	1.3	2.8	3.0	7.0	9.9	9.80	11.90	1.0	1.5
Carbón	1.3	5.1	5.5	28.4	32.8	18.70	19.60	5.4	6.8
Nuclear	-	12.4	15.0	27.9	34.0	-	-	5.3	8.3
Hidrocarburos	47.9	73.0	65.5	122.0	97.0	5.30	4.00	27.8	22.1
Cogeneración	-	3.8	5.8	8.5	13.0	-	-	2.0	3.0
Total	73.2	125.0		230.0		6.57		52.9	55.8

Fuente: Estimación propia.

CUADRO 50  
 PARTICIPACION DE LOS RECURSOS RENOVABLES Y NO RENOVABLES  
 EN LA GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA (1982, 1990 Y 2000)  
 (PORCENTAJE)

	1982	1990		2000	
		Diversificación moderada	alta	Diversificación moderada	alta
Recursos renovables <sup>1</sup>	32.8	27.6	31.2	22.5	28.8
Recursos no renovables <sup>2</sup>	67.2	72.4	68.8	77.5	71.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

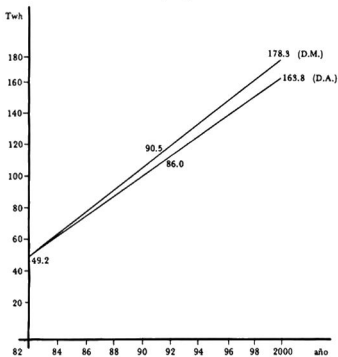
1. Incluye: Carbón, nuclear e hidrocarburos.

2. Incluye: Hidroeléctrica, geotérmica y cogeneración.

Fuente: Cuadro 49.

FIGURA 12

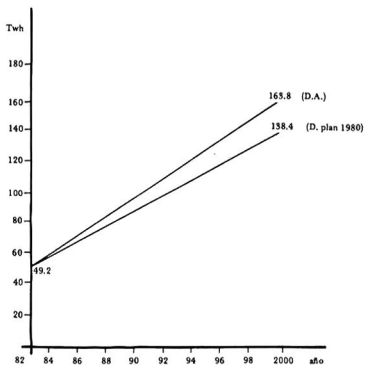
REQUERIMIENTOS DE RECURSOS NO RENOVABLES PARA LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD CON DIVERSIFICACIONES MODERADA (D.M.) Y ALTA (D.A.)



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 13

REQUERIMIENTOS DE RECURSOS RENOVABLES PARA LA PRODUCCION DE ELECTRICIDAD: DIVERSIFICACION MODERADA (D.M.) y ALTA (D.A.)



Fuente: Elaboración propia.

(figura 12), esta producción representaría 6.3% de la generación prevista.

En términos calóricos y con una eficiencia de 32.85% se ahorrarían  $37.96 \times 10^{12}$  Kcal de combustibles no renovables durante dicho año, o sea 29.6 MMBCE.<sup>66</sup>

En términos acumulados el volumen de conservación durante 18 años sería de 130.8 TWh, equivalentes a 267.11 MMBCE.

Los volúmenes de conservación serían más elevados si se toman como base las propuestas del Plan de Energía de 1980. El Plan tenía como propósito incorporar al año 2000 las 2/5 partes del potencial hidroeléctrico disponible. Es decir, de los 171.9 TWh disponibles de hidroelectricidad, se planeaba generar 68.7 TWh en ese año, este valor supera en 25.4 TWh a los requerimientos de renovables de la D. A. (figura 13 y cuadro 49).

Este hecho indica que en la actualidad las expectativas de desarrollo de la hidroelectricidad son inferiores a las que existían en el momento de la formulación del Programa de Energía de 1980. Esta postergación del aprovechamiento del potencial hidroeléctrico generará presiones mayores sobre los hidrocarburos, a la vez que permitirá la promoción, no necesariamente justificada, de fuentes alternativas a los mismos como el carbón y la energía nuclear. De esta manera se apela a fuentes no renovables, y se abre el camino a la dependencia de los mercados exteriores, ya sea de los energéticos, de la tecnología o del financiamiento.

*ii) Ahorro por aumentos en la eficiencia en la operación de las plantas termoeléctricas*

Los pronósticos sobre generación futura de energía a partir de termoeléctricas parten del uso de tres tipos de energéticos: hidrocarburos, carbón y uranio.

En este ámbito, la demanda de energía primaria se define por los requerimientos para la generación termoeléctrica y por la eficiencia de operación de las plantas del sistema.

Las estimaciones de ahorro potencial para los años de 1990 y 2000, toman en cuenta tales necesidades para el caso de la diversificación alta y los distintos niveles de eficiencia en la transformación (cuadros 51 y 52).<sup>67</sup>

Al contrastar las dos trayectorias: una que mantiene el nivel actual, otra que prolonga la mejora de la eficiencia según la tendencia histórica (incremento de 1% anual), se evidencia que:

66. La eficiencia de 32.85% es la prevista por la misma fuente para el año 2000.

67. Las eficiencias consideradas van de 30% a 42%.



CUADRO 51  
 NECESIDADES DE COMBUSTIBLE PARA GENERACION TERMICA DE 86 TWH AL AÑO  
 1990 Y 163,8 TWH AL AÑO 2000\* PARA DIFERENTES EFICIENCIAS

Eficiencia (%)	Requerimientos de recursos no renovables					
	Kcal x 10 <sup>12</sup> (anuales)		Barriles anuales (millones)		Barriles diarios (millones)	
	1990	2000	1990	2000	1990	2000
30	246.56	469.56	192.3	366.8	0.527	1.004
32	231.08	440.21	180.2	343.9	0.494	0.944
34	217.49	414.31	169.6	323.6	0.465	0.886
36	205.45	391.30	160.3	305.7	0.439	0.837
38	194.62	370.70	151.8	289.6	0.416	0.793
40	184.90	352.17	144.2	275.1	0.395	0.753
42	176.13	335.40	137.4	262.0	0.376	0.717

Como comparación, en 1893 se generaron 50.3 TWh de origen termoeléctrico (exceptuando carbón y geotermia), con una eficiencia aproximada de 30%, implicando un consumo de 309,000 barriles diarios equivalentes.

Nota: Se consideraron los niveles de generación térmica correspondientes al escenario de diversificación alta.

Fuente: Estimación propia.

CUADRO 52  
MEJORA DE EFICIENCIA DE ACUERDO  
A TASA HISTORICA DE 1%

Año	Eficiencia (%)
1981	29.95
1985	31.16
1990	32.75
1995	34.42
2000	36.18

Fuente: Estimación propia.

- De continuar con la eficiencia actual de 30% y bajo su puestos de crecimiento y generación considerados, se requerirá un equivalente energético de 527 MBDCE y 1004 MBDCE en 1990 y 2000 respectivamente.

- De mejorar la eficiencia de acuerdo a la tasa histórica, se tendrá una eficiencia de 32.75% y de 36.18% en las plantas termoeléctricas a los años 1990 y 2000.

- Con estas eficiencias requerirán, en 1990, 494 MBDCE; esto significaría 33 MBDCE menos que lo requerido por la eficiencia de 30%, es decir, un ahorro de 6.3%. Las cifras respectivas para el año 2000 son de 837 MBDCE requeridos, o sea 167 MBDCE menos, con un ahorro de 16.6%.

La obtención de mayores niveles de eficiencia, con el consecuente ahorro de energía, deberá ser, en parte, resultado de aplicar medidas conducentes a que las plantas generadoras se encuentren en condiciones de proporcionar la eficiencia para las que fueron diseñadas y que el sistema les permita operar a dichos niveles.

Sin embargo, si se tiene en cuenta que al año 2000, la tecnología a nivel mundial evolucionará y permitirá disponer de plantas comerciales de ciclo combinado o de otro tipo, con una eficiencia de 42% y considerando además, que para entonces el sistema nacional podría alcanzar una eficiencia global de 36%, se tendrá la opción de acelerar la mejora en la eficiencia del sistema, aumentando con ello el potencial de ahorro. A la diferencia entre los dos últimos niveles de eficiencia indicados corresponde una diferencia de consumo

de combustible de 120 MBCE. Por lo tanto, si para fines de siglo el sistema termeléctrico alcanzara el menor consumo específico aquí presentado, la demanda de energéticos no renovables sería de 28.6% menor a la que se registraría de continuar con la eficiencia actual (cuadro 51).<sup>68</sup>

En términos monetarios, el ahorro de combustibles representaría 3.3 y 7.9 millones de dólares diarios en el año horizonte al precio de 27.5 dólares (U.S.\$)/barril.

*iii) Ahorro por cogeneración*

Los ahorros de energía que se conseguirían por cogeneración a los años 1990 y 2000, para una producción total de 125.0 TWh y de 230.0 TWh respectivamente (cuadro 49), se analizarán en forma agregada con los supuestos siguientes:

- El sector industrial podrá generar en 1990 un 7.5% de sus necesidades de energía eléctrica a través de cogeneración y un 20% en el año 2000.<sup>69</sup>
- La participación del sector industrial en el consumo final de electricidad, una vez descontadas las pérdidas por transmisión y distribución de 14% de la energía generada, subirá a 56.5% en 1990 y se mantendrá en este nivel para el año 2000.

- La eficiencia de transformación en la empresa eléctrica será de 32.6% para 1990 y 36% para el año 2000.

Bajo los supuestos anteriores, se concluye que:

- La cogeneración de 7.5% para 1990 significa que el sector industrial requeriría de la red 56.1 TWh, en vez de 60.7 TWh que demandaría en caso de no introducir la cogeneración (figura 14). Tal reducción también afecta las pérdidas por transmisión: la generación neta de las plantas bajaría de 125 TWh a 119.7 TWh, es decir, se requerirían 5.3 TWh menos de energía eléctrica generada por la CFE.

A una eficiencia del 32.68%, esto significa un ahorro de  $13.94 \times 10^{12}$  kcal (30 MBCE) en combustibles o energéticos primarios.

- En el curso del año 2000 la cogeneración traería aparejada una reducción de 22.4 TWh en demanda del sector industrial a la producción de la CFE. Como consecuencia de ello, esta última disminuiría en 26.0 TWh, y la producción neta de electricidad para el consumo sectorial se reduciría de 230

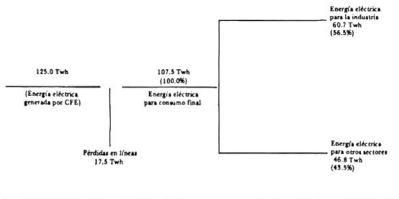
68. Ya se indicó previamente que la industria siderúrgica puede generar un tercio de la energía eléctrica que consume y que la química y celulosa y papel pueden generar hasta la mitad de sus necesidades de energía eléctrica. Adicionalmente hay potencial muy importante en PEMEX y en la industria azucarera.

69. Se dejarían de consumir 287 MBCE.

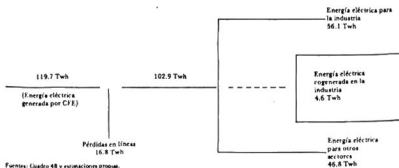
FIGURA 14

## AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR ELÉCTRICO POR COGENERACIÓN DE LA INDUSTRIA (1990)

a) Esquema sin cogeneración.



b) Esquema con cogeneración de 7.5% (4.6 Twh) en el sector industrial.



Fuente: Cuadro 48 y estimaciones propias.

TWh a 204 TWh. Esto equivale a un ahorro de energéticos no renovables del orden de los  $62.11 \times 10^{12}$  Kcal (133 MBDCE) (figura 15).

Las estimaciones sobre las reducciones a la demanda de energía primaria deben tomar en cuenta el consumo energético necesario para la cogeneración en la industria. Un balance energético real obliga a conocer el aumento en energía fósil ocasionado por el cambio de un esquema con calderas de baja presión que genera vapor, a uno con calderas de alta presión o de gas que generan electricidad y vapor.

Teniendo en cuenta estos consumos los volúmenes de ahorro se reducen en promedio en cerca de 45%, alcanzándose niveles efectivos de ahorro equivalentes a 16.5 y 73.1 MBDCE para los años 1990 y 2000.<sup>70</sup> En términos monetarios, estos niveles representan 163 y 724 millones de dólares en los años indicados.

Entonces, las necesidades de energético primario para la cogeneración en 1990 serán de  $4.6 \times 1.5 = 6.9$  TWh, o sea de:  $5.93 \times 10^{12}$  Kcal. El ahorro efectivo será entonces de  $13.94 \times 10^{12} - 5.93 \times 10^{12}$  Kcal =  $8.01 \times 10^{12}$  Kcal.

Para el año 2000 las cifras serán de 22.4 TWh de energía primaria necesaria para la cogeneración o  $28.75 \times 10^{12}$  Kcal. Restando este valor de la estimación previa de ahorro ( $62.11 - 28.75$ ), el ahorro efectivo será de  $33.36 \times 10^{12}$  Kcal.

Para dar una idea del impacto conjunto de los tres tipos de vías propuestas sobre uso eficiente, ahorro y conservación de energía en la generación de electricidad, deben agregarse los resultados parciales. El volumen total de energéticos no renovables conservados, debido a la combinación de diversificación, mayor eficiencia y cogeneración sería de 74.8 MBDCE para 1990 y de 463.3 MBDCE para el año 2000.

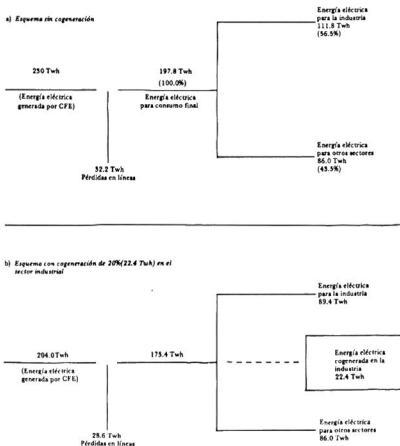
Estos volúmenes significan 2.1% y 13.0% respectivamente de la producción nacional de energía primaria de 1984 y casi al doble del consumo de combustibles de CFE en 1982 (cuadro 53).

En términos monetarios, los volúmenes ahorrados al precio promedio actual del crudo mexicano, serían de 750 millones de dólares y de 4 650 millones de dólares para 1990 y el año 2000 respectivamente.

<sup>70</sup> Para llevar a cabo el cálculo de dichos requerimientos se supone un esquema con turbinas y calderas de recuperación con una eficiencia de 67%, lo cual significa que para generar una Kcal eléctrica se necesitan 1.5 Kcal de entrada. Cfr. Gyftopoulos, Lazaridis, *et al.*, 1978, p. 24.

FIGURA 15

## AHORRO DE ENERGÍA EN EL SECTOR ELÉCTRICO POR COGENERACIÓN DE LA INDUSTRIA (2000)



Fuente: Cuadro 4A y cálculos propios.

CUADRO 53  
SECTOR ELÉCTRICO. IMPACTOS DE LAS MEDIDAS DE CONSERVACION  
Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA (1990 Y 2000)

	1990	2000	
	Volumen ahorrado MBDCE	Volumen ahorrado MBDCE D. Plan 1980	D. A.
1. Diversificación	25.3		
1.1 D. A.		81.1	81.1
1.2 D. del Plan de Energía 1980		142.1	
2. Por aumento en la eficiencia	33.0	167.0	167.0
3. Por cogeneración (neto)	16.5	73.1	73.1
Total	74.8	463.3	321.2
- Participación en la producción nacional de energía (1984) <sup>1</sup>	2.1%	13.0%	9.0%
- Equivalente en millones de dólares dia- rios del volumen ahorrado <sup>2</sup>	2.1	12.7	8.8

1. 3 579 MBD de hidrocarburos.

2. Al volumen de ahorro total se le aplicó el promedio del precio actual del barril Istmo y Maya: 27.5 dólares.

Fuentes: Estimaciones propias y *Programa Nacional de Energéticos 1984-1988*, p. 155.





## **Capítulo V**



## Sector transporte

En México, el movimiento de pasajeros y de carga se intensificó con gran celeridad desde los años cuarenta como consecuencia de la integración económica de las distintas regiones del país. Desde entonces, el Estado participó activamente en la implantación y mejora de una extensa red de caminos. Esta infraestructura sirvió de base para el desarrollo del transporte carretero, fomentado desde los años cincuenta por el apoyo concedido a la instalación y crecimiento de la industria automotriz en México. Al mismo tiempo y progresivamente los ferrocarriles perdieron importancia como medio de locomoción.

El rápido crecimiento del conjunto de esta actividad durante los años setenta se reflejó en sus variables macroeconómicas. El valor bruto de la producción del sector creció a una tasa de 10.3% anual entre 1970 y 1981, elevando su participación en el producto interno bruto de 4.2% a 6.0% en dicho periodo. Sin embargo, desde 1982 se ha dado una marcada

disminución en la actividad del transporte como consecuencia de las dificultades por las que atraviesa la economía nacional.

El sistema de transporte de México presenta una estructura desequilibrada en cuanto a la participación de los distintos medios que intervienen en el desplazamiento de cargas y de pasajeros. El interno de mercancías se basa mayoritariamente en el autotransporte al absorber 67.4% de la carga, 18% el ferrocarril y 14.6% el cabotaje; la participación del aéreo no es significativa en este rubro (cuadros 54, 55 y 56).

#### CUADRO 54

##### INDICADORES BASICOS DEL SECTOR TRANSPORTES, 1982

I NUMERO DE PERSONAS EMPLEADAS (MILES)		
1	TRANSPORTES CARRETEROS	602,862
2	TRANSPORTES FERROVIARIOS	103,507
3	TRANSPORTES MARITIMOS	16,556
4	TRANSPORTES AEREOS	29,028
	TOTAL	751,943
II LONGITUD DE LA RED (KM)		
1	CARRETERAS PRINCIPALES Y SECUNDARIAS (INCLUYE TERRACERIA)	213,316
2	FERROCARRILES	25,500
III TAMAÑO DEL PARQUE DE VEHICULOS		
	REGISTRADOS	EN CIRCULACION*
1	AUTOMOVILES	4,889,100
2	AUTOBUSES	98,600
3	CAMIONES	1,991,600
		2,453,400
		88,740
		1,310,600

\* Estimado, fuente: DIEMEX-WHARTON: *Proyecto Automotriz*, noviembre 1983.

Fuente: SECRETARIA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES, *Programa 1984-1989*.

## CUADRO 55

MOVIMIENTO DE PASAJEROS Y CARGA POR MEDIO DE TRANSPORTE  
1982

	C a r g a		P a s a j e r o s	
	10 <sup>3</sup> ton	Ton-Km millones	Millones	Pas-Km millones
Carretera	281,640	91,760	---	---
Autobuses	---	---	1,267	169
Automóviles	---	---	---	---
Ferrocarril	68,340	45	23	5.4
Marítimo	150,900	---	1.4	---
Aéreo	205	---	16	9.9
TOTAL	501,085		2,701	

Fuente: Secretaría de Comunicaciones y Transportes:  
Programa 1984-1989.

El rápido proceso de urbanización que ha experimentado el país y la creciente movilidad de la población, han repercutido en un acelerado crecimiento del transporte de personas. También en este caso el autotransporte es la pieza angular del sistema al absorber 97% del servicio público de pasajeros (cuadros 55 y 57). En el transcurso de los setenta esta situación se vio reforzada ante la pérdida de importancia del ferrocarril. En el mismo periodo se extendió rápidamente el transporte aéreo, llegando a movilizar una proporción de pasajeros ligeramente inferior a la del transporte ferroviario (1.8% y 1.1%, respectivamente).

CUADRO 56  
CARGA TRANSPORTADA SEGUN MEDIOS DE TRANSPORTE

T R A N S P O R T E						
Años	Carga transportada (Miles de ton)	Carretera %	Ferroviario %	Marítimo*	Aéreo**	Total
1970						
1971	223,409	66.0	22.8	11.2	N.S.	100
1972	231,441	66.2	21.6	12.2	N.S.	100
1973	242,237	66.0	22.1	11.9	N.S.	100
1974	267,505	62.4	23.1	14.5	N.S.	100
1975	282,130	61.7	22.4	15.9	N.S.	100
1976	287,791	62.5	21.8	15.7	N.S.	100
1977	291,487	64.7	23.5	11.8	N.S.	100
1978	305,954	65.7	22.7	11.6	N.S.	100
1979	337,614	66.5	20.1	13.4	N.S.	100
1980	381,893	66.3	18.3	15.4	N.S.	100
1981	409,579	67.4	18.0	14.6	N.S.	100

\* Se refiere exclusivamente al movimiento de cabotaje.

\*\*Servicio nacional.

N.S.=No significativos.

Fuente: Elaborado con base en datos de la Dirección General de Planeación,  
Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## CUADRO 57

ESTRUCTURA DEL TRANSPORTE DE PASAJEROS  
POR MEDIOS PRINCIPALES

Año	Pasajeros transportados (miles)	Carretero	Ferrovionario	Marítimo	Aéreo*
1970	471,824	91.6	7.9	N.S.	0.5
1971	510,392	92.9	6.6	N.S.	0.5
1972	536,202	93.1	6.3	N.S.	0.6
1973	542,020	93.9	5.3	0.1	0.7
1974	555,684	94.5	4.5	0.1	0.9
1975	620,351	94.9	4.0	0.1	1.0
1976	732,244	95.6	3.3	0.1	1.0
1977	820,448	95.4	3.5	0.1	1.0
1978	875,075	95.5	3.3	0.1	1.1
1979	1,041,318	96.4	2.5	0.1	1.0
1980	1,188,282	96.9	2.0	0.1	1.0
1981	1,277,626	97.0	1.8	0.1	1.1

\* Servicio nacional.  
N.S.=no significativo.

Fuente: Elaborado con base en datos de la Dirección General de Planeación. Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

## PATRONES DE CONSUMO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGIA

La estructura del transporte condicionó el consumo sectorial de energéticos y la producción de éstos; junto con los bajos precios, contribuyeron a reforzarla.

A nivel mundial, los transportes son altamente dependientes del petróleo para sus necesidades de energía; México no constituye una excepción ya que la energía usada para tal fin se deriva en 98% de esa fuente primaria. Esta particularidad proviene de las ventajas para el sector, de utilizar un combustible líquido con una alta densidad de energía. En México, al tiempo que aumentó sus niveles absolutos de consumo, incrementó su participación relativa en el consumo nacional.

Durante el periodo 1970-1982, la TMCA del consumo final de energía del sector fue de 8.5% con tasas entre 11% y 13% en los años 1979 a 1982. Por su parte, la participación relativa en el consumo final nacional de energía pasó de 38.2% en 1970, a 39.2% en 1975 y 41.3% en 1982, frente a una disminución de la participación de los otros sectores, como el industrial (cuadros 58 y 59).<sup>71</sup>

### CUADRO 58

#### CONSUMO FINAL DE ENERGIA EN EL SECTOR TRANSPORTES

KCAL X 10<sup>12</sup>

	Derivados del petróleo		Electricidad
1970	100.1		1
1973	132.1		1
1975	146.2		1
1976	165.5		1
1977	177.0		1
1978	184.2		2
1979	219.2		2
1980	241.6	266.7*	2
1981	269.1	308.7*	2
1982	271.3*	296.1*	2

\* Valores estimados. La diferencia radica en las metodologías empleadas para realizar el balance energético. Las estimaciones se hacen a partir del destino de los combustibles, pues no se cuenta con estadísticas detalladas que permitan conocer el destino final preciso de ellos.

Fuente: SEPAFIN, Dirección General de Energía.

71. Las proporciones obtenidas de otras fuentes difieren. Sin embargo, todas indican que el consumo subió durante los años setenta, cfr. capítulo I.



## CUADRO 59

ESTRUCTURA DEL CONSUMO FINAL DE ENERGIA  
EN MEXICO POR SECTOR DE DESTINO  
(PORCENTAJE)

SECTOR	1970	1975	1980	1981	1982
INDUSTRIAL	37.6	35.6	32.6	31.2	31.8
TRANSPORTE	38.2	39.2	40.6	41.0	41.3
OTROS SECTORES	17.3	17.6	17.4	16.9	16.8
NO ENERGETICO	6.9	7.6	9.4	10.9	10.1
TOTAL	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

Nota: No se incluye el consumo del sector energético.

Fuente: SEPAFIN, Dirección General de Energía.

Dentro de la estructura del sector transporte, una actividad que merece atención particular es la asociada a la industria petrolera mexicana. Petróleos Mexicanos es un importante usuario de las redes de transporte ferroviario y carretero, y de las instalaciones portuarias, participando con una proporción cercana a 40% en el movimiento de carga del transporte nacional. De allí la significancia que tiene PEMEX en el proceso de planeación del transporte y, en particular, del uso eficiente de la energía del mismo.

En 1981, el total de carga transportada por esta industria ascendió a 202 millones de toneladas, correspondiendo casi la totalidad de ella (96%) a petróleo crudo, gas y productos derivados, y el resto a equipos y materiales utilizados en la operación de la empresa. De esta carga, la red de ductos transportó 75%, 12% fue movida por barco y 13% por ferrocarril o carretera (en los tres últimos medios, el 2% de la carga correspondió a equipos y materiales).<sup>72</sup>

Así, PEMEX incide en 8% del transporte nacional de mercancías por carretera y en 6% del total nacional de carga que se mueve por ferrocarril.

72. Fuente: PEMEX.

Como fuentes de energía para el sector transporte, la gasolina, el diesel, el gas licuado y en menor medida el gas natural, poseen características similares por su origen; sin embargo, existen diferencias muy importantes en cuanto al papel que juegan en usos preferentes, su grado de sustitución y la calidad de su uso, y las particularidades con respecto a los requerimientos de capital para su producción, distribución y consumo.

La participación en 1982 de los distintos energéticos secundarios en el consumo del sector, indica una alta concentración en torno a los derivados del petróleo y, en particular, a la gasolina (55.5%) y el diesel (37.6%). Completan la estructura de consumo la turbosina y el gasavión (5.5%) y el gas licuado y el combustóleo (1.4% ambos). Dados los niveles de consumo de estos derivados, la electricidad y el gas natural no tienen una participación significativa en dicha estructura.<sup>73</sup>

Se consideró conveniente desagregar e investigar la estructura de consumo para cada uno de estos carburantes, por lo que a continuación se tratan por separado.

#### *a) Gasolina*

Las gasolinas automotrices se distribuyen al mercado en dos tipos: Nova y Extra. La Nova de 83 octanos, y con tetraetilo de plomo, representa el 95% del mercado a nivel nacional. Por su parte la Extra de 91 octanos, y sin tetraetilo de plomo se consume de forma marginal, con la excepción de la franja fronteriza, en donde el patrón de consumo de este producto se ve distorsionado por el tipo de parque vehicular propio de la zona, así como por la afluencia de vehículos extranjeros en la misma.

Las gasolinas se destinan en su totalidad a satisfacer las necesidades del sector transporte, su utilización se concentra en el transporte individual (cuadro 60).

En 1982 las ventas interiores de este producto ascendieron a 131,736 MB y su distribución fue la siguiente: 65% automóviles particulares, 21% camiones, 8% taxis y 6% autobuses.

El crecimiento en el consumo de las gasolinas fue de 8.0% promedio anual en el periodo 1972-1982, observándose una TMCA máxima de 15% en el año 1981. Este rápido crecimiento del consumo se debió en parte al transporte interurbano, pe-

73. Fuente: Grupo Intersecretarial de Transporte 1981.

ro fundamentalmente al creciente movimiento y congestión de las principales ciudades de México.

**CUADRO 60**  
**DESTINO DE LOS COMBUSTIBLES POR MEDIO**  
**DE TRANSPORTE (1982)**  
**(PORCENTAJE)**

Combustible	T r a n s p o r t e				Total
	Carretero	Ferrovionario	Marítimo	Aéreo	
Gasolina (1)	99.5	---	---	0.5	100
Diesel	89.0	7.6	3.4	---	100
Gas Licuado	100.0	---	---	---	100
Turbosina	---	---	---	100.0	100

(1) Incluye gasolinas automotrices y gasaviones.

Fuente: Elaborado a base de datos de PEMEX, *Anuario Estadístico*; Comisión Intersecretarial del Transporte; Dirección General de Energía e Investigación Directa.

Para la distribución de los combustibles, Petróleos Mexicanos cuenta con 61 agencias localizadas en todo el país. Durante 1982, el 43% de las ventas de gasolinas se concentraron en sólo cuatro de ellas, que han sido precisamente las de mayor crecimiento: ciudad de México (D.F.), Ciudad Juárez, Guadalajara, Monterrey.

De ellas destacan las dos últimas, ya que aumentaron su consumo en 10.4% y 9.7% respectivamente, en promedio, para el periodo 1972-1982.

En el D.F., al que en 1982 correspondió 26.6% del total de ventas internas, la demanda de gasolinas creció a razón de 5.9% anual para el mismo periodo.

Esto significa que el autotransporte, la urbanización y la concentración de la actividad económica en unas cuantas ciudades se combinaron con la producción de vehículos para incidir de manera importante sobre el alza de la demanda. Esta dinámica se acentuó en la segunda mitad de los setenta,

es decir, en pleno proceso de la expansión económica basada en la explotación de los hidrocarburos, con la consecuente presión sobre la estructura productiva de las refinerías del país.

### *b) Diesel*

En el país se producen dos tipos de combustibles diesel, denominados Diesel Nacional y Diesel Especial. El llamado Nacional, contiene una mayor proporción de azufre que el Especial. Este último se comercializa principalmente en aquellas ciudades del país en donde la contaminación ambiental alcanza proporciones altas, como son Monterrey, Guadalajara y México, D.F. También se usa en algunas de las locomotoras de Ferrocarriles Nacionales que requieren de este tipo de combustible para evitar la degradación acelerada de ciertas partes de los motores.

El Diesel Especial representa aproximadamente 25% del total del diesel comercializado y sólo se produce en tres de las nueve refinerías que opera Petróleos Mexicanos. El Nacional, por su parte, es el que normalmente se emplea en los autobuses y camiones interurbanos, así como en las embarcaciones de la flota de carga y pesquera.

Por su peso en la demanda energética del sector, el diesel aparece como complementario de las gasolinas en el auto-transporte.

En 1982, el diesel utilizado en el sector representó 77.5% del consumo nacional de este combustible, destinándose mayoritariamente al transporte carretero (89%) y en menor medida al marítimo (7.6%) y ferroviario (3.4%) (cuadro 60).

El diesel presenta características similares a las gasolinas en cuanto a la relación entre consumo, urbanización-concentración y medio de transporte. En 1982 se comercializó en un 33.2% en cuatro agencias: Gómez Palacio, Guadalajara, Monterrey y D.F., siendo este último el mayor centro consumidor, con 16% de las ventas a nivel nacional. Al igual que en el caso de las gasolinas, las agencias de Monterrey y Guadalajara fueron las que presentaron un mayor dinamismo durante el periodo 1972-1982, al registrarse en ellas una TMCA de 10.6% y 9.3% respectivamente. La alta concentración del mercado para el diesel y la gasolina, permite enfocar las estrategias de conservación y uso eficiente hacia los grandes centros consumidores, los cuales presentan características muy similares en sus patrones de consumo.

*c) Gas licuado*

La utilización de gas licuado como carburante en motores de combustión interna ha sido marginal con respecto a su aplicación en otros usos, representando cerca de 0.5% de su consumo total. Sin embargo, en los últimos años y debido principalmente a la relación de precios entre este producto y las gasolinas (medido en términos de pesos por kilocaloría), se ha observado una tendencia ascendente en su consumo como carburante, sobre todo en compañías con grandes flotillas de vehículos.

Actualmente los servicios municipales de transporte de al menos dos ciudades importantes (Guadalajara y Ciudad Juárez) utilizan gas licuado como combustible. En cuanto a los automóviles particulares, un número significativamente alto de ellos se ha convertido al uso de este carburante, adaptación que resulta relativamente sencilla y económica en términos del costo de la unidad y de los ahorros que se obtienen por gasto en consumo de combustibles (cuadro 61).

La utilización del gas licuado como combustible en aplicaciones de mayor potencia ha sido facilitada por la tecnología de los turbocargadores. Es ahora posible adaptar a gas licuado los sistemas diesel de la maquinaria semipesada, como los tractores agrícolas.<sup>74</sup>

En cuanto a los restantes energéticos secundarios usados en el transporte, cabe destacar que el combustóleo se utiliza mezclado con diesel (con una proporción de 85%/15%) como carburante en motores marinos y en grandes instalaciones industriales. Su incidencia en los consumos del sector es muy baja en comparación con la de las gasolinas y del diesel.

La energía eléctrica, por su parte, se utiliza en forma mínima comparada con los demás energéticos; su empleo se concentra en el transporte urbano, es decir, en el metro y en el trolebús. A pesar de la baja participación en el consumo energético sectorial, el metro es un medio de primordial importancia en el sistema de transporte urbano de la ciudad de México. Este inició sus operaciones en 1969 con una sola lí-

<sup>74</sup> En la práctica ya se ha demostrado la factibilidad de operar las locomotoras diesel a partir de dos combustibles complementarios. En tal operación el combustible primario es el gas licuado, pero también se inyecta una pequeña cantidad de diesel al motor para proporcionar la ignición de compresión necesaria para la operación del motor. En algunas regiones de Estados Unidos, dada una relación de precios favorables al gas licuado, se substituyó al diesel de las locomotoras.

CUADRO 61  
ESTADÍSTICA VEHICULAR POR ENTIDAD FEDERATIVA Y  
CLASE DE VEHÍCULO, PARA EL GAS LICUADO

Entidad federativa	Automóvil	Camión	Chasis	Omnibus	Tractor	Total
Aguascalientes	30	19	1	64	5	139
Baja California Nte.	875	213	4	825	34	1,951
Baja California Sur	168	31		29	1	229
Campeche	50	41	8	49		148
Coahuila	256	100	23	352	100	831
Colima	13	26		55		94
Chiapas	84	143	4	123	1	355
Chihuahua	222	153	5	554	53	987
Distrito Federal	756	414	30	450	41	1,691
Durango	54	58	12	133	31	288
Guanajuato	156	155	9	621	84	1,025
Guerrero	164	99	3	338	9	613
Hidalgo	107	52	8	994	10	1,171
Jalisco	260	210	14	1,189	96	1,769
Estado de México	125	85	4	1,301	15	1,530

Entidad federativa	Automóvil	Camión	Chasis	Omnibus	Tractor	Total
Michoacán	77	99	8	541	7	732
Morelos	54	60	3	228	3	348
Nayarit	12	25	1	79	2	119
Nuevo León	1,085	238	27	898	420	2,668
Oaxaca	98	61	3	301	4	467
Puebla	295	148	15	950	31	1,439
Querétaro	15	28		85	3	131
Quintana Roo	26	8		8	2	44
San Luis Potosí	78	78	1	335	15	507
Sinaloa	153	160	7	316	7	663
Sonora	149	114	7	292	44	606
Tabasco	56	42	9	268	1	376
Tamaulipas	356	57	10	377	101	901
Tlaxcala	49	16	1	122		188
Veracruz	189	129	24	839	32	1,213
Yucatán	67	64	8	55	6	200
Zacatecas	16	14	1	86	2	119
TOTALES	6,095	3,160	250	12,877	1,160	23,542

Fuentes: Secretaría de Comunicaciones y Transportes y PEMEX.

nea de 11.5 Km. de longitud. En la actualidad cuenta con una red de más de 100 Km. de extensión y una capacidad de transporte superior a los cuatro millones de pasajeros por día. Sus características han facilitado el desplazamiento con rapidez de un volumen creciente de la población, cubriendo las distancias relativamente grandes de la ciudad y disminuyendo el congestionamiento y la contaminación ambiental.

Este medio de transporte urbano no es sólo el más eficiente en términos de la relación entre energía consumida/pasajeros transportados/distancia recorrida, sino que además, el metro del D.F. ha aumentado continuamente su eficiencia. En efecto, la electricidad consumida pasó de 246.6 GWh en 1972, a 377.8 GWh en 1980, creciendo a razón de 4.4% anual, mientras que la energía consumida por pasajero bajó de 0.634 KWh/pasajero a 0.415 KWh/pasajero en el mismo periodo. Esta variación del consumo específico indica un aumento de la eficiencia de este medio en aproximadamente 65%.

#### FACTORES QUE INCIDIERON EN EL USO INEFICIENTE DE LA ENERGÍA

Los factores que influyeron en la evolución hacia un uso poco eficiente de la energía en el sector pueden reunirse en dos grupos principales. Por un lado los económicos, y por otro las técnicas de estructura y organización del sistema de transportes. La separación entre éstos es formal y con fines de simplificación, ya que ambos aspectos se encuentran íntimamente vinculados.

Dada la fuerte incidencia del autotransporte en el sistema mexicano, el estudio se centrará en él sin que por ello se considere menos importantes a los demás medios. El potencial de ahorro se encuentra en el autotransporte, si bien en el futuro los demás, el ferrocarril en particular, deberían jugar un papel central en la modificación de la actual estructura y, por lo tanto, en la conservación de la energía.

##### *a) Factores económicos*

La política tradicional de bajos precios de la energía en México siguió vigente durante los setenta. Las alzas de los precios de 1973 no modificaron sustantivamente dicha política, pero las introducidas desde 1981, en combinación con la crisis económica, influyen en la contracción de la demanda energética, en particular de la gasolina usada en transportes.

El bajo nivel histórico de los precios de los combustibles para el transporte propició su consumo dispendioso, <sup>90</sup>



bre todo el de las gasolinas automotrices, pero al mismo tiempo apoyó el desarrollo de los servicios de transporte (figura 16).<sup>75</sup>

Los precios relativos de combustible complementarios o sustitutos pueden ser herramienta para orientar a los usuarios hacia determinados consumos. En el caso de la gasolina y del diesel, los precios fijados para cada uno de ellos constituyeron un incentivo para el consumo del diesel. En efecto, ya sea en términos volumétricos o energéticos, la gasolina ha sido considerablemente más cara que el diesel. Sin embargo, esta situación tendió a modificarse en la segunda mitad de los setenta ya que la relación de precios gasolina/diesel pasó de 4.93 en 1973 a 1.76 en 1983 (cuadro 62).

## CUADRO 62

### PRECIOS RELATIVOS DE COMBUSTIBLES USADOS EN EL TRANSPORTE (PORCENTAJE)

	1973	1975	1977	1979	1980	1981	1982	1983
1.	4.38	4.2	4.30	2.80	2.80	2.40	2.00	1.58
2.	4.93	5.25	4.84	3.15	3.15	2.70	2.25	1.76
3.	0.41	0.95	0.57	0.57	0.60	0.35	0.16	0.24
4.	1.99	4.47	2.77	1.80	1.86	0.95	0.35	0.42

1. Precio gasolina Nova/precio diesel (en volumen).

2. Precio gasolina Nova/precio diesel (en Kcal).

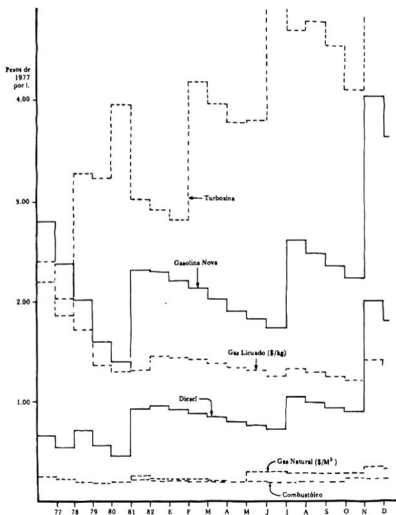
3. Precio gas licuado de petróleo/precio gasolina Nova (en Kcal).

4. Precio gas licuado de petróleo/precio diesel (en Kcal).

Fuente: PEMEX, *Anuario Estadístico 1983, México, 1984.*

<sup>75</sup>. Cfr. capítulo 1.

FIGURA 16  
EVOLUCION DE LOS PRECIOS REALES DE LOS  
PRINCIPALES PETROLIFEROS



Fuente: PEMEX y Banco de México: Indicadores Económicos, mayo de 1983.

Este incentivo para el uso del diesel no se tradujo en una transformación de fondo del parque de automóviles, incidiendo preferentemente en el transporte colectivo de carga.

El diferencial de precios existente entre combustibles alternativos ha inducido a los consumidores a sustituirlos. Tal es el caso del gas licuado, cuyo bajo precio y su alto grado de sustituibilidad con la gasolina, en motores de combustión interna, ha provocado el desplazamiento parcial de esta última (cuadro 62). La relación de precios entre el gas licuado y la gasolina Nova fue de 0.41 en 1973 y 0.24 en 1983. Este proceso generó una creciente presión sobre la demanda nacional de gas licuado y redundó en la necesidad de importarlo ante la insuficiente capacidad de la planta productiva instalada.

La sustitución o la complementariedad entre energéticos se verifica también entre el diesel y las kerosinas. Estos productos suelen mezclarse para sustituir al diesel puro; una práctica usual entre los transportistas de carga, que provoca un uso ineficiente de los motores.

*b) Factores técnicos, de estructura  
y organización del sistema de transportes*

El hecho de que el sistema mexicano de transportes se base fundamentalmente en el autotransporte, con motores de combustión interna y particularmente gasolinero, obliga a analizar la eficiencia de conversión de la energía en este campo. A su vez, es necesario tener en cuenta las diferencias existentes entre los motores de ciclo Otto y Diesel en cuanto a los rendimientos energéticos, ya que estos últimos, relativamente poco difundidos, podrían constituir una opción alternativa para mejorar el uso de los combustibles.

Las condiciones de operación son tanto o más importantes que los aspectos estructurales en la determinación del nivel de consumo energético y de su evolución. En este inciso se incluye su estudio para el caso de los autotransportes.

La transformación de la energía del combustible a energía mecánica en motores de combustión interna está asociada a rendimientos de conversión bajos. Los motores de gasolina y diesel se diseñan con una eficiencia máxima de 26% y 38% respectivamente, pero en la realidad, sus rendimientos promediados difícilmente sobrepasan 10% para los motores de gasolina y 30% para los de diesel.

Se estima que la energía del combustible no aprovechada en el motor se disipa de la manera siguiente: 45% de la energía calórica se pierde debido a que el motor expulsa gases

de combustión que se encuentran a temperaturas muy altas; 20% se disipa en el agua o aire de enfriamiento y 5% en pérdidas por fricción. Más aún, en las máquinas de alta compresión más modernas, sólo se puede convertir el 30% de la energía útil en trabajo.

El rendimiento de transformación del motor de un vehículo se ve afectado por factores relativos a las características de diseño del primero. La utilización de la dirección hidráulica, los frenos de potencia, y en particular de la transmisión automática, reducen la eficiencia y aumentan el consumo de energía. En este sentido, la relación entre el peso muerto y la potencia del motor tiene una incidencia importante; la construcción de vehículos se ha orientado a reducirla en busca de un mayor aprovechamiento de la energía, a través de mejorar en el diseño y en los materiales utilizados.

En cuanto a la operación de un vehículo, existen varios factores que influyen el consumo energético.<sup>76</sup> Entre ellos cabe destacar:

- i) la velocidad de operación;
- ii) el nivel de ocupación en el transporte de pasajeros y de la carga en el autotransporte de mercancías y
- iii) las características de la red de comunicaciones terrestres. El consumo de energía varía según se opere en condiciones de horizontalidad o de pendientes.

En lo que respecta al punto i, cabe señalar que el consumo específico de energía de un vehículo con motor de combustión interna varía con la velocidad del mismo. Las curvas técnicas de un motor indican que el consumo específico disminuye progresivamente a medida que aumenta la velocidad, hasta alcanzar un mínimo a partir del cual se incrementa nuevamente. Por esta razón, en las zonas urbanas un desplazamiento fluido, evitando paradas continuas, a una velocidad promedio que no sea excesivamente baja, contribuye a un uso más eficiente de la energía consumida por los vehículos y evita que se reduzca el ya bajo rendimiento del motor.

Esta consideración general se ve matizada por las características del motor, según se trate de un motor que opera con gasolina o con diesel.

En aplicaciones típicas ligeras y sobre la base de funcionamiento comparable, la evaluación de las distancias recorridas por unidad consumida de combustible, muestra que los mo-

<sup>76</sup> La fricción de las llantas con el piso, según las características de los autos, así como la resistencia del aire al avance, son factores adicionales que reducen la eficiencia original de un vehículo.

tores diesel presentan una economía de combustible aproximada de 35% sobre los motores de gasolina.<sup>77</sup> Sobre una base energética, la ventaja es de aproximadamente 20%. En términos generales, un litro de diesel contiene 13% más de energía que un litro de gasolina. Esto es una ventaja, al proporcionar mayor energía por unidad de carburante cargado en el vehículo. Adicionalmente, la economía de combustible de ciertos motores diesel puede ser considerablemente mayor para el manejo de vehículos en el medio urbano y en climas fríos.

Desde el punto de vista del consumo energético, en todos los niveles de operación (marcha en vacío, tráfico, cruce o aceleración) el motor diesel presenta ventajas frente al gasolinero (figura 17).

Al evaluar los beneficios del uso del primero en el parque automotor, es importante tener en cuenta que se trata de un motor de combustión interna y por lo tanto de bajo rendimiento y además que la producción del diesel requiere de petróleo crudo y de energía adicional.

En cuanto a la contaminación ambiental, el motor diesel tiene tanto ventajas como desventajas comparado con el motor de gasolina. Mientras que las emisiones de monóxido de carbono e hidrocarburos del primero son más bajas, las emisiones de partículas y óxidos de nitrógeno son normalmente más altas.<sup>78</sup>

El grado de aprovechamiento de la capacidad de transporte de un vehículo, ya se trate de pasajeros o de mercancías (punto ii), es un factor de operación que afecta la relación entre el consumo de combustible, la carga desplazada y la distancia recorrida, incidiendo, por lo tanto, en la eficiencia del sistema de transporte para un medio determinado.

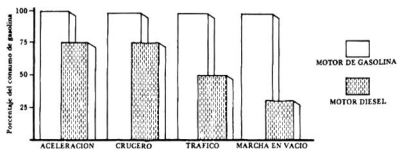
El predominio del automóvil particular y su grado de ocupación en las zonas urbanas, dieron lugar a una creciente ineficiencia de los transportes. En México los automóviles

77. El motor diesel se usa en camiones y autobuses en Estados Unidos; en Europa ha sido, además, adaptado a vehículos más pequeños, tales como camiones repartidores, taxis y automóviles de pasajeros. Sin embargo, en este último caso no han ganado una amplia popularidad aun en Europa, por ser "ruidosos" y de reacción más lenta que los vehículos de gasolina de igual peso.

78. Una crítica adicional ha sido la producción de 3,4-benzopirina, el cual se sospecha sea cancerígeno; aunque existen pruebas que muestran que, bajo condiciones de operación apropiadas, este compuesto no se encuentra en los gases de salida.

FIGURA 17

CONSUMO DE COMBUSTIBLE DE UN MOTOR DIESEL  
COMPARADO CON EL DE UN MOTOR DE GASOLINA



Fuente: Manual Técnico de DINA

promedian 1.3 pasajeros por vehículo/viaje. En estas condiciones, un automóvil de 6 cilindros consume aproximadamente 2 litros de gasolina en un recorrido urbano normal de 12 Km., lo que representa 1.54 litros por pasajero. Si la ocupación promedio de los automóviles fuera de cuatro pasajeros, el consumo para la misma distancia y vehículo sería de 0.5 litros por pasajero. Este mismo ejemplo, válido para los autobuses de pasajeros y camiones de carga, muestra claramente que la eficiencia del sistema de transporte puede mejorarse con un mayor aprovechamiento de la capacidad de carga de los vehículos y, en consecuencia, con un uso más amplio del transporte colectivo.

La infraestructura y la organización de la red de transportes (punto iii), tienen un peso decisivo en el volumen de energía que se requiere para el desplazamiento urbano e interurbano y repercute en la eficiencia del uso de los recursos en la sociedad, así como en la calidad de la vida de la población. Un sistema poco eficiente no sólo genera pérdidas por el uso dispendioso de la energía, sino que afecta a la productividad global de la fuerza de trabajo al requerir más tiempo para el simple desplazamiento a los centros de producción y al deteriorar sus condiciones de vida.

La ineficiencia de la red urbana de México se evidencia, entre otros aspectos, en las bajas velocidades de desplazamiento. Su causa principal es, sin lugar a dudas, el congestionamiento ocasionado por el desequilibrio existente entre las áreas de circulación y el número de vehículos que las ocupan (circulando o estacionados). Además de las causas ya señaladas respecto a la baja velocidad, se pueden agregar: la falta de sincronización de semáforos, las actitudes al conducir, los horarios de trabajo discontinuos, etcétera.

Como ejemplo de lo anterior basta indicar que durante las horas pico de tráfico en el primer cuadro del D.F. (constituido por cuatro anillos, vías radiales y ejes viales), la velocidad alcanza valores de 6 Km/hora, lo que se traduce en una considerable pérdida de eficiencia.

El sobreconsumo de gasolina en el Distrito Federal, como consecuencia del congestionamiento de tránsito, se eleva a cerca de 2.6 millones de litros por día, o sea 15% del consumo total diario de gasolinas en el área metropolitana. Esta zona es la que concentra más de la cuarta parte de las ventas nacionales de dicho combustible.

Si se tiene en cuenta que hay al menos 200 días al año con problemas de congestionamiento, el consumo se eleva a 520.0 millones de litros. Al precio actual de 40.0 \$/litro,

dicho volumen equivale a cerca de 104 millones de dólares al año.<sup>79</sup>

Las horas-hombre perdidas como consecuencia del congestionamiento urbano representan una pérdida monetaria del orden de los 1,400 millones de dólares anuales, a los cuales debería agregarse el costo de los perjuicios de la contaminación ambiental que aún no se ha evaluado.<sup>80</sup>

La búsqueda de mayor velocidad, comodidad y confiabilidad en los servicios de transporte, el bajo costo de la energía, las políticas gubernamentales que propiciaron la expansión de la industria automotriz y la orientación de las inversiones hacia la infraestructura vial urbana, contribuyeron a la declinación continua en la eficiencia energética de los transportes. La falta de desarrollo de los medios colectivos y el descuido de los ferrocarriles incidieron marcadamente en este proceso.

A nivel global, la composición del sistema de transportes en cuanto a los medios que lo conforman, repercute en la eficiencia energética de los mismos. Así, para el transporte de pasajeros, los aviones son energéticamente menos eficientes que los automóviles, pero éstos, a su vez, menos eficientes que los autobuses y los ferrocarriles. En el movimiento de carga, los aviones resultan de nuevo menos eficientes en el consumo de energía que los camiones y en mucho mayor medida que los ferrocarriles.

Sin embargo, los medios de transporte con mejor aprovechamiento de la energía, para el movimiento de carga sobre todo a grandes distancias, son: el barco, los ductos y la tracción eléctrica ferroviaria con regeneración y recuperación de energía.

La modificación de la actual estructura de transportes de México hacia los medios colectivos y más eficientes que el automotor, constituye una opción fundamental para un mejor uso de los recursos energéticos y para contribuir a un cambio sustantivo en la calidad de vida de la población. La ampliación de las líneas del metro de la ciudad de México y la construcción de este medio de transporte en las ciudades grandes del resto del país, serían pasos importantes hacia la solución de los problemas que se han discutido.

---

79. Este consumo se estimó con base en los valores de tránsito normal y sólo para el área metropolitana.

80. Las pérdidas en horas-hombre se calcularon considerando un recorrido diario de 28 kilómetros, dos pasajeros por vehículo al precio de la hora-hombre a nivel nacional.



## MEDIDAS PARA EL USO EFICIENTE Y LA CONSERVACION DE ENERGIA

El sector transportes, por su alto peso en el consumo energético final del país y por la ineficiencia que le caracteriza, constituye un ámbito donde el uso eficiente de la energía tendría un impacto significativo sobre el ahorro y la conservación de los recursos energéticos.

Dada la limitada información existente sobre la constitución del sistema y sobre su operación, se presentan algunas medidas cuya aplicación es posible dentro de las condiciones actuales de conocimiento del problema. Se incluirán otras cu ya instrumentación requiere de una base informativa y de un análisis más amplios. Las medidas pueden considerarse de dos tipos:

- modificación de los patrones de consumo
- cambios tecnológicos.

*Modificación de los patrones de consumo*

La mayor parte de las medidas que podrían adoptarse no implican cambios sustanciales en el sistema de transportes pre valeciente en la actualidad; exigen, cuando mucho, cambios estructurales menores.

Así pues, con medidas relativamente simples que se refieren preferentemente a la estructura y organización del sistema, podrían obtenerse sustanciales ahorros en el consumo de energía en el corto plazo:

a) Mejorar la fluidez del tránsito motorizado en los grandes centros urbanos.

Dado que el consumo de combustibles está en relación directa con la velocidad, ésta es una variable cuyo control podría incrementar la eficiencia en el consumo energético del sector.

La baja velocidad media de circulación en las grandes ciudades se debe, sin duda, al congestionamiento del tránsito. Entre las causas que lo originan pueden mencionarse las siguientes:

- i) La utilización de las mismas calles y ejes viales por transporte colectivo y los automóviles.
- ii) El estacionamiento en avenidas y calles importantes de la red del tránsito vehicular.
- iii) La carencia de un control efectivo del tránsito y de una adecuada sincronización del sistema de semáforos.
- iv) La falta de conocimiento por parte de los conductores sobre el daño que provocan las fallas mecánicas en automóviles y camiones. Asimismo, los hábitos de manejo

inciden sobre el consumo de energía, por lo cual también es necesario concientizar a los conductores al respecto.

Un alto porcentaje del parque vehicular se concentra en el área metropolitana de la ciudad de México y el alto consumo se explica en parte por el congestionamiento y demora que padecen los conductores y pasajeros de vehículos. Deberían entonces tomarse medidas que minimizaran las causas del congestionamiento. Adicionalmente, debería proporcionarse mayor información a los conductores sobre la influencia de la forma de manejo en el ahorro de combustible.

Estas medidas, de adoptarse en las grandes ciudades, afectarían cerca de 37% del consumo nacional de gasolina, y además al consumo de diesel de las mismas.

b) Transferir una fracción de los viajes que actualmente se realizan en automóvil a los servicios públicos colectivos.

El autobús y el metro constituyen una alternativa al automóvil. La transferencia al transporte colectivo de un 10% de los pasajeros que utilizan el automóvil permitiría un ahorro de energía considerable. Sin embargo, para lograr esa transferencia, incluso en proporciones mayores, es necesario que se amplíe y mejore el transporte colectivo. Esta posibilidad trasciende el corto plazo y compete a una planificación urbana cuyas características deberían modificarse si se esperan resultados significativos en la materia.

c) Elevar el nivel de ocupación de los automóviles. El consumo de energía se reduciría si se llegara a tener un promedio de 2.2 personas por automóvil, en vez del actual. Se supone que los nuevos pasajeros eran ya usuarios del automóvil, ya sea como pasajeros o como conductores, y que los vehículos no se destinarán a usos alternativos.

d) Transferir parte de la carga transportada por carretera al ferrocarril. Si se traspasa 50% de dicha carga se obtendría un ahorro de energía importante, a la vez que se des congestionarían las carreteras. El ahorro sería del orden de  $30 \times 10^{12}$  Kcal al año, es decir, 3 246 millones de litros de diesel. En términos monetarios equivaldría a cerca de 88 000 millones de pesos al precio interno del diesel y, si se considera que se exporta un volumen de crudo equivalente, el monto ascendería a unos 650 millones de dólares.

La capacidad actual de transporte ferroviario podría ser un obstáculo que debería sortearse para garantizar la viabilidad de esta medida.

A más largo plazo dos medidas adicionales contribuirían al ahorro de energía.

e) Reducción de la cilindrada del parque automotor. Esta medida ya legislada en México, está orientada a regular el consumo de carburantes a través de la restricción de la venta de vehículos de gran cilindrada. El objetivo se conseguiría al prohibirse la fabricación de motores mayores que una potencia determinada.<sup>81</sup>

f) Conversión de una fracción del parque de automóviles con motor de gasolina a motores diesel. Con el cambio de un 10% del parque vehicular del primer carburante al segundo, se ahorrarían cerca de 244 millones de litros de gasolina al año, es decir, aproximadamente 50 millones de dólares.

### *Cambios tecnológicos*

En el campo tecnológico, las mejoras que se introduzcan en motores y mecanismos para un uso eficiente de la energía hacen referencia a un abanico de posibilidades. Estas van desde la adaptación de elementos o modificaciones menores de diseño y construcción, hasta transformaciones más profundas que se remiten principalmente a estos dos últimos aspectos. Sin embargo, existe la posibilidad adicional de disminuir el consumo de los combustibles convencionales recurriendo a sustitutos o complementos ya conocidos en los mercados de energía de algunos países industriales y en vías de desarrollo.

Los cambios tecnológicos que incidirían en consumos menores se agruparán en dos, de acuerdo a sus características.

#### *a) La mejora de la eficiencia del motor y del vehículo en su conjunto*

Los actuales programas de la industria automotriz se orientan con más énfasis a reducir el tamaño promedio y el peso de los vehículos producidos. La sustitución de materiales con un mayor uso de productos ligeros como el aluminio, plásticos y aceros aleados de alta resistencia, disminuirán aún más el peso del vehículo. Estas tendencias en la producción facilitarán el uso más eficiente de los combustibles.

Otros desarrollos tecnológicos procurarán una mayor economía de combustible por mejoras en la transmisión y eficiencia del tren de dirección y por menores requerimientos de potencia para los accesorios. La aplicación de controles electrónicos para la dosificación e ignición del combustible permitirán mantener un funcionamiento eficiente del motor, reduciendo la frecuencia de las afinaciones.

81. En México ya no se fabrican motores de ocho cilindros.

En los países industrializados la investigación y el desarrollo tecnológico se orientan al logro, en el largo plazo, de un uso más eficiente de la energía. La incorporación de las innovaciones que se realicen en este campo a la producción de vehículos en el país, estará condicionada por el conocido rezago en la transferencia de la tecnología a los países en vías de desarrollo. Sin embargo, este proceso puede incentivarse por la implantación legal de un adecuado conjunto de normas que obliguen a la industria a acelerar dicha transferencia.

*b) El uso de combustibles alternativos  
a los convencionales*

Los combustibles líquidos son más fáciles de manejar, almacenar y distribuir que los sólidos, los gases o la electricidad. Por esta razón son especialmente adecuados para los vehículos automotores, en los cuales el lugar de almacenamiento de la energía debe ser preferentemente liviano y pequeño para evitar problemas de espacio o peso. Los hidrocarburos líquidos cumplen con estos requisitos, ya que tienen muy alta densidad energética y buenas características de combustión.

Por las ventajas señaladas, es probable que los combustibles alternativos para el transporte, especialmente por carretera y por aire, continúen siendo líquidos. Cuanto menores sean los cambios técnicos que deban hacerse para incorporar los combustibles alternativos al consumo, tanto más aceptables serán para el usuario.

Si bien en el presente los alcoholes (como el metanol, el etanol y el éter metilterbutílico (MTBE)) aparecen como carburantes en forma de mezcla o "extendedores" de la gasolina, pueden situarse por sí mismos entre los probables sustitutos de la gasolina.

Los dos alcoholes que han sido objeto de mayor atención como combustibles: el metanol y el etanol, son compuestos químicos bien conocidos y presentan la ventaja especialmente para los países menos desarrollados, de ser productos de la biomasa. Otra familia química de naturaleza similar es la de los éteres: el MTBE presenta en particular posibilidades de aplicación en el transporte por carreteras. No obstante, los éteres probablemente sólo encuentren aplicación como mejoradores del número de octano en la gasolina y no como sustitutos integrales de ésta.

Otros sustitutos han estado presentes durante muchos años en el mercado de combustibles. El gas licuado de petróleo ha

penetrado en escala modesta como combustible en el transporte carretero en algunos países y se estima que en 1981 satisfizo cerca de 1% de dicho consumo en el mundo, excluidos los países socialistas. Además de las fuentes industriales de energía ya conocidas, los aceites vegetales, otro producto de la biomasa, pueden transformarse en combustibles diesel.

El espectro de posibles reemplazantes de la gasolina es amplio, tanto como la disponibilidad de crudo para su producción, por lo que el desarrollo de los primeros estará condicionado por la evolución futura del mercado internacional de hidrocarburos.

### POTENCIAL DE AHORRO DE LA ENERGIA A 1990 y 2000

Los pronósticos cuantitativos de las necesidades de energía en el transporte requieren de la valoración de la interacción de un conjunto de variables complejas que trascienden al sector mismo.

En este estudio se presenta una estimación de los futuros consumos de energía, utilizando como base el modelo elaborado por la Universidad de Wisconsin (EE.UU) y el IIASA. Los principales aspectos considerados para llevar a cabo el pronóstico fueron:

- i) Ritmo y estructura del crecimiento económico que determinará el volumen y tipo de productos a transportar.
- ii) La distribución geográfica de la actividad económica y de los centros de población, que definirán las distancias de los recorridos de las mercancías.
- iii) Las expectativas del cambio tecnológico que puedan incidir sobre los diversos modos de transporte.

Las estimaciones no abarcan el conjunto del sistema de transportes sino que se limitan a tres grupos principales, automóvil, autotransporte de carga y aéreo, mismos que tienen un peso decisivo en el consumo de energía del sector. Para evaluar el potencial de ahorro energético en estas tres áreas, se incorporan dos escenarios a partir de una proyección común. En el primero (A), se supone que no habría modificaciones en los patrones de consumo. En el segundo (B), se introducen supuestos sobre un uso más eficiente de la energía y una modificación progresiva en la estructura del sistema de transportes (cuadros 63 y 64).

Los resultados encontrados indican que para 1990 y 2000 podrían lograrse ahorros de energía del orden de  $42 \times 10^{12}$  Kcal y  $60 \times 10^{12}$  Kcal respectivamente, es decir, 33.8 MMBCE y 46.8 MMBCE en los años indicados. En términos monetarios y suponiendo la posibilidad de exportación de estos volúme-

nes, se ahorrarían aproximadamente 930 y 1,300 millones de dólares en 1990 y 2000. El monto acumulado del posible ahorro al año 2000 representaría cerca de 13,000 millones de dólares.

### CUADRO 63

#### ESTIMACION DE AHORRO DE ENERGIA AL AÑO 1990 Y 2000

##### 1. Potencial de ahorro ( $10^{12}$ Kcal).

Año	Proyección de base (A)	Proyección de medidas de uso eficiente (B)	Ahorro
1985	296	259	37
1990	422	380	42
2000	670	610	60

##### 2. Consumo de energía por grupo de transporte con medidas de uso eficiente y conservación ( $10^{12}$ Kcal).

Transporte	1985	1990	2000	TMCA 1985-2000
1. Automóvil	86	106	170	4.5
2. Automotor de carga	155	249	390	6.3
3. Aéreo	18	25	50	7.0
Total	259	380	610	5.9

## ANEXO AL CUADRO 63

## SUPUESTOS PARA LAS PROYECCIONES

1. La proyección de base se hizo tomando en cuenta la relación entre los crecimientos de PIB-valor agregado de los transportes-consumo de energéticos, y considerando la elasticidad producto del consumo.

2. Automóviles.

La energía consumida se calculó a partir de:

$$\text{Energía} = (\text{Eficiencia}) \times (\text{Automóvil per cápita}) \times (\text{Población}) \times (\text{Km/año recorridos}).$$

Se supuso una disminución del ritmo de crecimiento del número de automóviles *per cápita*, revirtiendo la tendencia histórica (6% durante los setenta). Se consideró una eficiencia de 10 Km/l, al introducir un mejor uso de la energía.

3. Automotor de carga.

Se consideró una mayor participación del ferrocarril en el futuro sistema de transportes, lo que disminuye la demanda a los automotores de carga (cfr. cuadro 64).

4. Aéreo.

Se incluyó solamente la turbosina, teniendo en cuenta la evolución histórica de la elasticidad producto del consumo de energía para este medio de transporte.

**CUADRO 64****ESTRUCTURA DEL SISTEMA DE TRANSPORTES AL AÑO 2000****1. Distribución tendencial (en porcentaje)**

Modo de transporte	1982	2000
Carretero	54	57
Ferrovionario	13	11
Marítimo	4	4
Ductos	29	28
Total	100	100

**2. Distribución intermodal adecuada (en porcentaje)**

Modo de transporte	1982	2000
Carretero	54	44
Ferrovionario	13	20
Marítimo	4	6
Ductos	29	30
Total	100	100



## **Capítulo VI**



## Sector industrial

La importancia del sector industrial en la economía es indudable, pues debe reconocerse que la única forma de que países como México alcancen estadios de desarrollo superiores, está en función de la capacidad para crear estructuras industriales diversificadas que satisfagan los requerimientos básicos de la población.

En el caso de México, la industria participa con un importante componente de valor agregado total del país, siendo muy amplias sus relaciones intersectoriales.

El sector industrial se caracteriza por la transformación que realiza a partir de ciertos insumos en productos intermedios y finales.

A partir de las relaciones entre producto interno bruto industrial, producto interno bruto nacional, así como consumos y participación energética del sector observados a partir de 1975, se obtienen los resultados siguientes (cuadro 63).

i) La relación PIB industrial/PIB total se ha mantenido prácticamente constante en el período 1975-1982.

**CUADRO 65**  
**ALGUNOS INDICADORES DEL SECTOR INDUSTRIAL**  
**(MILES DE MILLONES DE PESOS DE 1970)**

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Producto interno bruto	610.0	635.8	657.7	711.2	777.2	841.9	908.8	903.8
PIB industrial <sup>1</sup>	180.9	189.8	193.5	213.1	236.9	256.1	276.2	267.2
Uso final de energía <sup>1,2</sup> (Kilocalorías x 10 <sup>12</sup> )	392.8	429.4	444.0	495.9	544.6	598.4	656.9	657.9
Consumo de energía en el sector industrial (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	143.0	153.2	154.2	186.4	195.4	198.0	205.0	218.3
Participación de la industria (%)								
a) PIB Ind./PIB total	29.7	29.9	29.4	30.0	30.5	30.4	30.4	29.6
b) Energía Ind./Energía final	36.4	35.7	34.7	37.6	35.9	33.1	31.2	33.2
c) (Energía/PIB) industriales; (b/a)	1.23	1.19	1.18	1.25	1.18	1.09	1.03	1.12

1. Se refiere a manufacturas y construcción.

Fuente: Balances de energía 1975-1981 y 1982; SPP, *Sistema de Cuentas Nacionales*.

ii) En contraste, el consumo industrial de energía ha disminuido su participación. La relación "energía industrial/energía total" ha venido disminuyendo, al pasar de 36.4% en 1975 a 33.2% en 1982. La explicación de esta reducción parece estar relacionada con el incremento en la participación del sector transporte, ocasionada, entre otras, por los precios bajos de las gasolinas y del diesel (capítulo I).

iii) Con los dos indicadores del inciso anterior se obtiene la relación entre la participación del sector industrial en el PIB y la participación del consumo de energía del mismo en el consumo nacional. Esta cifra, que puede tomarse como una forma de especificar la relación energía/PIB industrial, muestra una tendencia a la baja.

Si se toma en cuenta que a nivel de la economía en su conjunto tal relación ha aumentado continuamente, sobre todo a partir de 1975 (1.3 durante este año a 1.7 cinco años después), es muy probable que el sector industrial haya mejorado la eficiencia en el uso de energía respecto al resto de los sectores de la economía mexicana.

La industria mexicana ha dependido históricamente de cuatro energéticos secundarios que son: coque, combustóleo, gas y electricidad. Las características evolutivas de estos energéticos en el período 1960-1981 son las que siguen (cuadro 66):

i) El consumo de coque aumentó 3.5 veces en los 21 años considerados, con una participación de 9.6% en 1960 y 9.9% en 1981.

ii) El consumo de electricidad creció en 6.9 veces para el período mencionado, habiendo aumentado su participación de 5.3% al 10.9%.

iii) El consumo total de gas más combustóleo creció de  $44.49 \times 10^{12}$  Kcal a  $150.64 \times 10^{12}$  Kcal, es decir 3.4 veces en 21 años. Al respecto, destaca la fuerte sustitución que existe entre estos dos energéticos y los tiempos muy cortos para implantarlos.<sup>82</sup>

Dentro del sector industrial destacan varias ramas por su uso intensivo de la energía. Estas son, por orden de importancia en cuanto a su participación en la energía empleada por la industria (cuadro 67):

82. Lo cual se observa nítidamente en los renglones respectivos del cuadro 66. En la actualidad existe nuevamente una política para revertir los consumos hacia el uso del combustóleo en lugar del gas natural.

**CUADRO 66**  
**CONSUMO ENERGÉTICO DE LA INDUSTRIA MEXICANA**  
**AÑOS 1960, 1970, 1973, 1975, 1980, 1981**  
**(UNIDADES KCAL X 10<sup>12</sup>)**

Energético	1960	1970	1973	1975	1980	1981
Coque	5.790	11.495	14.033	14.630	20.619	20.28
Gas licuado	1.524	0.883	3.678	1.275	2.727	2.374
Gasolinas	.468	-	0.548	-	-	-
Kerosinas	2.581	-	3.589	-	-	-
Diesel	2.428	4.025	4.291	8.822	N.I*	9.393
Combustóleo	30.236	22.768	33.639	48.081	46.801	60.016
Gas	14.259	50.472	64.867	56.992	88.490	90.625
Electricidad	3.234	8.087	15.444	13.992	20.466	22.402
Total	60.520	97.730	140.089	143.720	179.103	205.090

Fuentes: Instituto Mexicano del Petróleo y SEPAFIN, "Encuesta sobre el consumo de la energía en la industria, 1981".

CUADRO 67  
CONSUMO DE ENERGIA EN LAS PRINCIPALES INDUSTRIAS (1981)  
(KCAL X 10<sup>9</sup>)

	Gas natural	Gas L.P.	Combustóleo	Diesel	Carbón	Coque	Electricidad	Otros	Energía comprada	Combustible autogenerado	Total
SIDERURGIA	30,926.0 52.80	8.1 0.01	3,136.9 5.36	805.1 1.38	0.0 0.0	17,619.4 30.08	2,985.5 5.10	0.0 0.0	55,481.0 94.73	3,087.8 5.27	58,568.8 100.0%
MINERO	8,838.1	4.1	3,165.1	877.1	6.7	1,291.4	3,097.04	72.7	17,352.6	201.6	17,554.2
METALURGICA	50.35	0.02	18.03	5.00	0.04	7.36	17.64	0.41	98.85	1.15	100.0%
CEMENTO	9,203.7 44.64	0.0 0.00	9,538.3 46.26	108.9 0.53	0.0 0.00	0.0 0.00	1,760.6 8.54	5.9 0.03	20,617.4 100.0	0.0 0.00	20,617.4 100.0%
VIDRIO	6,119.6 92.12	3.2 0.05	0.0 0.00	82.5 1.24	0.0 0.00	0.0 0.00	426.5 6.42	11.3 0.17	6,643.1 100.00	0.0 0.00	6,643.1 100.0%
PAPEL	3,686.2 33.94	16.7 0.15	4,080.0 37.57	19.0 0.18	0.0 0.00	0.0 0.00	934.3 8.60	2.5 0.02	8,738.7 80.46	2,122.6 19.54	10,861.3 100.0%
QUIMICA	13,591.0 56.63	6.1 0.03	6,601.5 27.50	466.8 1.94	0.0 0.00	200.6 0.84	1,858.5 7.74	77.2 0.32	22,801.7 95.00	1,200.1 5.00	24,001.8 100.0%
ALIMENTOS Y BEBIDAS	2,604.9 71.47	77.1 2.12	638.7 17.52	28.7 0.79	0.0 0.00	0.0 0.00	295.0 8.09	0.2 0.01	3,644.6 100.00	0.0 0.00	3,644.6 100.0%
AZUCAR	0.0 0.00	0.0 0.00	9,951.0 36.58	0.0 0.00	0.0 0.00	0.0 0.00	56.0 0.21	0.0 0.00	10,007.0 36.79	17,193.0 63.21	27,200.0 100.0%
OTROS	15,655.5 90,625.0	2,258.7 2,374.0	22,904.5 60,016.0	7,004.9 9,393.0	0.0 6.7	1,168.6 20,280.0	10,988.2 22,402.0	0.0 169.8	59,980.4 205,266.5	200.0* 24,005.1	60,180.4 229,271.6

\*Valor estimado.

Fuente: *Ibidem*, cuadro 66.

Rama	Participación en el consumo industrial de energía comprada (1981)
Siderúrgica	27.1%
Química (básica, fertilizantes, resinas y fibras sintéticas)	11.1%
Cemento	10.1%
Minero-metalúrgica	8.5%
Azúcar <sup>83</sup>	4.9%
Celulosa y papel	4.3%
Vidrio	3.2%
Alimentos y bebidas	1.9%
Total	<u>71.1%</u>

O sea que este conjunto de ocho ramas industriales explican más del 70% del consumo industrial de energía.

En cuanto a la evolución de tal consumo a partir de 1960, excluyendo a la rama de alimentos y bebidas, se observa lo siguiente (cuadro 69):

i) Mientras en 1960 el conjunto de industrias considerado consumía 51.0% de la energía, en 1973 éste pasó a 65.0% y en 1981 a 69.2%

ii) El consumo total de energía se incrementa en 3.9 veces durante el periodo 1960-1981; la industria siderúrgica crece 4.2 veces; la minerometalúrgica 5.0 veces; el cemento 3.5 veces; vidrio 3.1 veces; celulosa y papel 3.9 veces; química 12.4 veces y azúcar 4.5 veces.<sup>84</sup>

Las elevadas tasas de crecimiento del consumo de energía de estas industrias, intensivas en su uso, sugieren la existencia de ineficiencias. La necesidad de lograr un uso más racional de la energía en el sector y con ello conservar los

83. El cuadro 68 presenta el consumo de bagazo de la industria azucarera, no incluido en los cuadros previos por ser energía no comprada. Si se incluyera este energético en el consumo de tal industria, su participación en el consumo industrial aumenta notablemente (cfr. cuadro 67).

84. La cifra para el año de 1973 sobre consumo de energía comprada de la industria azucarera reportada en el cuadro 69 (en donde el combustible es el energético principal cuadro 67) difiere de la obtenida en el estudio detallado de ésta. Según la información obtenida directamente, tal consumo subió notoriamente de 1973 a 1981, a un ritmo del 7.7% anual (cfr. cuadro 99).



## CUADRO 68

CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA<sup>a</sup>  
(1960, 1973, 1981)  
(KCAL X 10<sup>12</sup>)

Año	Combustible	Bagazo <sup>b</sup>	Total
1960	2,226	10,364	12,590
1973	12,969	18,978	31,947
1981	10,007	17,193	27,200

a. Cfr. nota 84.

b. Se considera el poder calorífico del bagazo seco.

Fuente: *Ibidem* cuadro 66.

## CUADRO 69

CONSUMO DE ENERGIA DE LAS PRINCIPALES  
INDUSTRIAS 1960, 1973, 1981  
(KCAL X 10<sup>12</sup>)

Industrias	1960	1973	1981
Siderúrgica	13,066	31,287	55,481
Minero-metalúrgica	3,460	7,710	17,352
Cemento	5,855	15,365	20,617
Vidrio	2,169	5,073	6,643
Celulosa-papel	2,266	7,041	8,738
Química	1,839	11,560	22,801
Azúcar	2,226	12,969	10,007
Otros	29,639	49,084	63,625
Total	60,520	140,089	205,000

Fuente: *Ibidem* cuadro 66.

recursos energéticos no renovables, adquiere una mayor relevancia si se toma en consideración la perspectiva temporal. Conforme el proceso de industrialización se vaya consolidando, los requerimientos de energía estarán en función de la orientación de la estrategia de desarrollo industrial, pues se reconoce que desde el punto de vista energético, el impacto del desarrollo de las industrias intensivas en el uso de la energía es mayor que el de aquellas con bajo perfil energético, e.g., la industria del cemento y la electrónica.

Todo proceso de industrialización se ve favorecido por la disponibilidad suficiente y oportuna de energía, pero ésta no es parte motor de dicho proceso. Al costo actual del petróleo en el mercado mundial, si México no contase con suficientes recursos en hidrocarburos, difícilmente podría garantizar el crecimiento de su industria. Sin embargo, por tratarse de un recurso no renovable, es de fundamental importancia evaluar la forma en que la industria utiliza la energía, y la orientación de ésta en la producción.

El planteamiento de medidas dirigidas al ahorro y uso eficiente de energía en la industria requiere el conocimiento del proceso de producción en sectores industriales específicos, cuya información debe ser recopilada y analizada. El consumo de energía varía no sólo en función del tamaño relativo de la economía, sino también de acuerdo a la estructura o composición del sector industrial, de ahí la importancia de analizar los requerimientos en las principales ramas.

En lo que resta del capítulo se presentan los avances logrados al respecto. Primero se examinan algunos de los elementos que caracterizan al consumo de energía en la industria, para pasar a la discusión de los resultados obtenidos de estudios específicos sobre las ramas industriales más importantes.

El primer tipo de análisis se hace a partir de los resultados de una encuesta realizada por la Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial en 1982, para evaluar el consumo energético en la industria durante 1981.<sup>85</sup>

La encuesta abarcó a 289 industrias que tuvieron un consumo de  $146.5 \times 10^{12}$  Kcal, mientras que el consumo total de la industria en 1981 fue de  $205.0 \times 10^{12}$  Kcal. Es decir, incluye 71.5% del consumo del sector en conjunto (cuadros 69 y 70).<sup>86</sup>

<sup>85</sup> En el anexo al capítulo se describe la encuesta en detalle.

<sup>86</sup> En el cuadro 70 se tienen resultados globales de la encuesta, las ramas se encuentran más desagregadas que en los previos. La química se desglosa en básica, resinas y fibras sintéticas, abonos y fertilizantes, y las industrias cervecera y automotriz están desagregadas de sus ramas.

CUADRO 70  
ALGUNOS INDICADORES SOBRE EL CONSUMO DE ENERGÍA EN EL SECTOR INDUSTRIAL DURANTE 1981

Sector Económico	Valor de la energía comprada		Consumo total de energía <sup>b</sup> (E) Kcal x 10 <sup>12</sup>	Participación (porcentaje)	Empleo (L)		Ventas (V) (Millones de pesos de pesos)	Millones de pesos trabajador (V/L) (V/L)	Pesos Kcal* 10 <sup>9</sup> (V/E)
	Valor de la producción a la venta	Pesos de energía (Índice) <sup>a</sup>			Obrero	Empleado			
	1000 pesos de venta								
Siderurgia	100.6	1.000	50.604	36.61	55 382	17 172	95.494	1.316	1.887
Cemento	64.6	0.636	20.935	14.30	9 254	3 121	27.101	2.190	1.294
Extracción y beneficio de minerales no ferrosos	60.0	0.596	13.127	9.09	22 969	5 605	41.955	1.468	3.174
Química básica	55.8	0.555	12.468	8.52	9 234	4 378	25.681	1.867	2.060
Papel y cartón	35.9	0.357	9.847	6.73	15 012	5 183	36.763	1.820	3.733
Resinas sintéticas y fibras	24.4	0.243	7.594	5.19	12 593	5 131	33.703	1.902	4.438
Vidrio y sus productos	37.0	0.368	6.456	4.41	14 016	4 840	18.581	0.985	2.878
Extracción y beneficio de otros minerales	87.2	0.867	5.203	3.55	4 319	742	4.800	0.948	0.523
Industria básica de metálicos no ferrosos	31.8	0.316	3.197	2.18	5 540	3 303	25.123	2.841	7.858
Abonos y fertilizantes	93.2	0.926	2.935	2.00	5 816	1 809	9.033	1.185	3.078
Automóviles	4.9	0.049	2.203	1.50	36 599	11 336	120.190	2.507	54.557
Cerveza y malta	9.0	0.089	1.963	1.34	8 949	2 409	24.539	2.161	12.500
Extracción y beneficio de minerales ferrosos	86.6	0.875	0.749	0.51	806	305	1.466	1.320	1.957
Subtotal			137.374	95.93	200 489	65 334	463.429	1.743	3.373
Otros <sup>c</sup>			9.046	4.07	33 639	11 885	93.462	2.053	10.382
Total de la encuesta			146.420	100.00	234 128	77 219	556.891	2.789	3.803

a. Se toma como base a la industria básica del hierro que requirió 100.6 pesos de energía por cada 1000 pesos de venta.

b. Se refiere a los requerimientos de las empresas que conforman a la rama y que fueron encuestadas.

c. Incluye alimentos, textiles, productos minerales no metálicos, autopartes, equipo y material de transporte, productos de hule, jabones, detergentes, cosméticos, etcétera.

Fuente: *Ibidem*, cuadro 66 y cálculos propios.

Sus resultados muestran lo siguiente (cuadro 70).

i) Las diez primeras ramas cubren casi 93% de los requerimientos de energía del universo encuestado; de ellas, la industria siderúrgica y la cementera representan más del 50% de los consumos de la muestra.<sup>87</sup>

ii) Si se considera la participación de la energía comprada en el valor de las ventas como indicador de uso intensivo de la energía, se concluye que las ramas principales son, en orden de importancia: siderurgia, abonos y fertilizantes, extracción y beneficio de minerales, cemento y química básica.

iii) De acuerdo con estos resultados, en 1981 los requerimientos energéticos de la industria representaron menos de 10% del monto de las ventas<sup>88</sup> y, con excepción de las ramas indicadas en el inciso anterior, en numerosos casos menos del 5%. De estos valores se infiere, en una primera aproximación, que el costo de la energía no pesa seriamente en los costos de producción industriales.<sup>89</sup>

La información recogida permite poner de manifiesto algunas características globales y por rama, de las modalidades de uso de la energía en una muestra de las principales industrias energético-intensivas, de acuerdo con cuatro rubros básicos.

a) Uso directo de los combustibles. Este se presenta en una gran variedad de hornos, destacando los hornos altos, de clinquerización, regenerativos, de hogar abierto, etcétera. Las temperaturas manejadas en estos procesos son por lo general superiores a los 500°C.

b) Combustibles utilizados en generar vapor. Este concepto se detalla según la finalidad con la que se emplea el vapor: vapor para unidades productivas y para generación eléctrica. A la primera subdivisión corresponden, a su vez, el vapor de alimentación directa, es decir el que se emplea exclusivamente para conducir calor (con temperaturas de 100°C a 300°C) y el vapor para tracción, principalmente en turbi-

87. Estas dos ramas explican el 25 y el 10% del consumo de energía de toda la industria (cfr. cuadros 69 y 70).

88. El nivel superior está dado por la industria siderúrgica, en la cual la proporción fue de 10% en 1981.

89. Para evaluar con mayor detalle la estructura y participación de la energía en el esquema industrial, es necesario analizar otras variables que forman parte del proceso productivo, entre éstas las más importantes son el factor trabajo y el factor capital. Sin embargo, lo anterior rebasa los objetivos de esta investigación. Un estudio al respecto, que es necesario actualizar pues sólo cubre hasta 1975 es el de Levy, Santiago 1982.

nas de vapor, en cuyo caso el vapor de salida de las turbinas se emplea en los procesos (con temperaturas inferiores a los 100°C).

En la segunda categoría inicial, se contabiliza el vapor que pasa por las turbinas que impulsan a los generadores eléctricos. Se considera también que el vapor de salida se destina a los procesos con temperaturas inferiores a los 100°C.

c) Combustibles utilizados en generación eléctrica por combustión interna, fundamentalmente en grupos motores-generadores y en pequeñas plantas diesel.

d) La electricidad comprada a la red, que junto con la autogenerada por la industria se emplea en más de un 95% para impulsar motores eléctricos y en los hornos de las acerías.

De acuerdo con la información obtenida en la encuesta sobre los usos industriales de la energía, se pueden ubicar los usos principales según las ramas que inciden más en ellos (cuadro 71).

1) De la energía total usada en la industria en 1981, un 63% se empleó como combustible en usos directos, un 27.3% para generar vapor, un 8.3% correspondió a la electricidad comprada a la red, y sólo 1.3% se destinó a la generación eléctrica por combustión interna.

2) El uso directo de los combustibles es la modalidad principal del empleo de la energía en las industrias del vidrio y del cemento, donde representó más de 90% del total consumido en 1981. En menor medida, pero igualmente importantes son los casos de las ramas minero-metalúrgica y siderúrgica (58% y 79% respectivamente).

3) La producción de vapor a partir de combustibles es una característica distintiva de los procesos productivos de las ramas papelera y química básica. En ellas se absorbió para tal fin 86.0% y 61.5% de la energía total que demandaron respectivamente en el año de referencia. En conjunto, estas ramas usaron cerca de 60% de la energía usada en la industria para la producción de vapor, mientras que el resto se requirió principalmente en la siderurgia y la minero-metalúrgica.

4) El vapor se destinó en forma mayoritaria a las unidades productivas, sobre todo como conductor del calor, y en menor medida a las turbinas para la generación de electricidad (29% y 9% en la producción de celulosa y papel y en la química básica respectivamente). Esta distribución estuvo casi en equilibrio en el caso de la siderurgia.

5) La electricidad comprada a la red representó un elevado porcentaje de la electricidad usada en la industria en 1981; la parte restante fue cubierta fundamentalmente por la autogeneración vía vapor, y en menor medida por los sistemas

**CUADRO 71**  
**USO DE ENERGÍA EN DIVERSAS RAMAS INDUSTRIALES (1981)**  
**(KCAL X 10<sup>9</sup>)**

	Siderúrgica	Mínero metalúrgica	Cemento	Vidrio	Celulosa y papel	Química	Otros	Total
1. Combustibles de uso directo	46 389.9	10 162.4	18 788.0	6 146.6	575.5	7 239.2	3 235.5	92 537.1
2. Combustibles utilizados en generar vapor	7 621.1	4 126.0	68.8	69.5	9 351.4	14 765.8	3 988.3	39 990.9
2.1 Vapor para unidades productivas	4 169.3	2 939.8	68.8	69.5	6 673.2	13 522.0	3 622.7	31 065.3
2.1.1 Vía de alimentación directa	3 905.3	2 917.3	68.8	69.5	4 256.9	11 431.4	3 402.2	26 051.4
2.1.2 Vía vapor de tracción	264.0	22.4	0.0	0.0	2 416.3	2 090.06	219.7	5 013.0
2.2 Generación eléctrica	3 451.8	1 186.2	0.0	0.0	2 678.3	1 258.7	290.3	8 845.3
3. Combustibles utilizados en generación eléctrica por combustión interna	1 572.3	168.4	0.1	0.4	0.0	138.3	34.7	1,914.2
4. Electricidad comprada	2,985.5	3 097.4	1 760.6	426.5	934.3	1 858.5	1 031.5	12,094.3
<b>TOTAL</b>	<b>58 568.8</b>	<b>17 554.2</b>	<b>20 617.5</b>	<b>6 643.0</b>	<b>10 861.2</b>	<b>24 001.8</b>	<b>8 290.0</b>	<b>146,536.5</b>

Fuente: *Ibidem* cuadro 66.

de combustión interna. Estas relaciones ponen de manifiesto el peso significativo que tiene la autogeneración por vapor en la industria, y en particular: en la siderurgia, en la rama papelera y en la química básica.<sup>90</sup>

Las precisiones anteriores son importantes en la medida que tipifican el uso de la energía en la industria con referencia concreta a las ramas de mayor incidencia en los consumos para el caso de México. Esta visión global de los consumos, predominantemente para uso de calor, es una primera aproximación que permite ubicar áreas específicas donde debe profundizarse el análisis del uso eficiente o dispendioso de la energía, de las posibles medidas correctivas a concebir y de la política más general a diseñar e instrumentar.

#### EL USO DE LA ENERGÍA EN LAS RAMAS DE LA INDUSTRIA MEXICANA

En lo que resta del capítulo se presentan los resultados obtenidos sobre el uso de la energía de las principales ramas consumidoras. Primero se tratan las industrias que se han analizado con mayor profundidad y que a la vez son las que consumen los mayores volúmenes de energía: siderúrgica, cemento y azúcar. Después se hacen algunos comentarios generales sobre el resto de las ramas intensivas en energía, a partir de la información obtenida por la encuesta citada. Estas son, por orden de importancia en cuanto a su volumen de consumo de energía: extracción y beneficio de minerales; química general y el caso particular de las resinas y fibras sintéticas; celulosa y papel; vidrio y alimentos y bebidas.

Con los estudios en detalle de las tres primeras industrias se han logrado especificar los tipos de energía consumidos y sus consumos específicos; estimar potencialidades de ahorro y uso eficiente y proponer medidas concretas al respecto. En cuanto al resto de las ramas, se ha podido obtener información sobre el tipo de energéticos consumidos y, en algunos casos, sobre sus consumos específicos y las posibilidades de un uso más eficiente de la energía.

<sup>90</sup>. La participación relativa de electricidad autogenerada en el total de electricidad consumida por la industria tiene un sesgo al alza. Esto debido a que el dato de la encuesta sobre la siderúrgica ( $3.09$  a  $5.0$  Kcal  $\times 10^{12}$ , cuadros 67 y 71) es excesivamente alto si se le compara con las cifras obtenidas por el estudio particular de la rama ( $0.33$  Kcal  $\times 10^{12}$ , cfr. sección 1, inciso a) y cuadro 76).

Los estudios sobre la conservación y uso eficiente de la energía en las ramas siderurgia, cemento y azúcar se han hecho dentro de una metodología común, que bien podría extenderse a estudios de otras ramas o de empresas industriales.

Dicha metodología cubriría en este orden, los siguientes aspectos de la rama o fábrica.

- 1° Descripción del proceso de producción.
- 2° Situación actual: capacidad y tipo de productos elaborados.
- 3° Evolución histórica de los insumos energéticos y de los productos elaborados.
- 4° Patrones de consumo en las diversas etapas del proceso productivo.
- 5° Medidas de ahorro inmediatas y mediatas y estimaciones de costo/beneficio.
- 6° Nuevas técnicas y procesos que conduzcan al ahorro y al uso eficiente de la energía.
- 7° Perspectivas de producción y mercado del producto fabricado.
- 8° Estimación de los efectos de las medidas de ahorro en el consumo futuro de energía.

Los estudios de las tres ramas aludidas que se presentan a continuación, han tratado de seguir en lo posible esta propuesta.

## 1. INDUSTRIA SIDERURGICA

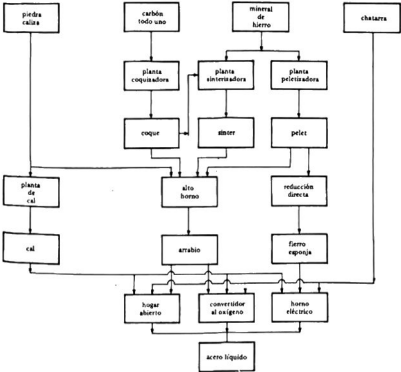
La industria siderúrgica emplea una variedad de materias primas y procesos para la producción del acero, a partir del cual se obtiene una amplia gama de productos. Actualmente la industria mexicana utiliza cuatro procesos para producir acero (figura 18).

1. Alto horno-horno de hogar abierto
2. Alto horno-convertidor al oxígeno
3. Reducción directa-horno eléctrico
4. Chatarra-horno eléctrico

En los dos primeros procesos, las materias principales son: el mineral de hierro que sufre una aglomeración a través de sinterizado o peletizado, el carbón a partir del cual se produce coque, y la piedra caliza. Los tres productos así obtenidos, es decir, mineral aglomerado, coque y piedra caliza, son las materias con las que se alimenta el alto horno del cual se obtiene arrabio o hierro de primera fusión. Este se lleva al horno de hogar abierto o al convertidor al oxígeno para producir el acero. En el tercer proceso se efectúa la reducción del mineral de hierro de forma directa, emplean



FIGURA 18  
PROCESOS DE PRODUCCION DE PRODUCTOS SIDERURGICOS



do para ello gas natural y obteniendo como producto el hierro esponja, con el cual se alimenta el horno eléctrico y se produce acero. Finalmente, el último proceso emplea la chatarra como materia prima, la cual alimenta el horno eléctrico para producir el acero.

A partir de la elaboración del acero, el proceso de producción siderúrgica continúa con la adopción de dos técnicas alternativas de vaciado, conocidas como de colada continua y por lingotes, para la obtención de planchón, tocho o palanquilla. Estos se pasan por hornos de recalentamiento y posteriormente en los laminadores, transformándose en nuevos productos.

Con los tochos se obtienen formas estructurales, rieles o tubo sin costura; con la palanquilla, productos no planos como el alambre, la varilla corrugada, barras macizas, perfiles livianos y pesados; por último, con el planchón se puede producir directamente placa de acero o someterlo a tratamientos para luego elaborar láminas y tubos con costura. El laminado en frío o en caliente completan los procesos de transformación del acero, como de otras aleaciones, para producir distintos tipos de placas (figura 19).

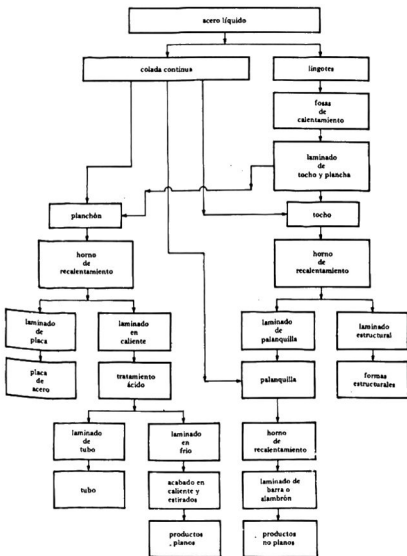
Desde el punto de vista energético, el alto horno representa la etapa más intensa en consumo de energía; le siguen en importancia la obtención del coque, la reducción directa, la aceración y los hornos, y las fosas de recalentamiento.

La actual industria siderúrgica mexicana está formada por cinco plantas integradas, las cuales son capaces de transformar el mineral de hierro a productos terminados; por 26 plantas semiintegradas que operan a partir de chatarra y pueden producir desde acero hasta productos terminados, y alrededor de 35 relaminadoras, las cuales producen productos terminados a partir de rieles y otras materias primas listas para laminar (cuadro 72).<sup>91</sup>

Desde el punto de vista de la producción, en 1980, Altos Hornos de México, Fundidora Monterrey y SICARTSA produjeron 57.4% del acero crudo y 51.8% de los productos laminados del país. Por otra parte HYLSA y TAMSA aportaron 27.6% del acero y 28.7% de los productos laminados. El 15% restante del acero fue producido por las plantas semiintegradas, mientras

91. El cuadro 72 aporta información sobre la importancia de la planta industrial y su evolución reciente (1976-1980). Presenta la capacidad productiva de acero en toneladas por año para las cinco plantas integradas y el conjunto de plantas semiintegradas.

FIGURA 19  
PROCESOS DE PRODUCCION DE PRODUCTOS SIDERURGICOS



**CUADRO 72**  
**EVOLUCION DE LA CAPACIDAD**  
**PRODUCTIVA SIDERURGICA (1976-1980)\***

Proceso	Empresa	<u>Capacidad nominal</u> <u>miles de ton/año</u>		<u>Nivel de</u> <u>aprovechamiento %</u>	
		1976	1980	1976	1980
ALTO HORNO	AHMSA	3 250	3 200	67.1	71.0
	SICARTSA	- -	1 300	- -	61.0
	FMSA	1 000	1 500	78.5	65.0
Reducción Directa Horno Eléctrico	HYLSA	1 445	1 600	88.0	97.4
	TAMSA	360	745	97.1	51.0
Chatarra Horno Eléctrico	SEMI-INTEGRADAS	1 047	1 500	78.8	78.6
TOTAL		7 102	9 945	74.6	72.0

\*La capacidad no se modifica sustancialmente en 1983.

Fuente: CANACERO.

que 19.5% de los laminados lo obtuvieron las no integradas, es decir, semiintegradas y relaminadoras (cuadros 73 y 74).<sup>92</sup>

### CUADRO 73

DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LA PRODUCCION DE ACERO  
Y PRODUCTOS LAMINADOS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA\*  
(1980)

Empresa	Producción de acero %	Producción de laminados %
AIMSA	32.3	28.6
SICARTSA	11.2	10.1
FMSA	13.9	13.1
HYLSA	22.2	24.1
TANSA	5.4	4.6
NO INTEGRADAS	15.0	19.5

\*Cifras para una base de 7.2 millones de toneladas de acero y 5.9 millones de toneladas de productos laminados.

Fuente: Comisión Coordinadora de la Industria Siderúrgica.

#### *Patrones de consumo y uso eficiente de la energía*

Los energéticos más importantes consumidos por la industria siderúrgica mexicana son, en orden de importancia: los hidrocarburos (combustóleo y gas), el coque y la electricidad.

Los hidrocarburos han reducido su peso relativo de 1970 a 1983, sin embargo, éste sigue siendo superior a 50% del consumo energético total de la industria. La participación del coque creció de 35.6% en 1970, a 40.6% en 1983, y la de la electricidad se mantuvo alrededor de 7% a partir de 1975 (cuadro 75).

92. Con el fin de tener un esquema completo de los principales productos de la industria siderúrgica se presenta el cuadro 74, que muestra los volúmenes de producción de productos primarios (arrabio, fierro esponja y acero), y los correspondientes a los productos principales, planos y tubulares, y los no planos.

**CUADRO 74**  
**PRODUCCION DE LOS PRINCIPALES PRODUCTOS DE**  
**LA INDUSTRIA SIDERURGICA: 1970-1983**  
**(MILES DE TONELADAS)**

PRODUCTO	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	TMCA % 1983/70
<b>Primarios</b>															
Arrabio	1 645	1 683	1 890	2 021	2 304	2 048	2 413	3 009	3 509	3 520	3 515	3 690	3 598	3 536	6.1
Fierro esponja	617	674	784	754	903	914	1 115	1 320	1 628	1 507	1 510	1 590	1 505	1 497	7.1
Acero	3 881	3 821	4 431	4 760	5 138	5 272	5 298	5 601	6 775	7 117	7 156	7 605	7 051	6 917	4.5
<b>Planos y Tubulares</b>															
Plancha	462	472	589	586	656	670	544	556	688	744	757	783	652	487	0.4
Lámina	971	1 023	1 153	1 345	1 470	1 412	1 375	1 501	1 922	2 181	2 050	2 154	1 834	1 808	4.9
Tubos sin costura	185	180	195	186	196	215	225	220	252	255	239	251	263	234	1.8
<b>No planos</b>															
Alambrón	317	301	338	376	412	418	423	432	538	593	586	580	712	845	7.8
Varilla corrugada	570	553	628	752	784	906	849	966	1 134	1 276	1 489	1 590	1 441	1 337	6.8
Barras macizas	114	107	136	151	209	197	198	181	177	250	175	175	163	194	4.2
Perfiles livianos	189	179	165	189	219	254	271	239	256	288	296	274	251	229	1.5
Perfiles pesados	111	132	151	171	228	173	186	155	222	265	272	306	231	188	4.1

Fuente: CANACERO.

**CUADRO 75**  
**CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA**  
**1970, 1975, 1980 y 1983**

	Electricidad		Coque		Hidrocarburos		Total	
	Kcal x 10 <sup>12</sup>	%	Kcal x 10 <sup>12</sup>	%	Kcal x 10 <sup>12</sup>	%	Kcal x 10 <sup>12</sup>	%
1970	1.43	5.5	9.14	35.6	15.12	58.9	25.69	100.0
1975	2.11	6.6	11.72	37.2	17.71	56.2	31.54	100.0
1980	3.23	7.7	16.76	39.7	32.3*	52.6	52.29	100.0
1983	3.13	7.5	17.05	40.6	34.0*	51.9	54.18	100.0

\*Estimado.

Fuentes: Cuadros 76, 79 y 80.

En lo que sigue se presentará la evolución de los consumos específicos por tipo de energético. Se hará énfasis en el uso de coque e hidrocarburos, dada su importancia en la industria. Los procesos donde se les usa concentran el mayor potencial de ahorro energético de la siderurgia.

Debido a que los patrones de consumo de hidrocarburos y coque difieren en cada uno de los cuatro procesos usados en la producción siderúrgica, se partirá del análisis de las distintas etapas de producción. Esto permitirá agregar los consumos e integrarlos para el estudio de los patrones a nivel de procesos.<sup>93</sup>

**a) Consumo de electricidad.** El desarrollo de procesos con mayores requerimientos de electricidad y la extensión de la producción siderúrgica, determinó un rápido crecimiento del consumo de electricidad en la industria durante los años sesenta y setenta. En las plantas integradas y semiintegradas, el ritmo de crecimiento del consumo de electricidad se redujo durante los años setenta en comparación con el decenio anterior. Más aún, desde 1979 el consumo de electricidad se mantuvo relativamente estable en torno a un equivalente de  $3.1 \times 10^{12}$  Kcal (cuadro 76). Las participaciones de la energía eléctrica comprada y la autogenerada en el consumo total se han mantenido prácticamente constantes de 1963 a la fecha: alrededor de 90% de la electricidad consumida se compra, el 10% restante se autogenera.

El consumo específico de electricidad en la producción de acero creció acompañando la extensión del uso del fluido. Mientras que en los años setenta este consumo específico aumentó a razón de 3.5% anual, en los setenta disminuyó considerablemente (1.7% y 2.4% en el primer y segundo quinquenio). La relación tendió a estabilizarse desde 1979 (cuadro 77).

El consumo específico anterior hace referencia al conjunto de la producción siderúrgica. Sin embargo, existen fuertes diferencias según las etapas del proceso que se consideran, siendo el horno eléctrico y el laminado en frío los más altos consumidores específicos de electricidad (cuadro 78).<sup>94</sup>

93. El estudio del consumo de energía y materiales de las diversas etapas para la producción de productos siderúrgicos finales, se presenta en el anexo a esta sección, páginas, 238-245

94. Los consumos específicos de energía eléctrica de las principales etapas del proceso siderúrgico se muestran en el cuadro 78. Esta información servirá posteriormente para compararla con los patrones internacionales y estimar las posibilidades de un uso más eficiente de la energía eléctrica en la industria.



CUADRO 76  
EVOLUCION DE LOS CONSUMOS DE ENERGIA ELECTRICA  
DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA INTEGRADA Y SEMI-INTEGRADA\*  
(KCAL X 10<sup>12</sup>)

Año	Comprada	Autogenerada	Consumida	TMCA % por quinquenio
1963	0.5232	0.0634	.5866	
1968	1.0047	0.1081	1.1128	13.6
1969	1.2018	0.0918	1.2936	
1970	1.3289	0.0983	1.4272	
1971	1.3423	0.1085	1.4508	
1972	1.4584	0.1929	1.6513	
1973	1.5922	0.2016	1.7938	10.0
1974	1.8013	0.2144	2.0157	
1975	1.9435	0.1666	2.1101	
1976	1.9857	0.1865	2.1722	
1977	2.1437	0.2089	2.3526	
1978	2.6812	0.2340	2.9152	10.1
1979	2.8750	0.2621	3.1371	
1980	2.9377	0.2936	3.2313	
1981	3.1880	0.3300	3.5180	
1982	2.802	0.3000	3.1020	
1983	2.843	0.2900	3.1330	1.5

\*Los valores de 1976-1980 están estimados considerando los datos de 1975, proporcionados por CFE, y los de 1981 proporcionados por SEPAFIN.

Fuente: CFE y SEPAFIN.

**CUADRO 77**  
**EVOLUCION HISTORICA DEL CONSUMO ESPECIFICO**  
**DE ENERGIA ELECTRICA EN LA PRODUCCION DE ACERO**

Año	Producción acero en ton*10 <sup>3</sup>	Consumo eléctrico Kcal x 10 <sup>12</sup>	Consumo específico Kcal/ton	TMCA* % año
1963	2 026	.5866	289 536	
1968	3 256	1.1128	341 769	
1969	3 466	1.2936	373 225	
1970	3 881	1.4272	367 740	3.5
1971	3 821	1.4508	379 691	
1972	4 431	1.6513	372 669	
1973	4 760	1.7938	376 848	
1974	5 138	2.0157	392 312	
1975	5 272	2.1101	400 246	1.7
1976	5 298	2.1722	410 022	
1977	5 601	2.3526	420 034	
1978	6 775	2.9152	430 291	
1979	7 117	3.1371	440 799	
1980	7 156	3.2313	451.564	2.4
1981	7 605	3.5180	462 591	
1982	7 051	3.1020	440 000	
1983	6 917	3.1330	453 000	0.1

\*El año con el cual se alinea la TMCA es el que corresponde al final del periodo para el que está calculado.

Fuente: CANACERO y cuadro 76.

## CUADRO 78

CONSUMOS ESPECIFICOS DE ENERGIA ELECTRICA DE LAS  
PRINCIPALES ETAPAS DE PROCESO SIDERURGICO

Etapa del proceso	Consumo en Kcal/ton	
Sinterización	38 700	( 45 Kwh)
Alto horno	30 100	( 35 Kwh)
Convertidor al oxígeno	25 800	( 30 Kwh)
Hogar abierto	60 200	( 70 Kwh)
Horno eléctrico	559 000	(650 Kwh)
Laminación en caliente	73 100	( 85 Kwh)
Laminación en frío	129 000	(150 Kwh)

Fuente: CANACERO.

b) **Consumo de coque.** El conjunto de insumos y procesos que influyen en el alto horno para producir arrabio está asociado a determinados flujos de materiales, energéticos y otros. Del análisis de los consumos específicos de dichos materiales se infieren algunas consideraciones relevantes desde el punto de vista energético (figura 20).

i) La etapa más intensa en consumo de energía es la correspondiente al alto horno, para obtener arrabio o hierro de primera fusión.

ii) El energético principal es el coque, que se obtiene de la planta coquizadora como resultado de la transformación del carbón.

iii) Además del coque, el alto horno se alimenta con mineral de hierro sinterizado y peletizado. De éstos, el primero tiene un contenido energético significativo (110 Kg. de coque por tonelada de sinter).

iv) Desde el punto de vista energético, la relación de transformación más importante en todo el proceso de alto horno es la existente entre el consumo de coque y la producción de arrabio.

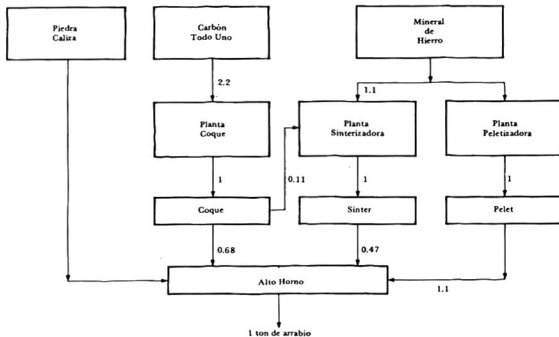
Los cambios ocurridos en este último proceso durante el período de 1970 a 1983 son los siguientes (cuadro 79).

i) La TMCA de la producción de arrabio fue de 6.1% durante todo el período. La correspondiente a 1970-75 de 4.5%, creciendo a 7.1% en el período posterior.

ii) El consumo específico del proceso de alto horno a base de coque tendió a disminuir a partir de 1975. En efecto, la eficiencia en la producción de arrabio se redujo ligeramente durante el primer quinquenio de los años setenta (0.1% anual)

FIGURA 20

CONSUMO ESPECIFICO DE MATERIALES EN EL PROCESO  
DE ALTO HORNO PARA OBTENER 1 TON DE ARRABIO



Fuente: Investigación directa, 1979.

CUADRO 79  
EVOLUCION DEL CONSUMO ESPECIFICO COQUE/ARRABIO (1970-1983)

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Año	Arrabio producción nacional miles de ton.	Coque <sup>a</sup> miles de toneladas		Relación de coque para alto horno a arrabico	Consumo específico <sup>b</sup> Kcal x 10 <sup>6</sup> /ton
		Para alto horno	Para sinterizado		
1970	1 645	1 262	82	.767	5.22
1971	1 683	1 290	84	.766	5.21
1972	1 890	1 453	94	.769	5.23
1973	2 021	1 597	104	.790	5.37
1974	2 304	1 725	112	.749	5.09
1975	2 048	1 619	105	.791	5.38
1976	2 412	1 809	118	.750	5.10
1977	3 009	2 258	147	.750	5.10
1978	3 509	2 272	148	.647	4.40
1979	3 520	2 396	156	.681	4.63
1980	3 515	2 320	145	.660	4.49
1981	3 690	2 398	161	.650	4.42
1982	3 598	2 375	158	.660	4.49
1983	3 536	2 351	156	.665	4.52

a. Incluye importaciones.

b. Col. (4) x 6 800 Kcal por Kg. de coque.

Fuente: CANACERO.

y aumentó considerablemente de 1975 a 1978 (6.9% anual). El cambio significativo de la eficiencia que se produjo en este último año se debió a la entrada en operación de SICARTSA. De 1978 a 1983 la eficiencia se redujo ligeramente (0.5% anual). Sin embargo puede afirmarse que en su conjunto, el consumo específico en la producción de arrabio a partir de coque disminuyó en la segunda mitad de los años setenta. Así, en 1983 la industria siderúrgica requería  $4.52 \times 10^6$  Kcal de coque para producir una tonelada de arrabio.

**c) Consumo de hidrocarburos en la producción de acero.** El alto horno consume también gas y combustible. El gas natural es el energético primordial en el resto del proceso por cualquier vía que se siga (hogar abierto o convertidor al oxígeno) y cualquier forma de laminación que se realice, en caliente o en frío. Asimismo, en los procesos de reducción directa-horno eléctrico y chatarra-horno eléctrico, nuevamente el gas es el energético principal.

La evolución del consumo de hidrocarburos en relación a la producción de acero muestra una marcada tendencia a la baja hasta mediados de los setenta. En efecto, de 1965 a 1973 tal consumo disminuyó en promedio a un ritmo de 2.1% anual (cuadro 80).<sup>95</sup>

En el desarrollo de la siderurgia mexicana se introdujeron modificaciones importantes en cuanto los procesos de producción durante la década del setenta, en particular en la segunda mitad. La producción por medio del hogar abierto disminuyó su importancia frente a la del convertidor de oxígeno y a la del horno eléctrico, estos últimos más eficientes en el uso de la energía que el primero. La distribución del aporte de estos tres procesos fue de 58.5%, nulo, 41.5% respectivamente en 1971, mientras que en 1983 cambió a 11.8%, 42.7% y 45.5% (cuadro 81 y figura 21). Esta orientación de la industria no se vio acompañada por una disminución global de la relación entre el consumo de hidrocarburos y la producción de acero, ya que el primero creció más rápidamente que la segunda entre 1973 y 1981 (cuadro 80). Como consecuencia de ello, el consumo específico de hidrocarburos aumentó en 23% entre ambos años, alcanzando  $4.47 \times 10^6$  Kcal/ton. Este resultado se opone a la presunción de que la modificación de los procesos de producción traería aparejado un menor consumo global y específico de los combustibles indicados.

**d) Patrones de consumo de los diversos procesos de la producción siderúrgica.** A partir del estudio de los consumos de energía y materiales originados en las diversas eta-

95. Cfr. anexo a esta sección, pp.238-245

CUADRO 80  
CONSUMO ESPECIFICO DE HIDROCARBUROS DE  
ACUERDO A LA PRODUCCION DE ACERO 1965-1983

Año	Producción de acero (miles de ton)	Consumo de hidrocarburos Kcal * 10 <sup>12</sup>		Consumo especifico total Kcal x 10 <sup>6</sup> /ton
		Gas	Combustóleo	
1965	2 454	8.13	2.12	4.17
1966	2 787	8.80	2.36	3.99
1967	3 039	10.00	2.62	4.15
1968	3 256	11.64	2.43	4.32
1969	3 466	12.86	2.29	4.37
1970	3 881	13.42	1.70	3.89
1971	3 821	14.00	1.48	4.04
1972	4 431	13.96	1.81	3.55
1973	4 760	14.80	1.96	3.51
1981	7 605	30.90	3.10	4.47

Nota: Después de 1973 la información disponible corresponde a la aportada por la Encuesta Industrial de SEPAFIN. Cfr. anexo al capítulo.

Fuentes: CANACERO y Encuesta SEPAFIN.

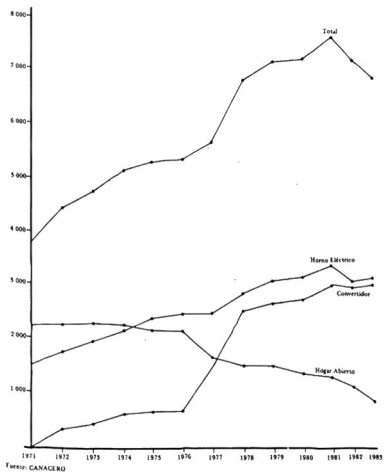
**CUADRO 81**  
**PRODUCCION EN MILES DE TONELADAS DE ACERO**  
**DE ACUERDO AL PROCESO (1971-1983)**

Año	Hogar abierto	Convertidor al oxígeno	Horno eléctrico	Total
1971	2 243	- -	1 578	3 821
1972	2 281	353	1 796	4 430
1973	2 336	420	2 004	4 760
1974	2 331	634	2 172	5 137
1975	2 185	687	2 400	5 272
1976	2 154	703	2 441	5 298
1977	1 628	1 504	2 470	5 602
1978	1 506	2 476	2 793	6 775
1979	1 467	2 608	3 042	7 117
1980	1 350	2 688	3 118	7 156
1981	1 309	2 981	3 315	7 605
1982	1 083	2 905	3 064	7 051
1983	811	2 956	3 148	6 917

Fuente: CANACERO.



FIGURA 21  
PRODUCCION DE ACERO SEGUN EL TIPO DE  
PROCESO (MILES DE TONELADAS)  
1971-1983



pas de la producción siderúrgica mexicana elaborado en el anexo de esta sección, es posible obtener los consumos energéticos específicos relativos a los diversos procesos existentes en la actualidad.

Al respecto se tienen los resultados siguientes (cuadros 82 y 83).<sup>96</sup>

**CUADRO 82**  
**CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ENERGÍA DE PRODUCTOS**  
**PLANOS DE ACUERDO A DIFERENTES PROCESOS**  
**(1983)**

Proceso	Kcalx10 <sup>6</sup> /ton de producto plano
Alto horno-hogar abierto-sin colada continua	8.35
Alto horno-convertidor-sin colada continua	7.96
Alto horno-convertidor-con colada continua	6.99
Reducción directa-horno eléctrico-sin colada continua	8.79
Reducción directa-horno eléctrico-con colada continua	7.26 (8.06)*
Chatarra-horno eléctrico-sin colada continua	2.14
Chatarra-horno eléctrico-con colada continua	1.55

\* Al incluirse la eficiencia del parque eléctrico.

Fuente: Figuras del anexo a la sección 1, pp. 241-245

96. Los consumos de los procesos de chatarra-horno eléctrico se han obtenido directamente, dado que éstos no requieren de un estudio detallado como en el caso de los restantes.

**CUADRO 83**  
**CONSUMOS ESPECIFICOS DE ENERGIA DE PRODUCTOS**  
**NO PLANOS DE ACUERDO A DIFERENTES PROCESOS**  
**(1983)**

Proceso	Kcalx10 <sup>6</sup> /ton de producto no plano
Alto horno-hogar abierto- sin colada continua	7.87
Alto horno-convertidor- sin colada continua	7.48
Alto horno-convertidor- con colada continua	5.71
Reducción directa-horno eléctrico- sin colada continua	8.33
Reducción directa-horno eléctrico- con colada continua	6.50 (7.3)*
Chatarra-horno eléctrico- sin colada continua	1.89
Chatarra-horno eléctrico- con colada continua	1.24

\* Al incluirse la eficiencia del parque eléctrico.

Fuente: *Ibidem*, cuadro 82.

i) Los productos no planos son menos intensivos en el consumo de energía, por cualquier proceso que se adopte. Esto se debe a que sus consumos específicos de materiales son menores respecto a los planos.

ii) Uno de los procesos más económicos energéticamente en planta integrada, tanto en laminados planos como no planos, es la reducción directa-horno eléctrico y colada continua. Sin embargo, si se parte del consumo de energéticos primarios, el consumo en el horno eléctrico deberá multiplicarse por 2.2 de acuerdo con la eficiencia del parque eléctrico nacional en 1982 (46%). Esto significa un aumento en el consumo específico de 0.8 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton para los productos planos y no planos. Estos valores representan un incremento de 11% y 12.3% en los consumos específicos respectivos. Los consumos ya integrados pasan a los 8.06 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton de planos y a los 7.3 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton de no planos.<sup>97</sup>

97. Cfr. figuras del anexo a la sección 1.

Estos resultados indican que el proceso de convertidor con colada continua resulta ser el más eficiente, dado que sus consumos específicos son de  $6.99 \text{ Kcal} \times 10^6/\text{ton}$  de productos planos y de  $5.71 \text{ Kcal} \times 10^6/\text{ton}$  de no planos, estos niveles de consumo son aproximadamente 13% y 22% menores que los obtenidos con horno eléctrico.

iii) Con el uso de colada continua se obtienen ahorros importantes respecto al proceso que no la usa para los dos tipos de productos. De  $0.97 \text{ Kcal} \times 10^6/\text{ton}$  de laminados planos, en el caso de convertidor de oxígeno y de  $0.73 \text{ Kcal} \times 10^6/\text{ton}$  de planos, en el de reducción directa. En cuanto a los productos no planos, los ahorros son de 1.77 y de  $1.03 \text{ Kcal} \times 10^6$ , respectivamente, para los procesos aludidos.

iv) La utilización de la chatarra origina reducciones muy elevadas en los consumos específicos de energía para los dos tipos de laminados. Sin embargo, esta cualidad ha aumentado notablemente su demanda y, dada su escasez, la ha encarecido.

### *Potencial de ahorro*

La evolución del potencial de ahorro de energía en la industria siderúrgica mexicana, se aborda a partir de la comparación entre los consumos específicos obtenidos en el presente estudio y los consumos existentes en el contexto internacional. Estas comparaciones se llevan a cabo con base en los consumos específicos de energía de las principales etapas de la producción siderúrgica (cuadro 84) y en conjunto (cuadro 85).

Los dos tipos de comparaciones indican que el consumo de energía de la siderurgia mexicana es considerablemente más alto que el patrón internacional y que el existente hace más de seis años en un conjunto de países industrializados de economía de mercado.

En efecto, el consumo específico en la etapa de sinterizado es 40% mayor en México respecto al nivel alcanzado en el contexto internacional; el correspondiente al alto horno un 35% mayor; las fosas de calentamiento consumen 40% más, el horno de recalentamiento un 17%, el de recocido un 20%, la reducción directa 30% y el horno eléctrico un 15%.

El contraste entre la situación nacional e internacional permite señalar que:

i) Las diferencias en la eficiencia relativa sirven como indicadores del alto potencial de ahorro que existe en la industria siderúrgica mexicana.

ii) La relación coque/arrabio de México es demasiado alta en comparación con los valores internacionales. El esfuerzo

**CUADRO 84**  
**POTENCIAL DE AHORRO EN LAS PRINCIPALES**  
**ETAPAS DEL PROCESO SIDERURGICO<sup>a</sup>**

Etapa de procesos	Consumos específicos Kcal x 10 <sup>6</sup> /ton		Potencial de ahorro <sup>c</sup>
	En México	Internacional	
Peletizado <sup>b</sup>		0.17	
Sinterizado	0.75	0.45	40%
Alto horno	4.52	3.00	35%
Fosas de recalentamiento	0.50	0.30	40%
Horno de recalentamiento	0.60	0.50	17%
Horno de recocido	0.25	0.20	20%
Reducción directa	5.00	3.50	30%
Horno eléctrico	0.56	0.48	15%

a. No se incluye el horno de hogar abierto ya que en el plano internacional se encuentra en vías de desaparecer a favor del horno eléctrico y del convertidor.

b. El peletizado se incluye por ser una forma de sustitución del sinterizado y para hacer notar la reducción en el consumo de energía del primero frente al segundo.

c.  $\frac{(C. \text{ específico en México} - C. \text{ específico internacional})}{C. \text{ específico en México}} \times 100$

Fuentes: Cuadro 79 y figuras del anexo a la sección 1.

**CUADRO 85**  
**CONSUMO ESPECÍFICO DEL PROCESO SIDERÚRGICO**  
**DE DIVERSOS PAÍSES**  
**(1976)**

Pais	Consumo específico del proceso Kcalx10 <sup>6</sup> /ton de acero laminado	Potencial de ahorro
Japón	4.25	41.37%
Italia	4.60	33.79%
Alemania Federal	5.00	31.10%
Inglaterra	5.90	18.62%
Estados Unidos	6.62	8.68%
México	7.25	- -

Fuente: Gordian Associates 1976.

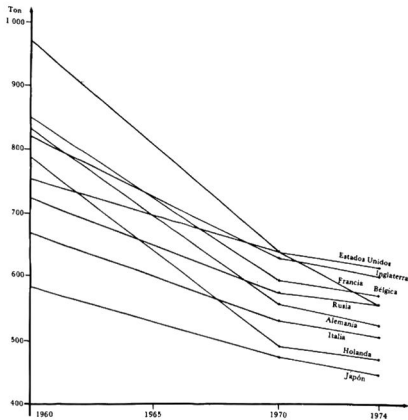
realizado por diferentes países para reducir esta relación se muestra en la figura 22. El éxito que se logre en México en la reducción de este valor repercutirá significativamente en el ahorro de todo el proceso siderúrgico que emplea alto horno.

iii) Los consumos en sinterizado y fosas de recalentamiento de México se pueden considerar relativamente altos. Estas dos etapas muestran tendencia a desaparecer dentro del proceso, una en favor del peletizado y la otra en favor de la colada continua.

Los resultados se refrendan a nivel agregado cuando se compara la eficiencia de la siderúrgica mexicana frente a la lograda en países industrializados (cuadro 85).

Puede decirse que si se toma en cuenta la diferencia entre la eficiencia de la industria en México y la de Japón, Italia, Alemania Federal, Inglaterra y Estados Unidos, existe un potencial de ahorro de alrededor de 35%. Proporción que representa un equivalente de 41.4 MBCE para el nivel de consumo de 1981, correspondiendo a cerca de 40 millones de dólares al año.

FIGURA 22  
EVOLUCION DEL CONSUMO ESPECIFICO DE  
COQUE PARA DIVERSOS PAISES



Fuente: Gordian Associates, 1976.

*Medidas de ahorro y uso eficiente*

Los resultados obtenidos en los incisos previos y una serie de consideraciones adicionales permiten proponer un conjunto de medidas que, de adoptarse, podrían reducir notablemente el consumo de energía en la industria siderúrgica mexicana.

La presentación de ellas se hace de acuerdo a la secuencia del proceso de producción e incluyen la adopción de nuevas tecnologías.

a) Medida sobre preparación de materiales

- Reducción de consumo de coque en plantas de sinterizado, a base de medidas administrativas, eliminando pérdidas de radiación y convección y aprovechando gases residuales.

b) Medidas en alto horno

- Mejorar la preparación y distribución de carga en el alto horno.
- Inyectar hidrocarburos; esta medida se realiza ya en hornos mexicanos y su interés radica más en aspectos de sustitución de energéticos que en ahorro de energía.
- Incrementar el empleo de colada continua. Esta medida junto con las medidas conducentes a mejorar la relación coque/arrabio, son las que presentan el mayor potencial de ahorro dentro de la industria siderúrgica; particularmente a través de la vía que usa el alto horno.

c) Medidas en fosas, hornos de recalentamiento y recocido

- Mejorar el aislamiento en hornos de recalentamiento.
- Coordinar hornos de recalentamiento con laminadores.
- Instalar recuperadores de calor en hornos de recalentamiento y recocido que no disponen de ellos.
- Cambiar los tubos radiantes a fuego directo para hornos de recocido que operan en lote.
- Incrementar el empleo de aislamiento refractario.
- Reducir fugas de hornos y fosas.
- Dar mejor mantenimiento y mejorar el diseño de quemadores.

d) Medidas generales

- Aislamiento. Las pérdidas por radiación y convección son de 10%, de ahí la importancia de reducirlas.
- Instrumentación y control. (La industria siderúrgica presenta un conjunto muy grande de posibles aplicaciones en estas áreas).
- Generación combinada de electricidad y vapor de proceso en plantas siderúrgicas (cogeneración). Se estima que un tercio de las necesidades de energía eléctrica en la planta siderúrgica podrían ser proporcionadas a base de cogeneración. Esta medida permite ahorros importantes



al integrarla con otras industrias y al tener un impacto en la industria eléctrica.

- Mejoras en hornos eléctricos. Se requiere mejorar su eficiencia térmica; es posible inyectar oxígeno y operar coordinando altos niveles de potencia.

Entre las nuevas tecnologías se tienen las siguientes:<sup>98</sup>

e) Preparación de materiales

- Nuevas tecnologías en el beneficio de los minerales. Esta medida es importante, ya que de la calidad de los materiales dependen los consumos energéticos, sobre todo en el alto horno.

f) Elaboración de coque

- Apagado seco del coque. Esta técnica es costosa y su implementación es para el largo plazo.
- Precalentamiento del carbón coquizable. Esta medida produce ahorros pequeños pero es barata y fácil de implementar.

g) Operación de alto horno

- Desulfuración externa. Esta medida elimina el azufre del coque antes de entrar al alto horno. La acción permite que posteriormente se puedan emplear combustibles con alto contenido en azufre, extendiendo la gama de energéticos que se pueden aprovechar.
- Altas temperaturas de soplado en el alto horno. Se ha encontrado que por cada 100°C de incremento en la temperatura, se obtiene una reducción de 36 kilos de coque por tonelada de arrabio.
- Alta presión en la tolva. Uno de sus beneficios es aumentar el tiempo de retención de gases, mejorando la eficiencia del tiro y disminuyendo el consumo de coque.

h) Operación del convertidor de oxígeno

- Aprovechamiento de los gases generados por el convertidor al oxígeno. Durante la inyección de oxígeno en el convertidor se producen grandes volúmenes de un gas formado en un 90% por monóxido de carbono. Se recomienda aprovechar el calor latente del gas, así como su poder calorífico.

i) Operación en reducción directa

- Se estima que la técnica empleada por HYLSA es susceptible de mejoras en el uso eficiente de energía.

<sup>98</sup>. Algunas de las tecnologías ya se emplean comercialmente en otros países, pero no se han implementado en México.

*Patrones de consumo y potencial de ahorro  
a los años 1990 y 2000*

De acuerdo con las tendencias internacionales, se espera que para los años de 1990 y 2000, el consumo específico de la industria siderúrgica baje a 4.1 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton. de acero laminado y a 3.4 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton. de acero laminado, respectivamente.

A partir de estas tendencias y de los consumos logrados hacia mediados de los setenta en los países industriales frente a los existentes en México (cuadro 85), se hicieron estimaciones sobre el potencial de ahorro de la industria siderúrgica mexicana para los años de 1990 y 2000.

El ejercicio se basa en dos escenarios, con los siguientes supuestos.

- La producción de productos planos y no planos seguirá en ambos escenarios la tendencia histórica (3.5 y 6.1% de crecimiento anual en promedio, respectivamente).
- Escenario A o de referencia. La eficiencia en la producción de laminados planos y no planos se mantendrá conforme a los niveles logrados en 1983. Es decir, los consumos específicos serán de 7.3 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton. de planos y de 6.5 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton. de no planos,<sup>99</sup> a lo largo del horizonte considerado.
- Escenario B. Supone que se logrará en 1990 un ahorro de 20% sobre el consumo específico observado en 1983 para los dos tipos de productos y un ahorro de 40% en el año 2000.

La comparación entre los consumos totales de energía obtenidos de los dos escenarios arrojan los siguientes volúmenes de energía ahorrados (cuadro 86).

- a) En términos de volumen, el ahorro acumulado en el periodo que va de 1984 a 1990 sería de 38.7 Kcal x 10<sup>12</sup>, o sea de 30.2 MMBCE (82.7 MBCE). El correspondiente al periodo 1991-2000 será de 216.1 Kcal x 10<sup>12</sup>, es decir, 168.6 MMBCE (461.8 MBCE).
- b) El ahorro total acumulado sería de 254.8 Kcal x 10<sup>12</sup>, o sea, 198.8 MMBCE (544.5 MBCE).

<sup>99</sup> Los valores se refieren a los consumos del proceso de "Reducción directa - horno eléctrico con colada continua" (cuadros 82 y 83).

**CUADRO 86**  
**ESTIMACION SOBRE POTENCIAL DE AHORRO**

	Producción (miles tons.)		Escenario A Consumo total (Kcal x 10 <sup>12</sup> )		Escenario B <sup>c</sup> Consumo total (Kcal x 10 <sup>12</sup> )		Ahorro potencial total (Kcal x 10 <sup>12</sup> )
	Planos	No planos	Planos <sup>a</sup>	No planos <sup>b</sup>	Planos	No planos	
1983	2 529	2 793	18.5	18.2	18.5	18.2	-
1984			19.1	19.3	18.5	18.7	1.2
1985			19.8	20.5	18.6	19.2	2.5
1986			20.5	21.7	18.6	19.7	3.9
1987			21.2	23.1	18.6	20.2	5.5
1988			22.0	24.5	18.7	20.8	6.8
1989			22.7	26.0	18.7	21.4	8.6
1990	3 218	4 227	23.5	27.5	18.8	22.0	10.2
1991			24.3	29.2	18.9	22.7	11.9
1992			25.2	31.0	19.0	23.4	13.8
1993			26.1	32.8	19.1	24.1	15.7
1994			27.0	34.8	19.3	24.9	17.6
1995			27.9	37.0	19.4	25.6	19.9
1996			28.9	39.2	19.5	26.4	22.0
1997			29.9	41.6	19.6	27.2	24.7
1998			30.9	44.2	19.7	28.1	27.3
1999			32.0	46.9	19.8	29.0	30.1
2000	4 539	7 642	33.1	49.7	19.9	29.8	33.1
<b>TWCA</b>	<b>3.5%</b>	<b>6.1%</b>	<b>3.5%</b>	<b>6.1%</b>	<b>0.4%</b>	<b>2.9%</b>	
<b>Subtotal 1984-1990</b>							<b>38.7</b>
<b>Subtotal 1991-2000</b>							<b>216.1</b>
<b>Total</b>							<b>254.8</b>

a. Se aplica al consumo específico logrado en 1983: 7.3 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton. (cuadro 82).

b. Se aplica al consumo específico logrado en 1983: 6.5 Kcal x 10<sup>6</sup>/ton. (cuadro 83).

c. Supone el logro de 20% de ahorro en 1990 y de 40% en el año 2000.

Fuente: Estimaciones propias.

## ANEXO A LA SECCION I: INDUSTRIA SIDERURGICA

CONSUMOS DE ENERGIA Y MATERIALES EN LAS ETAPAS  
DE LA PRODUCCION SIDERURGICA

En este anexo se presenta el estudio de los consumos específicos de energía y materiales en las diversas etapas existentes para elaboración de los productos de la industria siderúrgica mexicana durante 1979.

El análisis es necesario para poder integrar tales consumos en los diversos procesos y con ello obtener los consumos específicos de energía por proceso siderúrgico.

Esta labor exige conocer los siguientes consumos específicos por etapas:

- a) de coque para la producción de sinter y arrabio,
- b) de hidrocarburos (combustóleo y gas natural) en los procesos a través de alto horno;
- c) de materiales (arrabio, chatarra y acero);
- d) de energía (gas natural y electricidad) en el proceso de reducción directa, y
- e) de materiales (fierro esponja y chatarra) en el horno eléctrico.

La información del inciso (a) se encuentra en la figura 20, p. 222. La que se refiere al (b) se presenta a continuación.

## CUADRO 87

CONSUMOS ESPECIFICOS DE GAS Y COMBUSTOLEO  
EN EL PROCESO A TRAVES DEL ALTO HORNO  
(KCAL X  $10^6$  TON)  
(FUNDIDORA DE MONTERREY Y ALTOS HORNO DE MEXICO)

Etapa del proceso	Gas natural	Combustóleo	Total
Alto horno	0.12-0.50	0.31	0.43-0.50
Convertidor			0.07
Hogar abierto	0.61	0.64	1.25
Fosas	0.50		0.50
Hornos de recalentamiento	0.60		0.60
Hornos de recocido	0.25		0.25
Totales			3.10-3.17

FUENTE: CANACERO.

Estas cifras tienen como unidad las kilocalorías para evitar problemas sobre el poder calorífico de los combustibles. En algunas plantas se atribuyen 6,900 Kcal al litro de combustible en lugar de las 10,000 Kcal que se han aplicado aquí.

En relación a los consumos específicos en la producción de arrabio mostrados en la figura 20 y en el cuadro anterior, cabe más aclaración. Mientras que la planta de Altos Hornos de México ha combinado el uso de gas y combustible con consumos específicos de 120,000 Kcal/ton y 310,000 Kcal/ton, respectivamente, la de Fundidora de Monterrey consume 250,000 Kcal/ton. Esta diferencia no es ineficiencia, sino que representa una medida para reducir el consumo de coque. Debido a este carácter de medida reguladora de consumo de coque, los consumos de hidrocarburos en el alto horno no se incluyen dentro de los consumos específicos a lo largo del proceso siderúrgico. Hay que precisar, además, que los consumos específicos indicados en el horno de hogar abierto son aditivos. Esta forma de operación pertenece a la planta de Fundidora de Monterrey, que reporta un total de 1,250,000 Kcal/ton. de acero.

En relación al consumo específico de materiales (c), se tiene la información siguiente:

**CUADRO 88**  
**CONSUMOS ESPECIFICOS DE MATERIALES EN**  
**EL PROCESO A BASE DE ALTO HORNO**

Etapa del proceso	Insumos
Horno de hogar abierto	750 Kg de arrabio/ton de acero 400 Kg de chatarra/ton de acero
Convertidor al oxígeno	940 Kg de arrabio/ton de acero 235 Kg de chatarra/ton de acero
Laminados planos con colada continua	1 250 Kg de acero/ton de laminado
Laminados planos sin colada continua	1 450 Kg de acero/ton de laminado
Laminado no plano con colada continua	1 150 Kg de acero/ton de laminado
Laminado no plano sin colada continua	1 410 Kg de acero/ton de laminado
Tubo sin costura	1 550 Kg de acero/ton de tubo

Por último, los consumos específicos de energía y materia les en los procesos de reducción directa-horno eléctrico y chatarra-horno eléctrico se presentan en los cuadros 89 y 90. En el primero se presentan los consumos específicos de gas en la planta de reducción directa y de electricidad en el horno eléctrico y en el segundo los consumos del horno eléctrico de acuerdo al proceso que se trate.

### CUADRO 89

#### CONSUMOS ESPECIFICOS DE PRINCIPALES ETAPAS Y ENERGETICOS EN EL PROCESO DE REDUCCION DIRECTA

Etapa del proceso	Gas natural m <sup>3</sup> /ton (Kcal/ton)	Electricidad Kwh/ton (Kcal/ton)
Reducción directa*	600 (5 076 000)	- -
Horno eléctrico	- -	650 (560 000)

\*El método HYL III espera consumir 290 m<sup>3</sup>/ton.

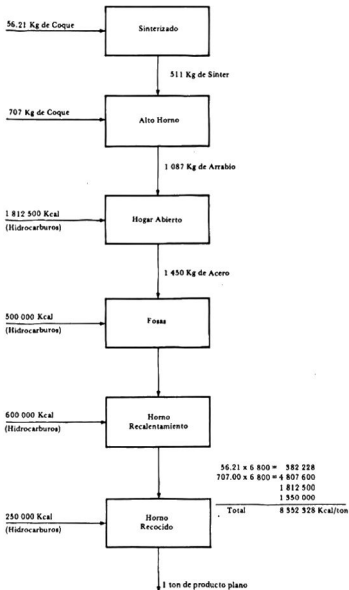
### CUADRO 90

#### CONSUMOS ESPECIFICOS DE MATERIALES EN EL HORNO ELECTRICO

Proceso	Insumos específicos
Reducción directa	900 Kg de fierro esponja/ton de acero
Horno eléctrico	220 Kg de chatarra/ton de acero
Chatarra horno eléctrico	1 200 Kg de chatarra/ton de acero

Con la información de este anexo y de la figura 20, es posible obtener el consumo específico de energía por etapa, por proceso y por tipo de producto final. Las figuras 23 a 27 lo ilustran para los casos de los productos planos. En forma similar pueden construirse las equivalentes a los productos no planos, tomando en cuenta la información del cuadro 88 y recordando que su producción no requiere de la etapa de horno de recocido.

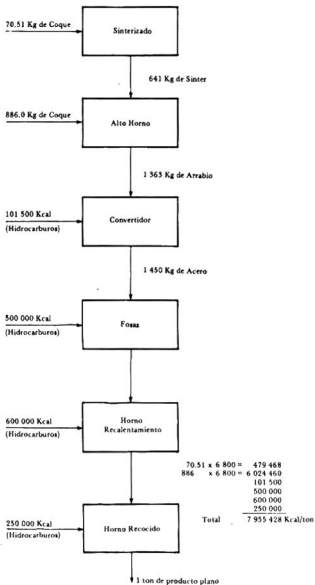
FIGURA 25  
PRODUCTO PLANO A TRAVES DE HOGAR  
ABIERTO Y SIN COLADA CONTINUA



Fuente: Estimaciones directas (I.I.E., 1979).

FIGURA 24

PRODUCTO PLANO A TRAVÉS DE CONVERTIDOR  
AL OXIGENO Y SIN COLADA CONTINUA

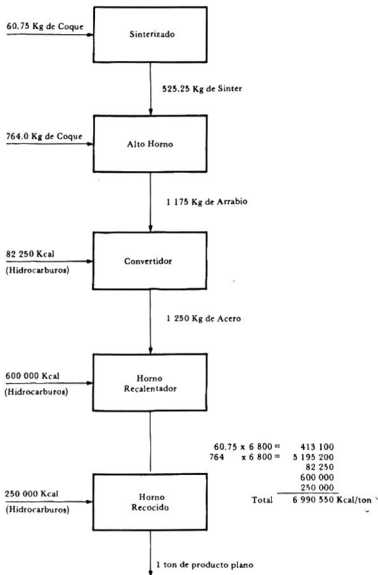


Fuente: Estimaciones directas (I.I.E., 1979)



FIGURA 25

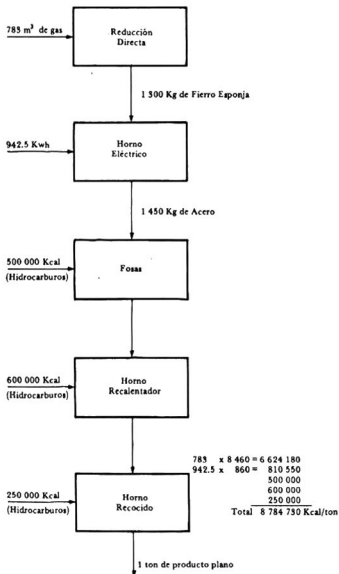
**PRODUCTO PLANO A TRAVES DE CONVERTIDOR  
AL OXIGENO Y CON COLADA CONTINUA**



Fuente: Estimaciones directas (I.I.E., 1979).

FIGURA 26

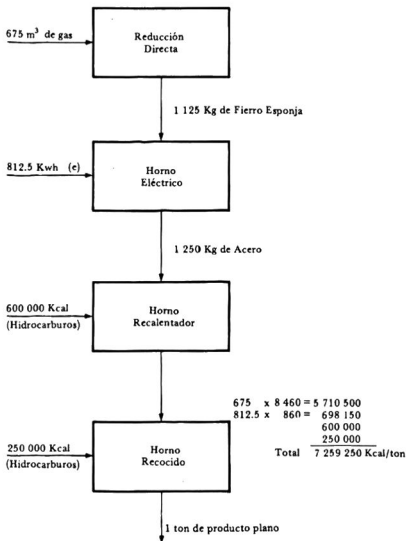
PRODUCTO PLANO A TRAVÉS DE REDUCCIÓN DIRECTA  
Y HORNO ELÉCTRICO SIN COLADA CONTINUA



Fuente: Estimaciones directas (I.I.E., 1979)

FIGURA 27

**PRODUCTO PLANO A TRAVES DE REDUCCION  
DIRECTA-HORNO ELECTRICO Y COLADA CONTINUA**



Fuente: Estimaciones directas (I.I.E., 1979).

## 2. INDUSTRIA DEL CEMENTO

En la sección se examinan, en un contexto de cambio, los aspectos de la producción de cemento y la conservación y uso eficiente de la energía en esta industria. Para tal fin y siguiendo la metodología usada en el estudio de la siderurgia, primero se describe el proceso de fabricación del cemento, la evolución de ésta durante los últimos 3 decenios y la situación actual. Después se estudian sus patrones de consumo de energía, para finalizar con la discusión de las medidas de uso eficiente y la medición del potencial de ahorro para los años de 1990 y 2000.

La secuencia de producción para la fabricación del cemento se puede dividir en las siguientes actividades:

- i) obtención de materias primas,
- ii) preparación de materias primas,
- iii) producción de clínker,
- iv) molienda de clínker con yeso y en ocasiones extensores puzolánicos, para obtener cemento.

Debido a las características de las materias primas, en un principio surgieron dos procesos conocidos como "húmedo" y "seco". La diferencia principal reside en el manejo de la materia prima, la que se utiliza como una pasta en el proceso húmedo y como un polvo en el proceso seco. Posteriormente, hacia 1950, el proceso seco se perfeccionó incluyendo el precalentamiento y actualmente existe un nuevo cambio que incluye además del precalentamiento la precalcinación.

La industria del cemento en México se ha caracterizado por un alto dinamismo a partir de la Segunda Guerra Mundial. El crecimiento promedio de la producción fue de 8.8% anual de 1947 a 1980. Durante el mismo lapso el número de plantas creció de 18 a 28, y el de hornos de 39 a 75, aumentando la capacidad de producción a un ritmo anual promedio de 7.7% (cuadro 91).

En cuanto al tipo de proceso utilizado, el "húmedo" ha mostrado una marcada tendencia a ser sustituido por el "seco". La participación del primero en la producción de cemento bajó de 22.8% en 1965 a 7.3% en 1980. O sea que en 1980 el proceso seco representó ya un 92.7% de la producción nacional (cuadro 92). El número de plantas que usan este último proceso es en la actualidad de 24, mientras que hay sólo cuatro con el húmedo.

La industria cementera está concentrada en un puñado de plantas: la más grande tiene una capacidad de 6,500 toneladas por día, que representa 11.8% de la capacidad total; las seis más grandes cubren 53% y las trece más pequeñas sólo 16%.<sup>100</sup>

<sup>100</sup> Cámara Nacional del Cemento (CANACEM).

**CUADRO 91**  
**PLANTA PRODUCTIVA DE LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO**

Año	Plantas	Hornos	Capacidad (miles de ton-año)	Capacidad promedio (ton/planta-año)	Producción (miles de ton-año)
1947	18	39	1 475	81 945	999
1950	18	44	1 953	108 500	1 419
1955	18	50	2 757	153 167	2 086
1960	20	60	3 876	193 800	3 086
1965	22	61	5 236	238 000	4 199
1970	27	74	8 034	297 000	7 180
1975	28	85	13 654	487 643	11 612
1976	28	79	13 844	494 429	12 584
1977	28	79	13 844	494 429	13 227
1978	28	73	14 844	530 143	14 057
1979	28	75	16 400	585 714	15 178
1980	28	75	17 021	607 893	16 243

Fuente: Cámara Nacional del Cemento (CANACEM).

## CUADRO 92

PRODUCCION PORCENTUAL DE CEMENTO  
DE ACUERDO A PROCESO HUMEDO Y SECO

Año	Proceso húmedo	Proceso seco
1965	22.8	77.2
1970	15.0	85.0
1975	10.9	89.1
1978	8.3	91.7
1980	7.3	92.7

Fuente: CANACEM.

En relación a las características del producto se puede decir que la industria del cemento es muy homogénea si se le compara con otras. El producto principal es el que se conoce como cemento gris o *portland*, que se obtiene a partir del clínker agregando yeso en una proporción de 7%. Recientemente se ha empezado a producir el cemento puzolánico que se produce con clínker, yeso en 7% y el extensor puzolánico en 13% aproximadamente. El extensor puzolánico es un material sílico-aluminoso o sílico que en sí mismo no posee propiedades cementíficas o éstas son muy bajas. Sin embargo, al ser molido finamente y en presencia de humedad, reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que tienen propiedades cementíficas.

Entre los principales extensores se tienen las puzolanas, las escorias de alto horno y las cenizas volcánicas.

En el año 1981, se estimó que un 65% de la producción nacional fue de cemento gris y un 35% fue de cemento puzolánico.

*Patrones de consumo y uso eficiente de la energía*

La industria del cemento emplea como energéticos principales el combustóleo y el gas, además de la electricidad. Los datos relativos al gas y combustóleo suelen manejarse como un solo concepto debido a que ambos energéticos son susceptibles de emplearse indistintamente dentro de la industria cementera (no así en otras industrias).

La evolución de la producción cementera y del consumo asociado de estos tres energéticos, de 1968 a 1981, muestra aumentos continuos. La TMCA de la producción fue de 8.8% durante el periodo, la que corresponde a la electricidad de 9.6% y la de combustibles de 7.04%.

Las tasas anteriores se traducen en un aumento promedio anual para todo el periodo del consumo específico de electricidad de un 0.9% y en una disminución de 1.6% del consumo específico de combustibles (cuadro 93).

De esta evolución puede decirse lo siguiente:

a) La reducción del consumo específico de hidrocarburos significa un ahorro de 19% en 1981 de acuerdo al consumo de 1968. La mejora se debe:

i) al crecimiento acelerado del uso de técnicas modernas en la producción, es decir, de los precalentadores de suspensión de cuatro etapas, y

ii) al aumento relativo de la producción de puzolánico.

b) El ligero aumento del consumo específico de electricidad no puede tomarse como una reducción en la eficiencia, más bien es el resultado de la electrificación del proceso, sobre todo por los precalentadores de suspensión.

De los consumos específicos de la industria por tipo de proceso (húmedo y seco, con y sin precalentador) se observa lo siguiente (cuadro 94 y figura 28).

a) El proceso seco con precalentador es el menos intensivo en el uso de la energía. Le sigue el seco sin precalentador, cuyo consumo específico es 45% mayor. Por último está el húmedo, que consume casi dos veces más que el seco con precalentador. Por otro lado, la participación de los principales energéticos (combustóleo y electricidad) en el consumo específico son similares en los tres procesos (entre 7% y 9% y entre 90% y 93% respectivamente).

b) La etapa de calcinación es altamente intensiva en el consumo de energía comparada con las otras tres, independientemente del proceso adoptado; explica entre 86% (precalentador) y 94% (húmedo) del consumo específico total.

No obstante los avances logrados en el ahorro de energía, es posible que la industria cementera de México mejore en este sentido. Esto surge de la comparación entre sus consumos específicos y los obtenidos en el contexto internacional.

A partir de las tecnologías disponibles en la actualidad en el mercado mundial y de prorratear los valores medios del cemento *portland* puro y cemento *portland* con extensores en proporciones de 65% y 35% respectivamente (de acuerdo a la producción de México), el consumo específico medio que podría obtenerse es de 821 Kcal/Kg. de cemento (cuadro 95).

**CUADRO 93**  
**CONSUMOS TOTALES Y ESPECIFICOS DE HIDROCARBUROS**  
**Y ELECTRICIDAD EN LA PRODUCCION DE CEMENTO (1968-1981)**

Año	Producción (miles de tons) (1)	Consumo total de energéticos (10 <sup>12</sup> Kcal/Año)		Consumo específico de energéticos (Kcal/Kg)	
		Electricidad	Combustibles	Electricidad	Combustibles
		(2)	(3)	(2)/(1)	(3)/(1)
1968	6.008	0.605	8.18	100.70	1 364.0
1969	6.674	0.663	8.95	99.34	1 342.0
1970	7.180	0.782	9.47	108.90	1 321.0
1971	7.362	0.790	9.57	107.30	1 300.0
1972	8.602	0.896	11.00	104.20	1 280.0
1973	9.789	1.027	12.32	104.90	1 259.0
1974	10.595	1.063	13.12	100.33	1 240.0
1975	11.612	1.170	14.16	100.76	1 220.0
1976	12.584	1.310	15.10	104.10	1 201.0
1977	13.227	1.470	15.03	111.40	1 182.0
1978	14.056	1.550	16.35	110.30	1 165.0
1979	15.178	1.690	17.36	111.35	1 144.0
1980	16.243	1.787	18.27	110.00	1 125.0
1981	17.971	2.000	19.82	111.30	1 103.0
<hr/>					
Tasa media (TMA) anual	8.79%	9.63%	7.04%	0.77%	- 1.62%

Fuente: IIE Investigación directa y CANACEM.



## CUADRO 94

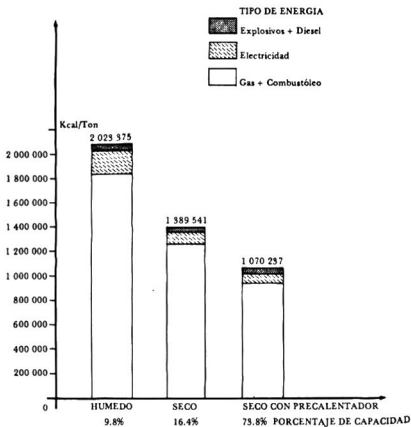
CONSUMOS ESPECIFICOS DE ENERGIA POR PROCESOS  
ENERGETICOS Y DEPARTAMENTO (KCAL/TON DE CEMENTO)

Tipo de proceso	Etapas iniciales	Secado, molienda homogeneización	Calcinación	Molienda final	Total
HUMEDO					
Electricidad	2 040	71 422	23 812	38 108	135 382
Gas y combustible	-	-	1 874 683	-	1 874 683
Otros	13 310	-	-	-	13 310
SUBTOTAL	15 350	71 422	1 898 495	38 108	2 023 375
SECO					
Electricidad	3 774	31 171	24 021	40 027	98 992
Gas y combustible	-	66 020	1 219 443	-	1 285 963
Otros	4 586	-	-	-	4 586
SUBTOTAL	6 560	97 191	1 243 964	40 027	1 389 541
PRECALENTADOR					
Electricidad	3 774	31 171	23 482	40 027	98 404
Gas y combustible	-	66 020	901 178	-	967 198
Otros	4 586	-	-	-	4 586
SUBTOTAL	6 560	97 191	924 660	40 027	1 070 238

Fuente: Investigación directa IIE (1977).

FIGURA 28

## CONSUMO DE ENERGETICOS DE ACUERDO AL PROCESO (1977)



Fuente: Investigación directa IIE.

**CUADRO 95**  
**CONSUMOS ESPECÍFICOS EN CEMENTO**  
**PORTLAND PURO Y CEMENTO PORTLAND CON EXTENSORES**  
**(ESTÁNDARES INTERNACIONALES)**

Tipo de cemento	Valor mínimo Kcal/Kg	Valor medio Kcal/Kg	Valor máximo Kcal/Kg
Clinker	890.0	950.0	2 200.0
Cemento Portland puro	800.0	870.0	1 500.0
Cemento Portland con extensores	650.0	750.0	1 200.0

Fuente: Gordian Associates 1976.

Si se compara este valor con el consumo específico logrado en México en 1981 (1103 Kcal/Kg), se obtiene un ahorro potencial de 26%.

Si se toma como valor de referencia el consumo específico técnico mínimo (223 Kcal/Kg), basado en el concepto termodinámico del trabajo necesario para la producción de cemento, el potencial de ahorro sería de 80%.

*Medidas para el uso eficiente y la  
conservación de la energía*

Conforme a lo dicho con anterioridad, a continuación se enumeran las principales medidas que podrían llevar al ahorro de la energía en la producción cementera.

- a) Transformar hornos secos largos a sistemas con precalentadores.
- b) Aumentar el número de etapas de precalentamiento hasta alcanzar el máximo de cuatro.
- c) Usar más cementos hidráulicos con extensores. Al respecto se recomienda:
  - i) orientar a los usuarios sobre la calidad del cemento requerido en cada construcción, y
  - ii) estudiar las normas que limitan la relación clínquer-cemento, de manera que se obtengan extensores que permitan rebajar la relación, sin detrimento del producto ni aumento del riesgo del usuario.

d) Medidas relacionadas con el aislamiento. Las pérdidas de radiación y convección del horno se estiman en 80 Kcal/Kg., lo cual puede representar hasta 10% de la energía consumida. Para reducir esta pérdida se recomienda una reelección de refractarios de buena vida y baja conductividad térmica, así como un adecuado mantenimiento.

e) Medidas relacionadas con el sistema de combustión:

- i) uso del quemador adecuado de acuerdo al combustible;
- ii) mantenimiento y cambio de quemadores;
- iii) manejo del aire de combustión en su valor óptimo;
- iv) control de la intensidad y el largo de la llama, etcétera.

f) Eliminación de entradas de aire falso.

Las medidas anteriores varían en el beneficio que proporcionan y la inversión requerida para implementarlas. Se puede decir en términos generales que las dos primeras medidas proporcionan ahorros importantes, pero requieren de inversiones con periodos de amortización del orden de 10 a 15 años. La medida (c) requiere baja inversión y sus rendimientos en ahorro de energía son altos; esta medida se ha venido implementando rápidamente dentro de la industria. La medida (d) tiene dos aspectos, uno relacionado con el cuidado permanente del aislamiento, es decir, su adecuado mantenimiento. Este cuidado proporciona ahorros menores pero no requiere de inversiones significativas. El otro se refiere a la investigación y perfeccionamiento de aislamientos en general; este aspecto es complejo y depende de un organismo de mayor especialización. La medida (e) presenta características semejantes a la cuatro. Es decir, existen algunos aspectos que se controlan con una adecuada administración y otros que están sujetos a organismos especializados que, sin embargo, deben regularse por medio de una adecuada administración de la energía.

Además de los ahorros que podrían obtenerse con las medidas anteriores, se dispone en la industria del cemento de nuevas tecnologías que permiten un uso más eficiente de la energía. Entre ellas destacan las siguientes.

g) Sistema con precalcinación. Esta técnica, que se desarrolló en Europa y Japón, se ha empezado a implantar en México. El proceso de dos etapas de combustión o precalcinador es semejante al del precalentador de suspensión, con la diferencia de tener dentro de la torre de precalentamiento una cámara adicional que actúa como horno precalentador. Así, mientras que en un horno convencional con precalentador se puede obtener una calcinación de 40% a 50%, en el sistema precalcinador se obtiene un 95% de calcinación.

Entre las principales ventajas que presenta el nuevo sistema se puede decir lo siguiente:

- i) Debido a que el material llega prácticamente calcinado, la capacidad productiva del horno rotatorio aumentará de 65 Kg. de clínker por  $m^3$  por hora a 145 Kg. de clínker por  $m^3$  por hora.
  - ii) De lo anterior se concluye que para un sistema convencional el horno rotativo puede ser sensiblemente menor, reduciendo pérdidas por radiación y los costos de reemplazo en refractarios.
  - iii) Debido a que se puede operar a temperaturas relativamente bajas en el precalcinador, la condición permite el empleo de combustible de bajo poder calorífico en esta etapa de fabricación del cemento (se puede inclusive emplear basura).
  - iv) Reducción de contaminación y en particular del óxido de nitrógeno.
- h) Enriquecimiento con oxígeno. Esta técnica se basa en el criterio de que al enriquecer el oxígeno del aire de combustión se puede incrementar la capacidad productiva del horno rotatorio. Si se considera que las pérdidas de calor que se producen hacia la superficie exterior del horno permanecen constantes y la coquización se efectúa más rápidamente (aumentando la producción), entonces el consumo de combustible por tonelada de clínker producido disminuirá.
- i) Aislamiento. Como ya se indicó, los problemas de aislamiento, comunes a todos los procesos industriales, requieren de mayor investigación.
- j) Instrumentación y control. Al igual que en otras industrias, una mayor y más precisa instrumentación permitirá el control continuo de los diversos parámetros que regulan la calidad del producto y el consumo de combustibles y electricidad, permitiendo optimizar situaciones ya consideradas y creando información para nuevas mejoras. Los conceptos anteriores comprenden todo el proceso y no exclusivamente el horno. Se obtendrán mejoras importantes en "software" y en aspectos de control que redundarán en beneficio de los consumos de energía y potencia eléctrica.
- Las medidas anteriores prometen ahorros de energía a través de un mayor perfeccionamiento del proceso de producción. Como se mencionó, los hornos con precalcinador se han empezado a instalar en México y su impacto se reflejará en los próximos años, las otras técnicas están sujetas a nuevos desarrollos de investigación.

*Potencial de ahorro de la energía*

Las estimaciones sobre la potencialidad de ahorro de energía para los años 1990 y 2000 en la producción de cemento se hacen a partir de una serie de consideraciones que surgen del análisis previo (cuadro 96).

a) Se supone que la evolución futura de la producción de cemento será igual a la tasa histórica de crecimiento (8.8% anual en promedio).

b) Con el fin de estimar los volúmenes de ahorro que podrían lograrse se proponen tres alternativas de consumo futuro:

- i) Escenario A. No habrá cambios en el consumo específico logrado en 1981. Esto significa que el consumo total de energía crecerá en promedio a una tasa igual a la de la producción de cemento (8.8%).
- ii) Escenario B. La dinámica del consumo específico seguirá la tendencia histórica, es decir, tal consumo se reducirá a una tasa de 1.6% anual en promedio (cuadro 93).
- iii) Escenario C. Se supone que a la larga, la eficiencia en el consumo energético de la industria mexicana logrará los niveles internacionales. Esta crecerá a su vez conforme a lo esperado en el contexto mundial (1.4% anual en promedio).

El Escenario A se toma como la referencia para calcular los ahorros potenciales de los dos restantes, dado que supone una eficiencia constante.

De la comparación de escenarios se infiere lo siguiente:

a) El Escenario B lleva a un ahorro de energía de 8.5% en 1990 y de 21.7% en el año 2000 o sea un 17.9% para todo el periodo. En términos de volumen los ahorros acumulados durante 1982-1990 serían del orden de:  $23.67 \text{ Kcal} \times 10^{12}$ ; los de los diez años siguientes de  $150.45 \text{ Kcal} \times 10^{12}$  y, para el periodo en conjunto de  $174.0 \times 10^{12} \text{ Kcal}$ . Los ahorros acumulados se traducen en 18.46 MMBCE (50.58 MBCE) durante el primer subperiodo, en 117.35 MMBCE (321.52 MBCE) para el segundo y en 135.81 MMBCE (372.10 MBCE) para los 19 años.<sup>101</sup>

b) El Escenario C conduce a un ahorro de 34.57% en 1990 y de 42.58% en el año 2000. Lo cual significa un ahorro de 40.29% para los 18 años estudiados. En términos de volúmenes acumulados los porcentajes significan  $96.27 \times 10^{12}$ ,  $295.22 \times 10^{12}$  y  $391.54 \times 10^{12} \text{ Kcal}$  respectivamente. En términos de petróleo crudo, estos ahorros son de 75.09 MMBCE (205.73 MBCE) para 1990, 230.28 MMBCE (630.90 MBCE) para el año

<sup>101</sup>. Se usan como base a  $1.282 \times 10^6 \text{ Kcal/barril}$ .

CUADRO 96  
ESTIMACION SOBRE POTENCIAL DE AHORRO

Año	Producción (miles de tons) (1)	Escenario A	Escenario B		Escenario C	
		Consumo total*	Consumo especifico	Consumo total	Consumo especifico	Consumo total
		(Kcal x 10 <sup>12</sup> ) (2)	(Kcal/Kg) (3)	(Kcal x 10 <sup>12</sup> ) (4) (1) x (3)	(Kcal/Kg) (5)	(Kcal x 10 <sup>12</sup> ) (6) (1) x (5)
1982	19,552	21.56	1 085.4	21.22	767.50	15.00
1983	21 273	23.46	1 068.0	22.72	757.14	16.11
1984	23 145	25.53	1 050.0	24.30	746.91	17.29
1985	25 182	27.78	1 034.0	26.04	736.83	18.55
1986	27 398	30.22	1 017.0	27.86	726.88	19.91
1987	29 809	32.88	1,001.0	29.84	717.07	21.37
1988	32 432	35.77	985.3	31.95	707.39	22.94
1989	35 286	38.92	969.5	34.20	697.84	24.62
1990	38 391	42.35	954.0	36.62	688.42	26.43
1991	41 770	46.07	938.7	39.21	679.13	28.37
1992	45 445	50.13	923.7	41.98	669.95	30.44
1993	49 445	54.54	909.0	44.95	660.91	32.68
1994	53 795	59.34	894.4	48.11	651.99	35.07
1995	58 529	64.56	880.1	51.50	643.19	37.64
1996	63 680	70.24	866.0	55.15	634.50	40.40
1997	69 284	76.42	852.0	59.03	625.94	43.37
1998	75 381	83.15	838.0	63.17	617.49	46.54
1999	82 015	90.46	825.0	67.66	609.15	49.94
2000	89 232	98.42	812.0	72.46	600.93	53.62
Subtotal 1982/1990		278.47		254.75		182.21
Subtotal 1991/2000		693.33		543.22		398.09
Total 1982/2000		971.80		797.97		580.30
TMCA	8.8%	8.8%	- 1.6%	7.1%	- 1.4%	7.3%

\* Se toma el consumo específico de 1981: 1 103 Kcal/Kg. (Cuadro 93).

Fuente: Elaboraciones propias.

2000 y el total ahorrado para el periodo sería de 305.37 MMBCE (836.64 MBCE).

c) Los ahorros de energía acumulados en el periodo para los escenarios B y C, equivaldrían aproximadamente a 3,700 y 8,400 millones de dólares considerando un precio de 27.5 dólares por barril de petróleo crudo equivalente.

### 3. INDUSTRIA AZUCARERA

El estudio de la conservación y el uso eficiente de la energía en la industria azucarera mexicana se enfrenta a una serie de problemas de información y a la ausencia de estudios sobre sus patrones de consumo energético. Hasta hace muy poco tiempo surge la preocupación oficial al respecto y no se ha llegado aún a definir objetivos ni políticas para incidir en tales consumos.<sup>102</sup>

La producción de azúcar requiere altos consumos de energía. Su consumo de combustóleo es de los más altos dentro de las ramas industriales; su participación durante 1983 fue 17% del consumo industrial y de 5.5% a nivel nacional.<sup>103</sup>

En esta sección se presentan los principales aspectos de los patrones de crecimiento y consumo energético de la industria, obtenidos de la información existente y de la recogida directamente a nivel de ingenio para el año de 1983. Al respecto cabe mencionar lo siguiente:

a) Los aspectos más generales cubren el periodo de 1970 a 1983. Como se verá, es durante este lapso cuando los problemas en la estructura del consumo energético de la industria se agudizan. El periodo estudiado se caracteriza por el aumento en tal consumo, por la heterogeneidad del uso de la energía entre ingenios y por el estancamiento en la producción azucarera.

b) Una vez presentada la estructura y evolución de la industria se describen las principales fases del proceso productivo.

102. Esta situación exigió elaborar un estudio detallado de la industria, ingenio por ingenio y por flujo de materiales y de energía. En la sección se presentan los principales resultados obtenidos a la fecha. Se está elaborando un trabajo monográfico que incluirá los detalles de tal estudio con información obtenida directamente de los principales ingenios para el año de 1983.

103. PEMEX, *Anuario Estadístico 1983* e información interna.



c) Los patrones de consumo de los energéticos principales (bagazo y combustóleo) son abordados luego, así como aquellos factores que inciden en tales patrones. Es decir, la capacidad instalada y su aprovechamiento, la producción y los tiempos perdidos.

d) Después se aborda el estudio del consumo de energía de las diversas etapas del proceso productivo. En este caso se toman en cuenta los ingenios productores de azúcar estándar, que representan el 64% de la producción de la industria.

e) Por último se elaboran algunas conclusiones que permiten dar una visión sobre el problema energético de la industria azucarera en conjunto.

La industria azucarera es la principal agroindustria del país. Está compuesta por 69 ingenios distribuidos en 15 estados de la República, de los cuales Veracruz y Jalisco agrupan 33% y 14% respectivamente.

En cuanto a su propiedad, el sector paraestatal está integrado por 51 ingenios, 16 pertenecen al sector privado y dos son cooperativas. Se dispone de una capacidad instalada de producción de azúcar en zafra de  $4.54 \times 10^6$  toneladas y una capacidad de molienda diaria de  $0.31 \times 10^6$  toneladas. En la zafra 1981-1982 la agroindustria dio ocupación directa a 284,725 personas en campo y fábrica con los efectos multiplicadores consiguientes. Se cultivaron en la misma zafra 469,175 has., de las cuales, 40.8% son de riego y el resto de temporal. Los predios productores tienen una extensión promedio de 6 has.<sup>104</sup>

Una de las características principales de esta industria es su carácter temporal, esto es, trabaja en promedio seis meses al año. Está sujeta a las condiciones agrícolas de producción, al abastecimiento del volumen de caña y a su calidad y oportunidad.

El comportamiento de la industria durante los últimos trece años muestra un escaso dinamismo en términos de volúmenes producidos y rendimientos. La producción creció sólo a un ritmo de 2.1% anual en promedio y, a partir de 1977, ha permanecido estancada: los rendimientos no cambiaron durante todo el periodo (cuadro 97).

En contraste, la demanda nacional de azúcar ha crecido continuamente durante el periodo analizado a un ritmo de 4.9% anual. Esto se debe a los aumentos en el consumo industrial y no en el doméstico. El primero creció en promedio a un ritmo de 8.3% anual, en tanto que el segundo se ha estan-

<sup>104</sup>. Azúcar, S.A. (1983).

CUADRO 97  
EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA AZUCARERA  
(1970-1983)

Años	C a m p o		No. de ingenios	F á b r i c a				Rendimiento global (ton de azúcar/ha)	Consumo (miles de ton)
	Superficie cultivada (miles ha)	Rend. % (ton/ha)		Capacidad instalada	Caña molida (miles de toneladas)	Producción de azúcar (toneladas)	Rend. %		
1970	413.6	60.9	63	3 356	24 524	2 208	8.9	5.4	1 841
1971	427.4	62.4	65	3 333	25 985	2 398	9.1	5.7	1 775
1972	426.9	63.4	65	3 303	26 254	2 359	8.9	5.7	1 910
1973	452.7	67.8	64	3 243	29 849	2 592	8.6	5.8	2 125
1974	456.4	68.2	65	3 334	30 492	2 649	8.6	5.8	2 173
1975	460.4	64.4	66	3 533	28 949	2 548	8.7	5.6	2 387
1976	446.2	62.7	64	3 432	27 237	2 547	9.3	5.8	2 473
1977	431.3	67.2	65	3 358	27 947	2 541	9.1	6.1	2 477
1978	461.1	72.7	66	3 317	32 348	2 849	8.8	6.4	2 717
1979	474.2	73.2	67	3 443	33 865	2 881	8.5	6.2	2 855
1980	488.7	65.5	68	3 655	31 343	2 603	8.3	5.4	2 921
1981	452.8	65.3	69	3 831	28 677	2 367	8.2	5.4	3 020
1982	469.2	69.9	69	4 535	31 769	2 677	8.4	5.9	3 226
1983			69	4 541	32 482	2 893	8.9		
TMCA	1.1%	1.2%		2.4%	2.2%	2.1%	0.0%	0.1%	4.9%

Fuente: Estadísticas azucareras-Azúcar, S.A., año 1983.

cado. Los aumentos más pronunciados de la demanda respecto a la oferta interna han hecho necesario recurrir a las importaciones en volúmenes crecientes (figura 29).

Por otra parte, la industria azucarera es una de las más antiguas del país y la conformación de la capacidad instalada, estructura, ampliaciones y reposición de maquinaria y equipos muestra un comportamiento heterogéneo.

Esto se manifiesta en que muchos ingenios están compuestos por maquinaria y equipos viejos y obsoletos frente a otros relativamente nuevos y modernos. No es entonces de extrañar la existencia de una amplia gama de consumo energético entre ingenios, lo cual complica su análisis.

Otro aspecto importante de la industria es que la capacidad instalada de producción de azúcar creció notoriamente de 1978 a 1982 (8% anual en promedio). Sin embargo, no tuvo como contrapartida aumentos equivalentes en la producción de caña ni en la producción de azúcar (cuadro 97).

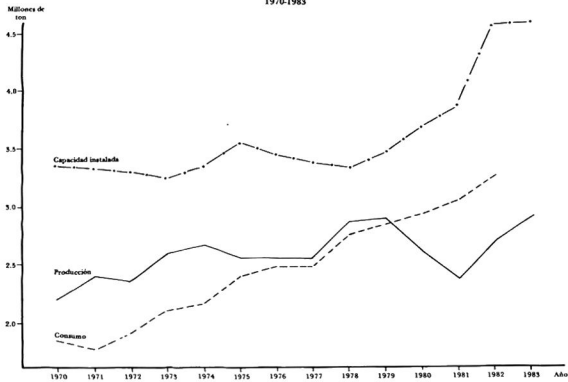
Las principales fases del proceso de elaboración del azúcar se pueden sintetizar en: preparación de la caña, extracción del jugo, clarificación, evaporación, cristalización, centrifugación y secado, y envasado.

i) Preparación de la caña. En el batey, zona de entrada de la materia prima al ingenio, se maneja la caña por medio de grúas y, en algunos casos, volteadoras mecánicas que descargan la caña en cintas transportadoras para llevarla a la etapa de preparación. La caña se prepara cortándola y desfibrándola por medio de un juego de cuchillas y una desfibradora de martillos. En algunos ingenios se ha instalado hace poco tiempo el lavado de la caña, pues la creciente mecanización de las tareas de recolección en el campo hace que la caña llegue al ingenio con un alto porcentaje de tierra, piedra y otros elementos extraños que posteriormente dificultan la molienda.

ii) Extracción del jugo. Se realiza con la compresión de la caña a través de molinos dispuestos en serie. En esta fase se aplica el rocío de agua sobre los molinos (imbibición) para lograr una mayor extracción de jugo. Durante el proceso se obtiene como subproducto el bagazo (fibra de caña), que es transportado por medio de conductores directamente a las calderas para utilizarse como insumo energético.

iii) Clarificación. Esta etapa tiene por objeto la remoción de la máxima cantidad de los compuestos -no azúcares- que contiene el jugo extraído (guarapo) de los molinos. Para ello se alcaliza el jugo y se le somete a un proceso de calentamiento para que se lleve a cabo la reacción. Posteriormente se separa el jugo clarificado del precipitado o cacha-za para pasarlo al proceso de evaporación.

FIGURA 29  
CAPACIDAD INSTALADA, PRODUCCIÓN Y CONSUMO DE AZÚCAR  
1970-1983



Fuente: Cuadro 97.

**CUADRO 98**  
**BAGAZO**  
**(MILES DE TONS. - BASE HUMEDA)**

	Producción	Consumo	Ventas	Combustóleo equivalente (millones de litros)
1970	8 155	7 625	529	89.9
1971	8 426	7 848	578	98.3
1972	8 243	7 655	587	99.8
1973	9 797	9 105	692	117.6
1974	9 963	9 196	767	130.4
1975	9 371	8 721	650	110.5
1976	8 924	8 264	720	122.4
1977	9 194	8 326	868	147.6
1978	10 632	9 616	1 017	172.9
1979	11 507	10 319	1 188	202.0
1980	11 033	9 793	1 240	210.8
1981	10 098	8 829	1 268	215.6
1982	10 772	9 585	1 186	201.6
1983	11 167	9 777	1 390	236.3
TMCA	2.4%	1.9%	7.7%	7.7%

Fuente: Informes oficiales, resultado de operación de los ingenios azucareros 1970-1983.

iv) Evaporación. El jugo clarificado tiene aproximadamente un 85% de agua. Este proceso la elimina en sus dos terceras partes. Para ello se dispone de un sistema de evaporación de múltiple efecto al vacío, donde se obtiene un jugo concentrado o meladura.

v) Cristalización. La meladura es sometida a un proceso de concentración y saturación para la conformación de los cristales de azúcar. Esto se hace mezclando la meladura y los cristales de siembra en recipientes al vacío (tachos) de simple efecto.

vi) Centrifugación. Consiste en separar el azúcar cristalizado de la miel incristalizable, por medio de cilindros provistos de mallas metálicas perforadas que giran a alta velocidad.

Para elaborar el azúcar tipo estándar se profundiza la depuración, lo cual aumenta su pureza y su decoloración y en el área de clarificación se sulfita el guarapo para lograr una mayor decoloración.

Posteriormente, en la etapa de centrifugación, se complementa el proceso haciendo un lavado con agua de condensados, para separar la miel que recubre el azúcar cristalizada. Por último, se procede a secar el azúcar.

La refinación es un proceso que acentúa la calidad del producto en cuanto a pureza, textura, color y contenido de humedad. Utiliza como materia prima el azúcar crudo, el cual se somete a un nuevo proceso de clarificación. Esta etapa tiene varias fases en las que destacan: el fundido, la disolución del azúcar crudo en agua de condensados y el tratamiento químico. En esta última fase el licor es sulfitado y alcalizado para ser airado, calentado y clarificado. El licor es filtrado después y nuevamente decolorado con absorbentes industriales (carbón activado) y filtrado. Por último, el licor es sometido a la cristalización y centrifugación.

vii) La última etapa es el secado, pues el azúcar debe salir con determinado grado de humedad para cumplir con las normas comerciales para ser envasada.

### *Patrones de consumo y uso eficiente de la energía*

A continuación se resumen los principales aspectos obtenidos del estudio detallado de la producción azucarera mexicana. Se presentará primero el consumo de energéticos (bagazo y combustóleo) y después la generación y uso del vapor.

i) Los insumos energéticos han tenido un crecimiento promedio de 3.8% anual durante el periodo analizado. En contraste, la molienda y la producción de azúcar crecieron en promedio en 2.2% y 2.1% respectivamente (cuadros 97 y 99).

CUADRO 99  
CONSUMO DE ENERGETICOS  
(KCAL X 1012)

	Bagazo	Combustóleo	Total	Consumo específico (Kcal/Kg azúcar)
1970	14.3	2.9	17.2	7 818
1971	14.7	3.4	18.1	7 542
1972	14.3	4.0	18.3	7 625
1973	17.0	4.9	21.9	8 423
1974	17.2	4.9	22.1	8 500
1975	16.3	5.1	21.4	8 560
1976	15.5	5.4	20.4	8 160
1977	15.6	5.9	21.5	8 600
1978	18.0	7.4	25.4	9 071
1979	19.3	8.2	27.5	9 483
1980	18.3	8.7	27.0	10 385
1981	16.5	8.9	25.4	10 583
1982	17.9	9.3	27.2	10 074
1983	18.3	9.5	27.8	9 586
TMCA	1.9%	9.6%	3.8%	1.6%

Fuente: Informes oficiales de resultados de operación de los ingenios azucareros y elaboración propia.

ii) El consumo de bagazo, exceptuándose las ventas a industria papelera, tuvo un crecimiento del orden de 1.9% anual mientras que el del combustóleo creció a un ritmo de 9.6%. Como consecuencia, la participación del primero en el consumo total de energéticos bajó de 83.1% en 1970 a 67.8% en 1983 (cuadro 98).<sup>105</sup>

iii) El combustóleo es el energético que ha mostrado un crecimiento considerable. La práctica de intercambio de bagazo por combustóleo, con la industria papelera se ha intensificado, lo cual ha hecho que el combustible recibido en el trueque mantenga su participación en el total de hidrocarburos consumidos, de 24% por año.

iv) El consumo específico en la producción azucarera ha crecido continuamente a un ritmo de 1.6% anual durante los últimos 13 años. El aumento se explica por las alzas del uso del combustóleo en la refinería. En efecto, el consumo específico de este energético creció de las 1,313 Kcal/Kg. de azúcar en 1970 a las 3,284 Kcal/Kg. de azúcar en 1983. O sea que la ineficiencia aumentó a un ritmo promedio de 7.7% anual. El consumo específico del bagazo no ha variado significativamente: de las 6,476 Kcal/Kg. de azúcar pasó a las 6,326 Kcal/Kg. de azúcar (cuadros 97 y 99 y figura 30).

Esto demuestra que en 1983 se cuenta con la misma cantidad de bagazo con fines de consumo energético en relación a 1970, en tanto el combustóleo usado ha crecido significativamente.

En la búsqueda de posibles razones que expliquen tal aumento se analizaron factores que están incidiendo efectivamente en el consumo de energéticos y, en definitiva, en el consumo específico. Estos son: la capacidad de producción y su aprovechamiento; los tiempos perdidos y sus variaciones y los volúmenes obtenidos de producción de azúcar durante el periodo estudiado. Sin embargo, éstos no logran explicar la dinámica observada en el consumo de combustóleo.

a) El estudio de las características de los sesenta y seis ingerios analizados indica que no hay correspondencia alguna de los consumos específicos y sus variaciones frente a la capacidad instalada de producción, al tamaño de la planta y a su aprovechamiento.

<sup>105</sup>. El contenido de fibra en bagazo no ha cambiado; oscila entre 43-44%, y el de humedad tampoco, entre 50-52%. O sea, el poder calorífico disponible no ha variado significativamente.



FIGURA 30  
CONSUMO DE ENERGETICOS POR KG DE AZUCAR  
(1970-1983)



Fuente: Elaboraciones propias.

- Se encontraron para el año de 1983 distintos niveles de requerimientos de energía por unidad producida para plantas de tamaños, volúmenes de producción y niveles de aprovechamiento similares y viceversa (cuadros 100 y 101).
- Los cambios en los consumos específicos por planta durante el periodo estudiado no tienen correspondencia con los logrados en el año inicial. Por ejemplo: de 26 ingenios con consumos específicos relativamente bajos en 1970, seis lograron seguir reduciéndolos durante los 13 años siguientes, cuatro los aumentaron ligeramente y el resto lo hicieron en forma notable; en contraste, de 14 ingenios con consumos específicos elevados en 1970, tres los redujeron, dos los aumentaron ligeramente y nueve considerablemente durante el periodo (cuadro 102).

b) La indagación sobre explicaciones posibles de los aumentos en el consumo específico de combustóleo se amplió al estudiar los días trabajados, los tiempos perdidos y el uso de tal energético durante el periodo considerado.

Sin embargo, esto tampoco dio frutos debido a que las oscilaciones en los días efectivos de molienda y de los tiempos perdidos no corresponden ni en magnitud ni en el tiempo con el consumo de combustóleo. Se observa, por ejemplo, que al notable aumento de este consumo sucedido entre 1979 y 1981, le correspondió una marcada disminución de los días de molienda y una constancia en los días perdidos (figura 31).

No queda entonces lugar a dudas que las razones que explican el aumento en el consumo específico de combustóleo de la industria azucarera están fuera de las consideraciones técnicas que se han hecho.

Lo que surge como evidencia, a partir de lo discutido hasta el momento, es la heterogeneidad en el uso de la energía en las plantas que forman la industria y la tendencia a usar cada vez menos racionalmente un recurso energético no renovable.

Los consumos específicos observados para la producción azucarera en México (alrededor de las 10,000 Kcal/Kg. de azúcar) sobrepasan con mucho a los obtenidos en el plano internacional (6,000 Kcal/Kg.). La diferencia es más notoria si se considera que se produce con tecnologías y procesos de producción similares.

La creciente ineficiencia en el uso de la energía se confirma con el hecho de que mientras durante la zafra de 1970 la industria en México consumía 11.8 t de combustóleo por tonelada métrica de caña (TMC), para la de 1983 los consumos

**CUADRO 100**  
**DISTRIBUCION DE INGENIOS EN RELACION CON LOS CONSUMOS**  
**ESPECIFICOS, CON EL TAMAÑO DE PLANTA Y LA PRODUCCION**  
**(1955)**

Consumo específico estratos	Capacidad instalada (en miles de ton %)						Producción (en miles de ton %)					
	0	20	40	60	80	100	0	20	40	60	80	100
0 - 5.9	-	-	-	1	-	2	-	1	-	-	-	2
6.0 - 6.9	-	2	1	3	4	-	1	3	3	3	-	-
7.0 - 7.9	-	3	2	4	-	1	-	4	4	1	1	-
8.0 - 8.9	1	3	4	2	1	1	2	7	2	-	-	1
9.0 - 9.9	2	2	1	-	4	1	3	2	3	1	1	-
10.0 y más	4	3	4	5	3	4	7	8	6	2	-	1
Número de ingenios	7	13	12	15	12	9	13	25	18	7	2	4

Fuente: Elaboraciones propias.

# CUADRO 101

## DISTRIBUCION DE INGENIOS EN RELACION CON LOS CONSUMOS ESPECIFICOS CON EL APROVECHAMIENTO DE LA CAPACIDAD INSTALADA (1983)

270

- Capacidad instalada 4.541.159 tons.
- Producción 2.892.716 tons.
- Aprovechamiento 63.7%

% de Aprovechamiento

Consumo específico estratos	30.0	40.0	50.0	60.0	70.0	80.0	90.0	100.0	Ingenios No.
0 - 5.9	-	-	-	1	1	1	-		3
6.0 - 6.9	-	-	3	-	5	1	1		10
7.0 - 7.9	-	-	-	4	5	-	1		10
8.0 - 8.9	-	2	3	2	4	-	1		12
9.0 - 9.9	1	3	3	1	1	1	-		10
10.0 y más	3	5	2	8	4	1	-		23
No. de ingenios	4	10	11	16	20	4	3		68

Fuente: Elaboraciones propias.

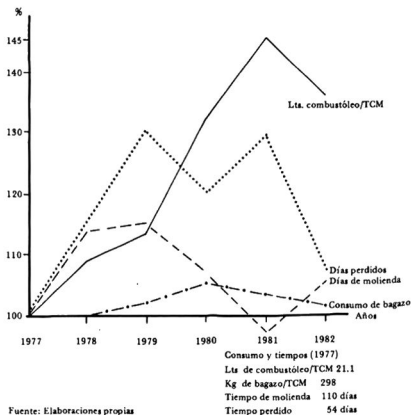
**CUADRO 102**  
**TASAS DE CRECIMIENTO DE LOS CONSUMOS ESPECIFICOS**  
**POR INGENIO (1970-1983)**

C.E. (márgenes)		Ingenios No.      %		Tasas de crecimiento %					
				Negativas	0.0-0.99	1.0-1.99	2.0-2.99	3.0-3.99	4.0 y más
0	5.9	5	1.6	-	3	1	1	-	-
6.0 -	6.9	8	12.1	1	1	3	2	1	-
7.0 -	7.9	13	19.7	5	1	3	2	1	1
8.0 -	8.9	16	24.2	-	2	5	6	3	-
9.0 -	9.9	8	12.1	2	2	1	1	2	-
10.0 -	10.9	9	3.0	1	-	-	-	1	-
11.0 -	11.9	6	9.1	1	1	-	-	2	2
12.0 -	más	8	12.1	2	1	2	1	2	-
Número de ingenios		66		12	11	15	13	12	3
%			100.0	18.2	16.7	22.7	19.7	18.2	4.5

Fuente: Elaboraciones propias.

FIGURA 31

TIEMPOS PERDIDOS Y EL CONSUMO DE ENERGETICOS  
VARIACION PORCENTUAL 1970 = 100



Fuente: Elaboraciones propias

fueron de 29.2 l/TMC y 0.33 l/TMC para México y Cuba respectivamente.<sup>106</sup>

Se pasará ahora a estudiar los requerimientos de vapor en la producción de azúcar para la zafra 1982-83. A dichos consumos los definen dos rasgos básicos: la eficiencia productiva en cada etapa del proceso en términos globales y la eficiencia en la generación y el uso del vapor.

a) En relación al primer determinante, se ha observado que la industria trabaja en la actualidad con bajos rendimientos en los distintos departamentos del proceso, independientemente de la calidad y cantidad de caña procesada. En consecuencia, su rendimiento global es también bajo. Así, se tiene que la relación tonelada de azúcar/tonelada de caña molidas es de 9.0% con un porcentaje de aprovechamiento de 75%. Estas proporciones contrastan con lo logrado por la industria cubana, cuyo rendimiento global es de 12.5%, con 85% de aprovechamiento.

El escaso rendimiento y nivel de aprovechamiento condicionan directamente al balance energético pues exigen amplias cantidades de energía por unidad producida.

b) En cuanto a la generación de vapor, el trabajo de calderas muestra también bajos índices de aprovechamiento, con una eficiencia de alrededor de 55% en la quema del bagazo. O sea que en México se obtiene 1.56 Kg. de vapor por Kg. de bagazo, mientras que el estándar de la industria en otros países es de 65%, lográndose 2 Kg. de vapor por Kg. de bagazo.

c) A los bajos índices de generación observados, se le añade el consumo adicional de combustóleo que fue de 23.6 l/TMC para el periodo de molienda efectiva de la zafra 1982-83.<sup>107</sup>

d) Por último, el consumo específico de proceso es de 5,846 Kcal/Kg. de azúcar.<sup>108</sup> Como elemento comparativo, la industria cubana tiene un consumo específico de proceso que oscila entre las 3,500-4,500 Kcal/Kg. de azúcar. Es más, éste se puede reducir a 2,050 Kcal/Kg. de azúcar a través de esquemas de evaporación con extracción para calentamiento y cocción, que disminuyen la demanda de vapor de proceso significativamente.

106. Información presentada en el II Encuentro Latinoamericano sobre uso regional de la energía en la industria azucarera, Veracruz, México 1984.

107. SEMIP, encuesta interna, 1983.

108. Mientras que el consumo específico de insumos energéticos es de 9,586 Kcal/Kg. de azúcar (cuadro 99).

En síntesis, el consumo de energía de la industria azucarera mexicana presenta las siguientes características:

*a) Factores que inciden en el patrón de consumo:*

i) La baja eficiencia que se observa en los diversos departamentos del proceso productivo provoca aumentos considerables en la demanda de energía.

ii) Los desniveles en la capacidad instalada de producción en las distintas áreas, causados por las ampliaciones sucesivas en los ingenios, han creado desbalances tanto en el nivel productivo como en el energético.

iii) La industria se caracteriza, en general, por la antigüedad u obsolescencia de gran parte de la maquinaria y equipos, principalmente en el área de molinos, calderas y planta de fuerza.

iv) Los tiempos perdidos de la industria son considerables: un día de paro por cada tres días de operación. Estas magnitudes se agravan al considerar las frecuencias de las paradas.

v) La industria toma el bagazo como un "insumo gratuito". Esto, unido al precio subsidiado del combustóleo, deforma las consideraciones sobre el costo de la energía y hace que no se le dé mayor importancia al uso dispendioso de aquél.

*b) Regularidad de los desequilibrios  
en la generación y la demanda de vapor*

i) La baja eficiencia en calderas que afecta tanto la cantidad como la calidad del vapor, exige consumir combustóleo para mejorar la calidad de la combustión y para cubrir las necesidades de vapor.

ii) El bajo aprovechamiento de vapores de escape de las turbinas conlleva a la utilización de vapor vivo para trabajo térmico a baja presión con la consiguiente pérdida de energía.<sup>109</sup>

iii) La frecuencia y magnitud de las sobrecargas son considerables. Esto ejerce una presión sobre las líneas de alimentación y, en definitiva, sobre las calderas, en detrimento de los equipos y la propia elaboración de azúcar.

iv) Por otra parte, en la operación de maquinaria y equipos, existe una ausencia de mantenimiento adecuado y de instrumentación debido a la baja capacitación del personal.

<sup>109</sup> La generación se realiza con una presión promedio de 17.5 Kg/cm<sup>2</sup> y, vía expansión, se utiliza a 1.0 Kg/cm<sup>2</sup>.



El recurso de incrementar el consumo de combustóleo cuantas veces sea necesario, con el objetivo de tener un abastecimiento seguro de vapor sin importar costos, manifiesta que el combustóleo cubre las ineficiencias del proceso y permite un margen de maniobra en donde la irracionalidad es la constante.

### *Medidas para el uso eficiente de la energía*

La heterogeneidad en el funcionamiento de las plantas que forman la industria impide proponer medidas concretas que abarquen al conjunto de ingenios. Se ha visto que el uso dispendioso de la energía no es sólo una cuestión técnica, sino que abarca problemas de toda índole. Estos surgen de las características propias de la industria y del interés estatal en ella. De la producción azucarera dependen una gran cantidad de trabajadores, desde los productores de caña hasta los obreros del ingenio. El abastecimiento interno del producto y la buena marcha de las relaciones entre trabajadores y Estado, son preocupaciones continuas de éste.

La puesta en marcha de un programa de uso racional de la energía para la industria requiere, por tanto, de un proceso riguroso de planeación y de la voluntad política de los grupos participantes.

Es evidente, además, que algunas acciones al respecto exigirán inversiones considerables. Sin embargo, éstas podrán recuperarse sin dificultad dada la magnitud del dispendio y, por tanto, del potencial de ahorro.

Por otra parte, el uso de la caña de azúcar (un recurso renovable) como fuente de energía ha mostrado ser, con diverso grado de desarrollo, una realidad en Brasil, Cuba y Hawái, no hay razón por la que en México no se hagan esfuerzos por esta vía.

Existe además la posibilidad de crear industrias paralelas y/o integradas a la azucarera a partir de los subproductos de la caña de azúcar. A saber: celulosa, alcohol carburante, aglomerados, cogeneración, etcétera. El esfuerzo para hacerlo está íntimamente relacionado a la problemática energética de la industria, en donde el Estado tiene la posibilidad y la obligación de ir construyendo la viabilidad de un aprovechamiento integral de la caña de azúcar y, en particular, como fuente renovable de energía.

*Potencial de ahorro de la energía*

Los resultados expuestos ponen de manifiesto las amplias posibilidades de un uso energético más eficiente en la industria, ya sea al producir más azúcar con el mismo consumo de energía o al reducir el propio consumo energético.

a) El primer aspecto se aprecia en las pérdidas de sacarosa. Estas son en promedio de 25%, mientras que existen ingenios con pérdidas que fluctúan entre 10 y 15%. Es posible entonces reducir el consumo específico en la misma proporción.

b) Las posibilidades de ahorro por medio de reducciones en el consumo energético son más significativas:

i) En cuanto a la demanda de energía y tomando como referencia estudios realizados por el Instituto Cubano de la Industria Azucarera, es posible lograr ahorros que fluctúan entre 20 y 50% en el uso de vapor de proceso o de baja presión.

ii) Por el lado de la oferta (calderas), los estudios realizados para la propia industria azucarera mexicana, indican que es posible lograr una eficiencia de 65%, es decir, de 10 puntos más que la existente en la actualidad. Si se supone una humedad del bagazo de 46%, este aumento en la eficiencia significa un ahorro de 4.9 millones de barriles de combustóleo por zafra.

Las dos posibilidades de uso más eficiente producirían un ahorro de 50.8% sobre los actuales consumos de energéticos.

Esto significa un ahorro de  $14.12 \times 10^{12}$  Kcal de energía, o sea 11.01 MMBCE o 30.175 MBCE. Los volúmenes de ahorro serían mayores si se redujeran los tiempos perdidos, que a la fecha son de 30%.

A partir de estas estimaciones sobre el potencial de ahorro y la tasa histórica de la producción azucarera, se presentarán cálculos sobre los ahorros posibles para los años 1990 y 2000 (cuadro 103).

Se tienen dos proyecciones al respecto, ambas toman como base la dinámica histórica de la producción azucarera.

Escenario A. Supone que la tasa de crecimiento del consumo de energía seguirá la tendencia histórica: 3.8% anual.

Escenario B. Supone que para el año 2000 se logrará reducir la ineficiencia en el consumo de energía en un 60% respecto a la tendencia histórica. Es decir, supone que la tendencia histórica del consumo específico se revierte; pasa de un crecimiento promedio de 1.7% anual (Escenario A) a un decremento de 3.8% anual en promedio en lo que resta del siglo.

De cumplirse con esta última meta, los ahorros de energía serían de  $43.5 \times 10^{12}$  Kcal de 1984 a 1990 y de  $219.0 \times 10^{12}$

CUADRO 103  
ESTIMACION SOBRE POTENCIAL DE AHORRO

Año	Producción (miles de tons)	Escenario A		Escenario B	
		Consumo total (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	Consumo específico (Kcal/Kg. de azúcar)	Consumo total (Kcal x 10 <sup>12</sup> )	Consumo específico (Kcal/Kg. de azúcar)
1983	2 893	27.8	9 609	27.8	9 609
1990	3 346	36.1	10 789	24.7	7 382
2000	4 119	52.4	12 722	21.0	5 098
Subtotal 1990/83		254.5		211.0	
Subtotal 2000/91		445.7		226.7	
Total 2000/83		700.2		437.7	
TMCA:	2.1%	3.8%	1.7%	- 1.7%	- 3.8%

Fuente: Elaboraciones propias.

Kcal a partir de 1991 y hasta el año 2000. El ahorro acumulado sería de  $262.5 \times 10^{12}$  Kcal para todo el periodo (cuadro 103). Esto significa ahorros de 33.93 MMBCE (92.963 MBCE), de 170.83 MMBCE (468.019 MBCE) y de 204.76 MMBCE (560.981 MBCE), respectivamente, para los tres periodos mencionados. En términos monetarios los ahorros acumulados equivaldrían aproximadamente a 5,600 millones de dólares, al precio promedio de los crudos mexicanos de exportación.

#### 4. PATRONES DE CONSUMO ENERGETICO DE LA PRODUCCION MINERA, QUIMICA, PAPELERA Y CERVECERA

Como se mencionó con anterioridad, los resultados sobre el uso eficiente de la energía de las ramas restantes que comprenden el estudio del sector industrial, surgen de "la Encuesta de Energía de SEPAFIN", realizada en 1982 y que captó información del año anterior. En lo que sigue se comentan dichos resultados. El orden de presentación es conforme al volumen de energía consumida por rama (cuadro 70).<sup>110</sup>

##### *Minero-metalúrgica*

La rama comprende la extracción y beneficio de minerales ferrosos (hierro), no ferrosos (plomo, cobre, carbón y zinc) y otros minerales (básicamente formados por el azufre). El consumo de energía en 1981 fue de 13.12, 5.2 y 0.75 Kcal  $\times 10^{12}$  respectivamente. O sea que, en conjunto consumió una cantidad de energía equivalente a la de la rama cementera; es decir, 19.08 Kcal  $\times 10^{12}$  frente a 20.94 Kcal  $\times 10^{12}$  (cuadro 70). La falta de homogeneidad entre los establecimientos encuestados no permite analizar los consumos específicos.

El uso directo de los combustibles de la minero-metalúrgica representó 57.9% del consumo total, mientras que 23.5% se destinó a la generación de vapor. La autogeneración de electricidad por vapor proporcionó cerca de 30% de la electricidad total consumida (cuadro 71).

Entre los combustibles empleados en las actividades productivas, el gas natural cubrió la mitad de los requerimientos y fue complementado principalmente por el combustóleo (cuadro 67).

<sup>110</sup>. Los cuadros de esta sección son los mismos que los de la introducción a este capítulo.

En las ramas de los minerales de hierro y los no ferrosos, la distribución del consumo en términos calóricos entre combustibles y electricidad guarda proporciones similares. En contraste, el consumo en la extracción y beneficio del azufre es básicamente de combustibles; de hecho, este se orienta al consumo de gas natural.

En la industria minero metalúrgica, la carga del costo en energéticos en relación al valor de las ventas es una de las más altas de la industria (de 6% a 9%, cuadro 70). El estudio del uso eficiente de la energía debería centrarse en torno al uso directo de los combustibles y a la producción de vapor como conductor de calor. Para ello se requiere de una descomposición de los distintos procesos productivos con un balance de flujos energéticos y de materiales.

### *Química general*

Las industrias que forman este grupo que produce químicos y fertilizantes están relativamente diversificadas y elaboran un número importante de diferentes productos bajo una variedad de procesos. Su consumo de energía es de gran importancia pues representa entre 4% y 10% del valor de sus ventas y el 8% del consumo industrial (cuadro 70).

En términos calóricos, el consumo de esta rama proviene en 86.5% de los combustibles y el resto de la electricidad. Entre los primeros, el gas natural representó 56.6%, siguiéndole en importancia el combustóleo con 27.5% del consumo total (cuadro 67). El uso de los combustibles se dirige en una proporción elevada a la producción de vapor destinado a las unidades productivas y en menor medida a generar electricidad. Sin embargo, la autogeneración eléctrica abasteció cerca de 40% de la electricidad total consumida (cuadro 71).

La revisión de los consumos específicos de la industria química mostró la existencia de una gran dispersión en los mismos. Así, por ejemplo, en una misma planta se obtuvieron diferencias de 100% en los consumos específicos correspondientes a la elaboración de un mismo producto.

A manera de ejemplo se cita la siguiente dispersión:

Producto	Rango: Kcal x 10 <sup>3</sup> tons.
Acido sulfúrico	0 - 650
Acido fluorhídrico	3 000 - 10 700
Sulfato de amonio	75 - 420

Es, por tanto, necesario realizar un estudio más detallado que considere los tipos de productos y de procesos para determinar los ahorros potenciales. Sin embargo, y dada la dis

persión en los consumos arrojados por la información de la encuesta, es evidente que se pueden introducir una serie de medidas para lograr un uso más eficiente de la energía. Al respecto se debe recordar que la industria química se presta a todo tipo de recuperaciones de calor, de reacción, cogeneración, turbinas de contrapresión, etcétera.

La elevada proporción de energía empleada en la generación de vapor y sus diversos usos, sugiere la conveniencia de explorar en detalle las pérdidas de calor de los distintos procesos, así como la posibilidad de aprovechar el calor residual de vapor de salida.

#### *Un paso particular: la rama de resinas y fibras sintéticas*

Este grupo de industrias demandó cerca del 5% de los consumos de la muestra y 30% más que el sector del vidrio. Dentro del valor de su producción, la energía sólo representó el 2.4% (cuadro 70). Algunas de las características principales de su consumo energético fueron:

- i) del total de los combustibles consumidos, el 75% se dedicó a la generación de vapor;
- ii) tal consumo provino en un 75% del combustóleo y en un 25% del gas natural; y
- iii) en términos energéticos consume menos de 20% de electricidad y autogenera un 25% de sus necesidades eléctricas.

El estudio por tipo de producto constató que la rama es relativamente homogénea en sus consumos de energía. Asimismo, en ciertas empresas existe una práctica de uso eficiente de la energía desde hace años. Es el caso de Celanese, que tiene un programa de esta naturaleza desde hace más de veinte años; las Industrias Resistol comparten tal política. Al comparar los consumos de Celanese con los de otra industria resultó que la segunda consumió 45% más de energía para producir la misma fibra sintética. La diferencia es drástica pues las dos plantas son de antigüedades similares y la de Celanese tiene la mitad de capacidad. Tales disparidades muestran el elevado potencial de ahorro existente en la rama.

#### *Celulosa y papel*

La rama de celulosa y papel es relativamente intensiva en mano de obra y tiene una factura energética que representa

3.6% del valor de su producción, un nivel bajo en comparación con otras industrias (cuadro 70).<sup>111</sup>

En términos calóricos, la energía comprada se compuso en un 10.0% de electricidad y en un 90.0% de combustibles; de estos últimos, 47.0% correspondió a combustóleo y 42.0% a gas natural, siendo las dos principales fuentes de calor (cuadro 67). Sin embargo, en los consumos totales, la electricidad representó un 30% debido al aporte de la autogeneración. Esta industria es la que más electricidad autogenera en relación a la que consume pero aún está lejos de alcanzar niveles de autogeneración similares a los internacionales. La posibilidad de autogenerar cantidades considerablemente más elevadas de electricidad se evidencia en el hecho de que aun que existen establecimientos que generan la totalidad de la electricidad que consumen, otros compran el 100% de sus necesidades.

En la fabricación de celulosa los consumos específicos más bajos corresponden a las plantas que parten de papel usado, siendo aproximadamente de 1000 Kcal/kg de celulosa producida. En el otro extremo se encuentran las fabricaciones de celulosas especiales, donde los niveles de consumo se sitúan en las 13,000 Kcal/kg.

El consumo de energía para la producción de papel está en función de su tipo, siendo el papel periódico el que requiere de menores consumos. En efecto, éste se sitúa en las 3,000 Kcal/kg. El papel Kraft, de mayor producción, tiene consumos que van de los 2,700 a los 4,700 Kcal/Kg. El consumo en la producción de papeles industriales sube al rango de 4,000 Kcal/kg a 9,000 Kcal/kg. La excepción es una planta de 80,000 toneladas anuales y dos años de antigüedad, que produce consumiendo 3,000 Kcal/kg.

Es evidente entonces que en esta industria existe un amplio campo para el ahorro de la energía dada la dispersión en los consumos, el potencial para aumentar la cogeneración, y el peso que tiene en ella el uso del vapor tanto para las unidades productivas como para generar electricidad.

### *Vidrio*

Gran parte del mercado de esta rama lo domina una sola empresa (Vitro), caracterizada por ser intensiva en mano de obra. El consumo de energía de esta industria representó 4.4% del

<sup>111</sup>. Conviene aclarar que no se incluye el licor negro que representa el 20% del consumo de la rama y se autogenera en el proceso de producción de la celulosa, ni la electricidad cogenerada.

total de la muestra, se basó fundamentalmente en el uso directo del gas, y en poca medida en la electricidad. En este caso, no hubo autogeneración eléctrica y la quema de combustibles para la producción de vapor fue marginal. La incidencia de la factura energética en el valor de las ventas fue relativamente baja, apenas 3.7%, lo que hace presuponer que en la producción de la industria no se debe priorizar el uso extremadamente eficiente de los energéticos (cuadros 67, 70 y 71).

### *Alimentos y bebidas*

La encuesta abarcó únicamente las grandes empresas que operan en estas ramas, agrupándolas en la forma siguiente: alimentos condensados y deshidratados; derivados del maíz (almidones y otros); aceites y grasas comestibles y cerveza y malta.

Debido a la gran heterogeneidad de los productos de los tres primeros grupos encuestados, el estudio del ramo se circunscribe a la industria cervecera. El producto de ella es homogéneo y representa 60% del consumo de los establecimientos captados.

La producción cervecera es relativamente poco intensiva en mano de obra y su factura energética representa menos de 1% del valor de sus ventas. No obstante, por el efecto de su tamaño relativo, esta rama consumió volúmenes importantes de energía:  $1.96 \times 10^{12}$  Kcal. Esta cifra es prácticamente la misma que la correspondiente a la industria automotriz y equivale a más de 70% de la energía consumida por la rama de abonos y fertilizantes o el doble de la requerida en la producción de hule y llantas (cuadro 70).

El consumo energético de la industria cervecera proviene en un 25% de energía eléctrica y en un 75% de los combustibles, dentro de estos últimos, 80% es gas natural. Asimismo, las cuatro quintas partes de este energético se usaron para la generación de vapor.

Los consumos registrados en la rama fueron bastante homogéneos, situándose alrededor de las 800 Kcal/litro de cerveza producida. El rango de variación se encuentra entre las 580 y las 1,354 Kcal/litro. Debido a que las empresas ubicadas en estos extremos fueron casos aislados, puede hablarse de que el consumo específico de la industria se ubica en un margen de 700 a 900 Kcal/litro.

Dado que la energía tiene tan poco valor dentro de los insumos de esta industria, es probable que exista un buen potencial de ahorro de energía. Además, como ésta se encuentra muy concentrada en un número reducido de plantas, sería relativamente fácil asesorar e impulsar a las cerveceras hacia consumos más eficientes.



## ANEXO AL CAPITULO VI

## ENCUESTA DE ENERGIA DE SEPAFIN

La encuesta procuró abarcar las empresas con mayor consumo de energía en el país, que comprende las ramas siguientes:

industria básica del hierro y del acero,  
cemento,  
extracción y beneficio de minerales,  
química,  
papel y cartón,  
vidrio,  
abonos y fertilizantes,  
petroquímica secundaria,  
cerveza y malta,  
otras.

Se estima que la muestra de información utilizada representó poco menos del 70% de los requerimientos de energía del sector industrial en 1981. Dada la elevada concentración del consumo de energía en el sector, bastó con encuestar sólo a 289 establecimientos cuyo consumo de energía representa alrededor de un tercio del consumo final energético del país.<sup>112</sup>

La encuesta fue realizada a partir de un cuestionario, entre los meses de agosto y octubre de 1982. Fue entregado por encuestadores especializados a 310 establecimientos industriales habiéndose obtenido un 93% de respuestas.

El cuestionario está dividido en cuatro capítulos. El primero identifica al establecimiento. En el segundo, se registran los datos agregados del personal y de las ventas. El tercero caracteriza a la planta industrial, desglosándola por unidades productivas. Finalmente, en el cuarto capítulo se analiza el consumo de energía desde varios ángulos: por tipo de energético, por unidades productivas y, con ello, por procesos de producción y por productos elaborados. A esto se le añade información sobre la cantidad de energía pri-

112. Actualmente la Gerencia de Economía Energética de la Subdirección de Planeación y Coordinación de PEMEX, con el apoyo del Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), ha emprendido la labor de continuar con este primer esfuerzo de SEPAFIN, realizando la encuesta sobre el consumo de energía en la industria durante 1982. Conviene aclarar que ésta ampliará el universo de consulta incluyendo a 700 establecimientos y enriqueciendo el cuestionario utilizado.

maria utilizada para elaborar vapor y para generar electricidad, así como la distribución de estas energías secundarias dentro de la planta industrial.

La cogeneración industrial de electricidad exigió la edición de un cuestionario para registrar la cantidad y el destino de los vapores de extracción, así como los datos esenciales de la operación de los turbogrupos. Los cuadros que recogen esta información fueron integrados al resto del cuestionario sólo cuando la empresa cogeneraba. El instructivo de estos cuestionarios también incluyó las explicaciones pertinentes para el llenado de cuadros. De esta manera, dos tipos de cuestionarios e instructivos fueron preparados para distinguir a aquellas plantas industriales en las que se tiene cogeneración de electricidad. Una dificultad básica en el diseño del cuestionario fue decidir el grado de detalle con el que sería conveniente obtener el consumo de energía. La solución más simple hubiera sido la consulta de la factura empresarial de energía. Con ello los industriales proporcionarían, en no más de una docena de cifras, los componentes de sus compras de energía y electricidad. Sin embargo, aun cuando este procedimiento resultaba bastante práctico, no ofrecía la oportunidad de conocer la utilización de la energía adquirida, ni identificaba los productos y procesos a los cuales se destina la misma. Tampoco podría saberse si hubo creación de energía secundaria dentro de la empresa, ya fuera para la producción de vapor o para la generación de electricidad.

En el otro extremo estaba la posibilidad de hacer un levantamiento fino y detallado, que abarcaría: los flujos de energía dentro de la planta industrial, los consumos de cada pieza de maquinaria y equipo, los balances térmicos de las operaciones de transformación y, en general, las tribulaciones e itinerarios del paquete de kilocalorías que cada industria recibe, utiliza, transforma y desecha en su actividad productiva. Sin embargo, esta vía presentaba obstáculos importantes para la concepción y dimensión del cuestionario, para su llenado y, más tarde, para el procesamiento de la información, así como para la presentación de los resultados.

En el marco de la disyuntiva se optó por usar el concepto de unidad productiva. Una unidad productiva se define a todo grupo de maquinaria y equipo usado para elaborar un producto o variante del mismo que pueden ser directamente vendidos por la planta industrial. Esos mismos productos pueden ser consumidos como materia prima por otras unidades de la misma planta en la elaboración de otro (s) producto (s). Si existen dos o más unidades productivas que fabrican un mismo producto utilizando un mismo proceso, cada una de ellas se con-

sidera separadamente. En caso de que existan dos o más procesos de fabricación de un mismo producto, a cada uno de ellos se le asocian una o más unidades productivas diferentes.

El empleo de la unidad productiva como instrumento operativo en el análisis del consumo de energía, permitió transigir entre las dos posibilidades de estudio a que se hizo referencia: la una, global, comprensiva y simple; la otra, detallada, particular y compleja.

La unidad productiva permite desglosar la planta industrial por grandes grupos y, a partir de ellos, identificar la utilización y transformación de la energía. En el cuestionario, estos flujos de energía pueden seguirse de una manera sencilla: en términos generales, la energía se compra o se autogenera dentro de la planta industrial; por otro lado, esta energía se utiliza ya sea directamente por las unidades productivas o para la generación de vapor y electricidad. La estructura del cuestionario permite llevar a cabo un seguimiento de esta energía secundaria y una evaluación del uso dentro de la planta industrial. En resumen, el análisis del consumo de energía ofrece un esquema contable cerrado de sus orígenes y destinos.



## **Capítulo VII**



## **Sector residencial, comercial y público**

El sector residencial, comercial y público (RCP), si bien no es un consumidor importante a nivel nacional desde el punto de vista de la cantidad de energía que requiere, sí lo es desde el punto de vista de la calidad, ya que básicamente se sostiene de energía eléctrica y de gas licuado.

Desde 1970, la participación de este sector en el consumo final de energéticos secundarios ha fluctuado entre 13% y 16%, con una tendencia a ubicarse en el nivel inferior (cuadro 104).

### *Patrones de consumo y uso de la energía*

Durante los 12 años que cubre el periodo de 1970 a 1982 el consumo total de energía en el sector creció a un ritmo de 8.2% anual; éste presenta las características que siguen (cuadro 104):

CUADRO 104  
PARTICIPACION DE ENERGETICOS SECUNDARIOS EN EL  
SECTOR RESIDENCIAL, COMERCIAL Y PUBLICO  
(1970-1982) (KCAL X 10<sup>12</sup>)

Año	Coque	Gas licuado	Gasolinas	Querosinas	Diesel	Combustóleo	Gas	Electricidad	Total	Participación del RCP en el consumo final %
1970	-	11.709	-	13.076	-	-	3.35	9.193	37.328	15.2
		31.4		35.0			9.0	24.6	100	
1975	-	20.615	-	14.604	-	0.049	4.027	14.274	53.569	17.5
1976	-	22.229	-	16.121	-	0.068	4.461	15.249	58.128	16.4
1977	-	22.166	-	14.998	-	0.046	4.734	15.748	57.692	15.9
1978	-	27.341	-	15.390	0.368	0.128	5.271	18.000	66.498	13.4
1979	-	31.294	-	15.893	-	0.049	4.161	19.519	70.916	12.4
1980	-	36.469	-	16.532	0.463	0.056	4.938	20.967	79.425	15.1
1981	-	40.840	-	16.664	4.029	0.056	4.669	22.958	89.216	13.7
		49.3		16.6	4.0	0.1	3.7	26.1		
1982	-	47.426	-	15.975	3.919	0.141	3.579	25.120	96.160	13.5
TMCA	-	12.4%	-	1.7%	-	-	0.5%	8.7%	8.2%	-

Fuente: SEMIP, *Balances de Energía*.



a) Un crecimiento notable del consumo de gas licuado, que se refleja en: una tasa media de crecimiento anual de 12.4% entre 1970 y 1982; una participación que pasa de 31.4% en el año 1970 a 49.3% en 1982 y un aumento de cuatro veces del consumo en dicho periodo. Todo el gas licuado consumido en el país es usado prácticamente con fines domésticos.

b) La demanda de energía eléctrica creció también de manera importante, con una tasa media anual de 8.7%, aumentando su participación en el consumo total del RCP de 24.6% a 26.1% entre 1970 y 1982. La electricidad usada en el RCP representó, en promedio para el periodo, cerca de la mitad de las ventas nacionales del energético.

c) Las kerosinas y el gas natural perdieron importancia en la estructura del consumo, creciendo su demanda anual a 1.7% y 0.5% respectivamente, es decir, muy por debajo de la del conjunto del RCP.

La información existente sobre consumo del sector es insuficiente para desglosarla por tipo de energía y usuario. Este límite se da sobre todo para el caso de los combustibles derivados de los hidrocarburos. En cuanto a la electricidad, es posible hacer estimaciones indirectas sobre consumo por usuario y su evolución.

### *Electricidad*

La forma de aproximarse al patrón de consumo de electricidad y su evolución por tipo de usuario es a través de las tarifas correspondientes fijadas por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

a) Las tarifas 1 y 1A que emplea la Comisión Federal de Electricidad corresponden en principio a usos domésticos; la 1A es para los climas cálidos (cfr. anexo al capítulo). Sin embargo, también son las que pagan los pequeños comerciantes debido a sus bajos niveles de consumo. Las ventas asociadas a estas tarifas representaron cerca del 20.0% de las ventas totales de electricidad en 1982. En cuanto a su evolución puede decirse lo siguiente (cuadros 105 y 106).

i) Entre 1962 y 1972 las ventas totales crecieron a un ritmo anual ligeramente superior a las del periodo 1974-1982 (12.1% contra 10.8%), mientras que el consumo específico (KWh/consumidor) duplicó su rapidez de crecimiento en el segundo periodo (2% y 4% anual respectivamente).<sup>113</sup> Este fenómeno

<sup>113</sup>. El corte entre los dos periodos se debe a la creación de la tarifa 1A a partir de 1973.

**CUADRO 105**  
**NÚMERO DE USUARIOS Y VENTAS (GWh) PARA LOS**  
**SERVICIOS RESIDENCIALES (1962-1982)**

Año	Tarifa 1		Tarifa 1-A		Total	
	Miles de usuarios	Ventas GWh	Miles de usuarios	Ventas GWh	Miles de usuarios	Ventas GWh
1962	1 978	1 419			1 978	1 419
1963	2 218	1 579			2 218	1 579
1964	2 458	1 816			2 458	1 816
1965	2 666	1 971			2 666	1 971
1966	2 886	2 256			2 886	2 256
1967	3 120	2 548			3 120	2 548
1968	3 412	2 804			3 412	2 804
1969	3 892	3 152			3 892	3 152
1970	4 409	3 582			4 409	3 582
1971	4 769	3 980			4 769	3 980
1972	5 110	4 442			5 110	4 442
1973	5 453	4 943			5 453	4 943
1974	4 845	4 202	999	1 307	5 844	5 509
1975	5 031	4 272	1 224	1 784	6 255	6 056
1976	4 704	4 177	1 914	2 529	6 618	6 706
1977	4 562	4 174	2 416	3 188	6 978	7 362
1978	4 796	4 531	2 595	3 738	7 391	8 269
1979	5 068	4 896	2 779	4 314	7 847	9 210
1980	5 409	5 214	2 992	4 824	8 401	10 038
1981	5 760	5 744	3 243	5 467	9 003	11 211
1982	6 139	6 348	3 472	6 163	9 611	12 511
TMCA						
1962-1972	10.0%	12.1%	-	-	10.0%	12.1%
1974-1982	3.0%	5.3%	16.8%	21.4%	6.4%	10.8%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad 1983.

## CUADRO 106

EVOLUCION DEL CONSUMO ESPECIFICO POR CONSUMIDOR  
DE LAS TARIFAS 1, 1A Y TOTAL (Kwh/CONSUMIDOR)  
(1962-1982)

Año	Tarifa 1	Tarifa 1A	Total
1962			717.4
1963			711.9
1964			738.8
1965			739.3
1966			781.7
1967			816.7
1968			821.8
1969			809.9
1970			812.4
1971			834.6
1972			869.3
1973			906.5
1974	867.3	1 308.3	942.7
1975	849.1	1 457.5	968.2
1976	888.0	1 321.3	1 013.3
1977	915.6	1 319.5	1 055.0
1978	944.7	1 440.5	1 118.8
1979	966.1	1 552.4	1 173.7
1980	963.9	1 612.3	1 194.9
1981	997.3	1 685.8	1 245.3
1982	1 034.0	1 775.1	1 301.7
TMCA			
1962-72	-	-	1.9%
1974-82	2.2%	3.9%	4.1%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad 1983.

Los consumos específicos, después de haber bajado durante los años sesenta, han convergido hacia valores relativamente estables. Lo anterior indica que la demanda para estos usos creció por la ampliación de la actividad, según se constata a través del aumento en el número de usuarios. El consumo de estas tarifas representó 6.9% de las ventas de electricidad en 1982.

meno indica que en los años sesenta la demanda aumentó primordialmente en forma extensiva, por la incorporación de nuevos usuarios y en forma intensiva con posterioridad, es decir, debido a un mayor consumo específico.

ii) El consumo doméstico en la zona de clima cálido fue decisivo en la expansión de la demanda total de estas tarifas en la segunda mitad de los años sesenta. Así, de corresponderle menos de la cuarta parte de dicho total en 1974, abarcó cerca de la mitad en 1982, mientras que durante este último año comprendió solamente a poco más de la tercera parte de los usuarios. Este fenómeno es reflejo no sólo de la rápida extensión del número de clientes que se incorporaron a la red, sino además del fuerte incremento en los consumos específicos (cuadro 106). En efecto, el consumo de electricidad en clima cálido (tarifa 1A) fue un 72% superior al del resto del país (tarifa 1) alcanzando en 1982 los 1775 KWh/consumidor frente a 1034 KWh/consumidor.

b) Las tarifas 2 y 3 corresponden a los pequeños comercios y algunos servicios públicos. La ya difícil separación entre el comercio y el servicio público se complica aún más que el caso anterior debido a que las tarifas donde están incorporados incluyen, en parte, a industrias pequeñas y medianas. La tarifa 8 (servicio general de alta tensión) abarca por su parte, a los grandes comercios así como parte de la gran industria. No obstante estas sobreposiciones, y a pesar de ellas, puede inferirse lo siguiente respecto al comercio y a algunos servicios públicos (cuadros 107 y 108):

i) en relación a la tarifa 2, entre 1974 y 1982 la demanda/consumo creció, tanto por la incorporación de usuarios como por un mayor consumo específico; la cantidad de usuarios subió a un ritmo de 4.3% anual y las ventas crecieron en un 7.4% en promedio. La demanda de esta tarifa representó 8% de las ventas en 1982.

ii) en cuanto a las tarifas 3 y 8, la incorporación de nuevos usuarios fue la que influyó en el aumento de la demanda, ya que los requerimientos de electricidad por consumidor mostraron una tendencia a disminuir durante el periodo estudiado. Los niveles de consumo asociados a estas tarifas significaron 33% de las ventas de electricidad en 1982.

c) Parte de la demanda de electricidad del área pública se traduce en las tarifas 5 y 6, correspondientes a usos específicos de los servicios. Su evolución muestra lo siguiente (cuadros 109 y 110).

## CUADRO 107

NUMERO DE USUARIOS Y VENTAS (GWh) DE ELECTRICIDAD  
AL COMERCIO Y A LA INDUSTRIA

Año	Tarifa 2		Tarifa 3		Tarifa 8	
	Miles de usuarios	Ventas GWh	Miles de usuarios	Ventas GWh	Miles de usuarios	Ventas GWh
1962					6.0	3 315
1963					6.6	3 643
1964					7.1	4 142
1965					7.8	4 630
1966					8.5	5 202
1967					9.3	5 875
1968					10.4	6 679
1969					11.2	7 834
1970					12.4	8 212
1971					13.8	8 676
1972					14.6	9 428
1973					16.2	10 423
1974	906	2 754	10	1 147	17.9	11 957
1975	938	2 876	11	1 167	19.6	12 635
1976	964	3 047	11	1 187	21.6	13 012
1977	1 002	3 273	11	1 189	23.1	13 231
1978	1 952	3 584	11	1 235	25.0	14 540
1979	1 107	3 877	11	1 325	27.7	15 692
1980	1 159	4 201	12	1 429	31.1	16 489
1981	1 215	4 550	13	1 512	34.0	18 094
1982	1 264	4 861	14	1 581	37.0	18 692
TMCA						
1962-72	-	-	-	-	9.3%	11.0%
1974-82	4.3%	7.4%	4.3%	4.1%	9.5%	5.7%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad 1983.

Es conveniente mencionar que el precio medio real del KWh vendido por CFE ha mostrado una marcada tendencia a la baja durante el periodo estudiado: en 1962 fue de 25.08 centavos, en 1970 bajó a 19.39 centavos y en 1980 a 12.45 centavos, si se toman como base a los precios vigentes en el año de 1962.<sup>114</sup>

<sup>114</sup>. CFE., junio 1981, pp. 9-10.

## CUADRO 108

## EVOLUCION DEL CONSUMO ESPECIFICO EN LAS TARIFAS 2, 3 Y 8

Año	Tarifa 2 (KWh/consumidor)	Tarifa 3 (KWh/consumidor)	Tarifa 8 (KWh/consumidor)
1962			554811.7
1963			548975.3
1964			584367.9
1965			593437.6
1966			611568.3
1967			628611.2
1968			640732.9
1969			700527.6
1970			664293.8
1971			629379.8
1972			646905.4
1973			643832.2
1974	3039.7	114700.0	666462.3
1975	3066.1	106090.9	645004.8
1976	3160.8	107909.1	601599.7
1977	3266.5	108090.9	572770.6
1978	3406.8	112272.7	581506.9
1979	3502.3	120454.5	567194.4
1980	3624.7	119083.3	530499.9
1981	3744.9	116307.7	532176.5
1982	3845.7	112928.6	505189.2
TMCA			
1962-72	-	-	1.5%
1974-82	3.0%	- 0.2%	- 3.4%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Estas reducciones pudieron haber sido uno de los factores que expliquen parte de los aumentos observados en el consumo específico del subsector doméstico. En efecto, el precio real de la tarifa 1 en 1962 fue superior en más de dos veces al pagado en 1980.<sup>115</sup>

115. *Ibidem*, pp. 19-20.

## CUADRO 109

EVOLUCION DEL NUMERO DE USUARIOS Y SU CONSUMO (1962-1982)  
PARA LAS TARIFAS ELECTRICAS 5 Y 6 (SERVICIO PUBLICO)

Año	Tarifa 5		Tarifa 6	
	Usuarios	Ventas GWh	Usuarios	Ventas GWh
1962	3,226	274	1,265	391
1963	4,070	303	1,549	405
1964	4,909	360	1,854	495
1965	5,614	436	2,052	514
1966	6,199	509	2,324	543
1967	7,064	558	2,786	590
1968	8,606	624	3,284	651
1969	9,795	685	3,811	738
1970	11,102	746	4,416	826
1971	12,768	822	5,052	938
1972	14,262	911	5,667	1,012
1973	15,381	1,047	6,478	1,085
1974	17,038	1,236	7,428	1,198
1975	18,110	1,240	8,259	1,349
1976	19,342	1,302	9,206	1,561
1977	19,017	1,460	9,839	1,667
1978	20,439	1,527	10,331	1,737
1979	21,723	1,537	11,069	1,808
1980	23,570	1,666	11,719	1,939
1981	25,573	1,854	12,399	2,049
1982	27,747	1,947	13,118	2,243
TMCA				
1962-72	16.0%	12.8%	16.2%	10.0%
1974-82	6.3%	5.8%	7.4%	3.2%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

Lo mismo no puede decirse en relación a los otros dos sub sectores pues, en estos casos, las disminuciones en sus consumos específicos se han dado a la par con las reducciones en los precios reales de las tarifas correspondientes. Hay que recordar además, que el nivel de agrupación y las sobreposiciones implícitas en tales tarifas impiden desvincular a los consumos industriales con los comerciales y públicos.

**CUADRO 110**  
**EVOLUCION DEL CONSUMO ESPECIFICO EN LAS TARIFAS 5 Y 6**

Año	Tarifa 5 (Kwh/consumidor)	Tarifa 6 (KWh/consumidor)
1962	84,935	309,091
1963	74,447	261,459
1964	73,335	266,990
1965	77,663	250,487
1966	82,110	233,649
1967	78,992	211,773
1968	72,507	198,234
1969	69,934	193,650
1970	67,195	187,047
1971	64,380	185,669
1972	63,867	178,578
1973	68,071	167,490
1974	72,544	161,282
1975	68,470	163,337
1976	67,315	169,563
1977	76,773	169,428
1978	74,710	168,135
1979	70,754	163,339
1980	70,683	165,458
1981	72,498	165,255
1982	70,170	170,986
TMCA		
1962-72	-2.9%	-5.2%
1974-82	-0.4%	0.7%
1962-82	-0.1%	-3.0%

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

#### 1. SUBSECTOR RESIDENCIAL

Los escasos estudios en detalle sobre este subsector y las restricciones en la información, hacen conveniente señalar algunos aspectos metodológicos para profundizar en el análisis de los usos energéticos residenciales.

Al respecto se propone lo siguiente:

a) Estructura habitacional. En este campo sería conveniente disponer de información relativa a la superficie cubierta, al número de personas que la habitan, así como a las ca-



racterísticas de los materiales de la construcción desde una óptica energética. Estos datos deben reunirse por estados y estratos de ingreso, para completar un estudio nacional.

b) Aparatos consumidores de energía. Esta información también debe recabarse según los estratos de ingreso, con precisión de los tipos de aparatos, de la cantidad disponible por usuario, de los consumos energéticos específicos, del nivel de uso, así como de sus características tecnológicas.

### *Patrones de consumo y uso eficiente de la energía*

De los dos conceptos básicos indicados, la estructura habitacional no ha sido prácticamente estudiada y no se dispone de información actualizada en México. Con respecto a los aparatos consumidores, el análisis se ve restringido por las mismas consideraciones, a pesar de lo cual pueden proponerse ciertas observaciones.

Entre los principales *aparatos consumidores de energía* que se encuentran en los hogares mexicanos se tienen los siguientes:

- estufa de gas;
- sistema de calentamiento de agua con gas;
- sistema de iluminación (eléctricos);
- refrigeradores (eléctricos);
- televisores (blanco y negro);
- televisores (color);
- plancha;
- lavadora;
- bombas de agua;
- calentadores eléctricos;
- aire acondicionado;
- ventiladores;
- otros (licuadoras, aspiradoras, secadoras, etcétera).

La información disponible sobre los consumos energéticos en relación con los aparatos domésticos, es una restricción para el estudio de los principales *energéticos comerciales* empleados: el gas licuado y la electricidad. Sin embargo, las ventas de los principales aparatos domésticos en el mercado pueden servir de referencia indirecta para ubicar la naturaleza de los equipos utilizados. Dichas ventas crecieron a un ritmo anual de 9.9% entre 1970 y 1980, totalizando 5.5 millones de unidades en este último año. Los denominados *en-seres mayores* (estufas, refrigeradores, lavadoras) representaron 40% de los equipos vendidos en 1980, mientras 60% restante (3.3 millones de unidades) correspondió a los *en-seres menores* (planchas, lavadoras de menor potencia, ventiladores

y aspiradoras). En los años setenta, ambos grupos crecieron a un ritmo similar: 10.2% anual el primero, y 9.8% el segundo (cuadro 111).

**CUADRO 111**  
**CONSUMO DE LOS PRINCIPALES ENSERES**  
**DOMESTICOS (MILES DE UNIDADES)**

Producto	1970	1975	1980	TMCA 1970-1980
Refrigeradores	210	418	594	11.0
Estufas	429	570	852	7.1
Lavadoras	195	322	510	10.1
Licadoras	300	516	1 026	13.0
Planchas	700	1 260	1 536	7.2
Ventiladores	145	285	487	12.9
Aspiradoras	50	63	120	9.1

Fuente: SPP 1982.

El aumento de las ventas se tradujo en una mayor disponibilidad de equipos por grupo familiar para 1980. Los refrigeradores pasaron de 2.4 unidades por cada 100 familias en 1970 a 4.6 en 1980; las lavadoras de 2.0 a 3.8 y las estufas de 4.9 a 6.0 durante el mismo lapso. Se estima que en 1982 operaban en el país 6 millones de refrigeradores con un consumo específico de 700 KWh por unidad; de estos datos se infiere que el consumo de los refrigeradores en esa fecha fue de 4,200 KWh, es decir, 33.5% de las tarifas 1 y 1A.

La denominada electrónica de consumo que completa el aspecto de aparatos de uso doméstico está formada por los siguientes artículos: televisores de blanco y negro, de color y equipos de audio (consolas, radios, tocadiscos, sinfonolas, conjuntos modulares, radios de mesa, así como portátiles y para automóvil). La producción de la electrónica de consumo creció a una tasa media anual de 3.6% entre 1970 y 1977; sin embargo, de 1978 a 1980, lo hizo a razón de 19.8% anual, con lo que se alcanzó a producir 2.9 millones de unidades (cuadro 112).

**CUADRO 112****EVOLUCION DE LA INDUSTRIA ELECTRONICA DE CONSUMO:  
AUDIO Y TELEVISION (MILES DE UNIDADES)**

Concepto	1970	1975	1980
<b>Equipos de audio</b>			
Consolas y radio	158	225	229
Tocadiscos	64	54	26
Sinfonolas	3	3	5
Conjuntos modulares	-	64	259
Radios de mesa y portátiles	675	616	1 016
Radios para autos	142	234	334
Subtotal	1 042	1 196	1 869
<b>Televisores</b>			
Blanco y negro	349	504	826
Color	50	65	175
Subtotal	399	569	1 001
<b>Total</b>	<b>1 441</b>	<b>1 765</b>	<b>2 870</b>

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Electrónica y Comunicaciones Selectivas. México.

La participación porcentual del número de televisores se ha visto incrementada de 27.7% en 1970 a 34.9% en 1980. Como consecuencia de ello, la disponibilidad de televisores por familia creció rápidamente, pasando de 0.16 en 1965, a 0.40 en 1975 y a 0.58 en 1980.

Este valor se sitúa por encima de la media de América Latina pero sólo poco más de la mitad de la de Europa Occidental en este último año (cuadro 113).

Si se hacen una serie de supuestos sobre el número de unidades en servicio y el consumo específico,<sup>116</sup> el uso de electricidad de los televisores puede estimarse en cerca de 1,090 GWh para 1980, es decir, cerca de 10% de las ventas de las tarifas 1 y 1A en el mismo año.

La iluminación es otro de los usos que ocupa un papel importante en la demanda eléctrica residencial, el sistema que prevalece opera con base en lámparas incandescentes que son de muy baja eficiencia comparadas con las de otro tipo. En este

116. Se consideró que en 1980 operaban siete millones de unidades, 60% de blanco y negro y 40% de color, a las que se atribuyó un consumo específico de 66.1 KWh/año y 300 KWh/año respectivamente.

sentido, se estima que su eficiencia es casi cuatro veces menor que la de las lámparas fluorescentes, y hasta ocho veces menor que las de radio de baja presión (cuadro 114).

### CUADRO 113

#### EVOLUCION DE LA DISPONIBILIDAD DE TELEVISORES POR FAMILIA

Región o país	1965	1975	1980
Mundial	0.23	0.41	0.51
E.U.A.	1.13	1.58	1.82
Europa Occidental	0.50	0.83	1.04
Japón	0.74	1.40	1.71
América Latina*	0.15	0.35	0.52
México	0.16	0.41	0.58

\*Incluye a México.

Fuente: Cámara Nacional de la Industria Eléctrica y Comunicaciones Selectivas.

### CUADRO 114

#### EFICIENCIA DE DIFERENTES LAMPARAS ELECTRICAS

Tipo de lámpara eléctrica	Eficiencia*
Sodio de baja presión	180
Sodio de alta presión	130
Metal halide	100
Fluorescente	80
Vapor de mercurio	56
Incandescente	23

\*Se toma como base a la lámpara "metal halide".

Fuente: Comisión Federal de Electricidad.

*Medidas para el uso eficiente y  
potencial de ahorro de la energía*

El estudio del consumo energético de los aparatos domésticos a que se ha hecho referencia no puede llevarse a cabo por las razones señaladas en cuanto a la disponibilidad de datos. Sin embargo, a continuación se presenta una evalua-

ción somera sobre las posibilidades de ahorro de energía para el caso de los refrigeradores y de los televisores, teniendo en cuenta su evolución tecnológica futura desde el punto de vista energético y del empleo de los mismos en el país.

El refrigerador ha sido siempre un alto consumidor de energía eléctrica en los hogares. Sin embargo, desde los años setenta, las innovaciones técnicas incorporadas en su producción en los países industrializados han conducido a disminuir su consumo específico de energía. Este resultado se observa nítidamente en el caso de Japón, donde a pesar de emplearse refrigeradores de un volumen creciente (110 litros en 1970 y 233 litros en 1982), el consumo eléctrico disminuyó de 42 KWh/mes a 24 KWh/mes (cuadro 115). Esta tendencia también se observa en Europa y Estados Unidos.

### CUADRO 115

JAPON: EVOLUCION DE EFICIENCIA DEL REFRIGERADOR  
(1970-1982)

KWh/mes-litro año	Volumen (litro)	KWh mes	KWh mes-litro
1970	110	42	0.382
1971	131	54	0.412
1972	152	57	0.375
1973	170	57	0.375
1974	170	56	0.329
1975	170	53	0.312
1976	170	53	0.312
1977	200	46	0.230
1978	200	44	0.220
1979	233	44	0.189
1980	233	36	0.155
1981	233	28	0.120
1982	233	24	0.102

Fuente: Institute of Energy Economics 1980.

Los modelos más eficientes se producen introduciendo cambios en los diseños y usando mejores componentes. Esto incluye:

- i) sustitución del aislamiento a base de fibra de vidrio por espuma de poliuretano;
- ii) Aislamiento de más espesor;

- iii) mejores sellos en las puertas;
- iv) compresores y motores más eficientes;
- v) bobinas intercambiadores de calor más largos, y
- vi) mover fuera de la zona fría los motores ventilados del evaporador.

La introducción de modificaciones tendientes a un uso más eficiente de la energía en los refrigeradores tendría un impacto significativo sobre el consumo residencial de energía. En efecto, según se señaló, para 1982 el consumo eléctrico de los refrigeradores podría estimarse en cerca de 33% de las ventas de las tarifas del sector (I y IA).

Si se considera que al año 2000 se incorporarán 15 millones de unidades (para totalizar 21 millones en operación) y que su consumo específico no se modificará, se requerirán 14 700 GWh para el funcionamiento exclusivo de los refrigeradores, es decir, 10 500 GWh/año más que en 1982. Si se cubriera la demanda de los refrigeradores al año 2000 con generación a partir de combustibles fósiles, suponiendo eficiencia de 33% en plantas termoelectricas, se consumirían 85 MBDCE.

En cambio, si se lograra reducir el consumo específico promedio de los refrigeradores, los ahorros en energía que se obtendrían serían importantes. Así, si se consiguiera un consumo específico promedio de 400 kWh/año para el año 2000, nivel que es factible de alcanzar, los ahorros que se obtendrían serían los siguientes:

a) En lugar de requerirse 14 700 GWh/año, se requerirían 8 400 GWh/año, o sea un ahorro de 6 300 GWh/año.

b) Lo anterior significaría dejar de quemar 35 MBDCE, que equivaldría a un monto aproximado de un millón de dólares diarios en el año 2000 en concepto de combustibles solamente.

Si bien la información disponible es fragmentaria, para el caso de los *televisores* se podría desarrollar una interpretación similar en cuanto a las perspectivas de ahorro energético. Si se supone que en el año 2000 la disponibilidad de televisores por familia fuera equivalente a la de Europa Occidental en 1980 (1.04 TV por familia), para una población de 100 millones de habitantes y 5.5 personas por familia, se tendrían en funcionamiento cerca de 19 millones de unidades. Considerando, además, una composición de 60% y 40% entre los aparatos de color y blanco y negro (B.N.), puede estimarse el ahorro energético asociado al empleo de unidades que hacen un uso más eficiente de la energía de acuerdo con las actuales tendencias de producción de los países industrializados. Para la distribución indicada (color-B.N.) el ahorro que se conseguiría, disponiendo de equipos nuevos más

eficientes en todos los hogares,<sup>117</sup> sería del orden de 2 743 GWh/año, o bien 15.3 MBDCE, que equivaldrían a cerca de 153 millones de dólares al año para el año 2000.

Si se introduce una hipótesis menos optimista y se estima que sólo la mitad de los aparatos tendrían incorporadas mejoras, el potencial de ahorro se reduciría también a la mitad.

Las observaciones anteriores relativas a los refrigeradores y a los televisores remiten a la introducción de modificaciones en los aparatos. A ellas deberían añadirse, en caso de que fuera necesario, posibles medidas concernientes al tiempo de uso de los televisores, que se regularía por el de la duración de las emisiones.

La sustitución progresiva de los sistemas de iluminación a partir de lámparas incandescentes por otras de mayor eficiencia energética, debe analizarse con detalle y ponerse en práctica como parte de una política de ahorro y conservación de la energía. Esta modificación de los sistemas de iluminación debe complementarse con campañas tendientes al cambio de los hábitos de los usuarios, los cuales contribuyen innecesariamente a ejercer presión sobre la demanda de electricidad y, por consiguiente, sobre la ampliación de la capacidad instalada, las finanzas de CFE y en última instancia, sobre la balanza de pagos del país.

La evaluación con cierto grado de precisión de los posibles consumos futuros de energía en el sector residencial no se puede realizar en las actuales condiciones de conocimiento de las características del mismo (situación que también es válida para los sectores comercial y público). La proyección de las tendencias de los últimos diez o veinte años sobre el número de usuarios y el consumo específico proporcionan resultados que no son satisfactorios para el análisis de los consumos energéticos (cuadro 116). De mantenerse dichas tendencias, deberían incorporarse tres millones de consumidores por año en el 2000, frente a los 600 000 actuales, nivel cuya factibilidad física real resulta difícil de concebir. A su vez, los consumos específicos excederían los 2000 GWh/usuario en todas las zonas del país. Este orden de magnitud excede a los requerimientos de las regiones de clima cálido en la actualidad y resulta contradictorio con el objetivo de disminuir los consumos específicos de los aparatos y de lograr un uso más eficiente de la energía.

117. Para el caso de T.V. color y B.N. se consideró un consumo específico de 311.7 y 66.1 KWh/año unidad para las de primera generación y 80.1 y 52.5 KWh/año unidad para las de segunda generación. Cfr. Institute of Energy Economics 1980.

**CUADRO 116**

CRECIMIENTO DE USUARIOS DE TARIFAS 1 Y 1A, SU  
CONSUMO ESPECÍFICO DE ACUERDO AL CRECIMIENTO  
HISTÓRICO

Año	Usuarios (miles)	Consumo (GWh)	Consumo específico (GWh/usuarios)
1983	10 401	13 949	1 341
1984	11 255	15 553	1 381
1985	12 181	17 342	1 423
1990	18 081	29 887	1 652
1995	26 838	51 506	1 919
2000	39 837	88 764	2 228

Fuente: Elaboraciones propias.

La existencia en México de vastos sectores de la población sin acceso a la electricidad y su incorporación progresiva al consumo, llevará a un incremento del consumo en el futuro. Esta tendencia difícilmente se revertirá, puesto que estaría en contra de la necesidad por mejorar las condiciones de vida de los sectores social y económicamente marginados. Sin embargo, esto no se opone a otra necesidad: la de modificar la concepción de que el bienestar está indisolublemente ligado al derroche de los recursos, en este caso de los energéticos. Es posible y deseable extender oportunamente el suministro de electricidad a toda la población, promoviendo su uso eficiente y regulando así el crecimiento de la demanda y, por tanto, reduciendo las presiones sobre los recursos energéticos y financieros del país y creando mayores grados de libertad para su uso.

## 2. SUBSECTORES COMERCIAL Y PÚBLICO

Los subsectores comercial y público son de menor importancia que el residencial y requieren un tratamiento semejante al propuesto para este último.

En relación al consumo de energía de los primeros, un desglose inicial de sus componentes indica que conviene establecer una clasificación de los diferentes tipos de edificios y



posteriormente poner en evidencia la naturaleza de los equipos consumidores de energía.

Los tipos de construcciones más importantes son:

centros comerciales (supermercados);

edificios de oficinas;

almacenes o bodegas;

escuelas;

hospitales;

edificios públicos;

hoteles;

servicios religiosos;

teatros y cines; y

otros.

Los principales consumos se localizarían en:

aire acondicionado;

agua caliente, e

iluminación.

Para poder realizar un estudio de conjunto en ambas áreas sería necesario precisar cuáles son los consumidores involucrados en las tarifas eléctricas correspondientes. Esta labor es, en sí misma, un proyecto de investigación.

## ANEXO AL CAPITULO VII

## LAS TARIFAS ELECTRICAS

Las tarifas que emplea la Comisión Federal de Electricidad, vinculando los consumidores de esta energía con la clase de servicio prestado se sintetiza como sigue:

<u>Número de tarifa</u>	<u>Clase de servicio</u>
1	Doméstico
1A	Doméstico de clima cálido
2	General hasta 25 Kw. de carga contratada
3	General con más de 25 Kw. de carga contratada
4	Molinos de nixtamal
5	Alumbrado público
6	Bombeo de aguas negras y potables
7	Temporal
8	General de alta tensión
9	Riego agrícola
10	Alta tensión para reventa
11	Alta tensión para minas
12	General para más de 5 000 Kw. de demanda contratada

Del cuadro anterior y en relación a los sectores residencial, comercial y público, se observa que:

1. Dentro de las tarifas 1 y 1A se presentan los consumidores del sector residencial y los del pequeño comercio.

2. En las tarifas 2, 3 y 8 se encuentran ciertos consumidores residenciales, así como comercios medianos y edificios públicos (tarifas 2 y 3) y grandes comercios (tarifa 8); estas tarifas se encuentran afectadas con consumos de tipo industrial.

3. El alumbrado público y el bombeo de aguas identificados como tarifas 5 y 6, respectivamente, corresponden al sector público.

## **Capítulo VIII**



## Sector rural

Un análisis del potencial de uso eficaz, de ahorro y conservación de la energía en el sector rural, debe partir necesariamente de la identificación del actual patrón nacional de consumo energético en este sector. Este patrón, derivado de las actividades agropecuarias y domésticas y de su evolución se encuentra estrechamente vinculado al modelo de desarrollo económico del campo mexicano y sólo puede comprenderse a través de las relaciones que existen entre ambos.

Algunas de las características más relevantes en el panorama general del desarrollo rural del país, que influyen directa o indirectamente sobre la determinación y la orientación del consumo energético en el sector, tienen su origen en el proceso de desarrollo socioeconómico seguido desde los años cuarenta a la fecha, en el que se privilegió la industrialización del país. Este le ha ido marcando a la agricultura y más en general al sector rural, las mismas tendencias de participación porcentual en el PIB, PEA, observadas en los países industrializados. Sin embargo, los rasgos especí-

ficos en relación al papel que guarda el sector rural con el conjunto de la economía e internamente, muestran deficiencias estructurales graves que se complican en el marco de la crisis actual.

Aunque en las últimas décadas, México ha llegado a alcanzar un promedio muy cercano a la media internacional de tierras cultivables de riego y temporal (15.5% de riego y 80.2% de temporal), existen, entre ambas, diferencias productivas y sociales muy marcadas que se agrandan con el paso del tiempo.

En el transcurso de los últimos 15 años se ha afianzado un cambio gradual en la composición de los cultivos, observándose la tendencia sustitutiva de los cultivos de granos básicos por los cultivos dedicados a la exportación y a los forrajes ganaderos. Así, desde la década de los setenta a la fecha, el desplome en la producción de granos básicos, conjugado con el crecimiento de la población han conducido al país a la pérdida de la autosuficiencia alimentaria, convirtiéndose en un importador neto de alimentos.

Un 70-80% de los productores del campo se ubican en zonas de temporal, concentrados mayormente en el sur y centro de México; cuentan con una escasa o nula capitalización; utilizan técnicas poco eficientes para aproximadamente un 80% de sus actividades productivas y, sin embargo, mantienen un alto porcentaje de la población del país. En el polo opuesto se encuentra una pequeña fracción de unidades productivas, calificadas como empresariales, que cuentan con insumos agropecuarios y de capital, que predominan en las zonas de riego, controlan los productos agropecuarios comerciales para la exportación y también los más rentables para el mercado interno.

La pobreza, sin dejar de existir en las zonas de riego, se hace más notable en la mayoría de las zonas de temporal en lo que se refiere a niveles de alimentación, salud, vestuario y educación. Estos problemas se ven agravados por una fuerte dispersión de la población en pequeñas comunidades rurales.

La heterogeneidad de la estructura agrícola y agraria del país explica algunas características y problemas básicos en relación al patrón de consumo energético del sector, que, hasta el presente, ha determinado en gran medida las tendencias históricas de su evolución.

La promoción del uso intensivo de los energéticos comerciales (no renovables) en zonas de riego,<sup>118</sup> la ganaderiza-

118. Esta se ha hecho al impulsar y subsidiar el desarrollo de la infraestructura necesaria para tecnificar la producción.

ción creciente en zonas de temporal y riego en detrimento de los bosques y, por último, el cambio gradual en la composición de cultivos orientados al forraje animal, han propiciado la marcha del país hacia la fijación menos eficiente de la energía solar en la producción de alimentos.

Dos sinergismos negativos pueden apuntarse entonces, como diagnóstico general. En primer lugar, el aprovechamiento de los recursos del campo (tierra y bosques) se viene haciendo depredatoriamente, a pesar de la posibilidad de su empleo renovable. En segundo lugar, la caída en la producción de alimentos básicos se ha venido resolviendo con la importación de faltantes y a partir de la exportación de hidrocarburos, lo que implica una presión adicional sobre la duración de las reservas de los mismos. Así, en 1983 se importaron al rededor de 1,500 millones de dólares en productos agrícolas, lo que equivale a la exportación de aproximadamente 150 mil barriles diarios de petróleo, o bien al 70% de consumo doméstico de energía en las zonas rurales en 1980.

El logro de la autosuficiencia alimentaria y el uso renovable y eficaz de los recursos del campo es, sin lugar a dudas, un aspecto prioritario, no sólo de una política global de desarrollo, sino de una particular que lleva a la conservación y uso racional de los recursos no renovables del país.

Una condición para poner en práctica estos propósitos es el conocimiento de los patrones de uso de la energía en el sector rural.

El diagnóstico de la situación energética permitirá analizar la evolución futura del consumo y evaluar el posible ahorro de energía en el futuro en caso de adoptarse algunas medidas en esa dirección. Estas medidas deberán formar parte de un conjunto de proposiciones transitorias, tendientes a conformar en el largo plazo un sistema energético equilibrado en las áreas rurales. Es decir, con una estructura diversificada de fuentes con predominio marcado de las renovables y con usos más eficientes de la energía, que favorezca la conservación de los recursos naturales.

El uso eficaz de la energía debe inscribirse necesariamente en el contexto de un uso racional y eficiente de los demás recursos naturales y otros. El empleo eficiente de la energía, sin romper con los ciclos bióticos, puede incidir favorablemente en un tratamiento similar de los otros recursos (como por ejemplo los bosques), dado que la energía es un sustrato común a todos ellos. Además, las mejoras en la utilización energética que demandan las distintas tareas productivas y domésticas permitirían elevaciones sustanciales en la calidad física de la vida sin incrementos y aun con decrecimientos en la cantidad total de energía primaria que debe

ser suministrada. Así, con un uso adecuado del suelo, con sólo 4.4 millones de hectáreas podría sustentarse la dieta básica de una población de 120 millones de habitantes al año 2020, en tanto que las necesidades esenciales de energía doméstica se satisfacerían con sólo el 27% del nivel de consumo de 1980 para estos usos.

## 1. PATRONES DE CONSUMO Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA

La importancia del sector rural en el consumo energético nacional no se puede precisar correctamente a partir de la información proporcionada por las distintas versiones de los balances energéticos del país. Más aún, no sólo surgen diferencias entre ellos, sino que los datos correspondientes a algunos energéticos presentan variaciones de tal magnitud, en el tiempo y entre dichas versiones, que llevan a dudar de su confiabilidad. Esto es particularmente cierto para los combustibles derivados de los hidrocarburos destinados a la producción, no así para la electricidad, y se agudiza en el caso de los usos domésticos. Un inconveniente mayor que presenta la concepción y estructura de los balances energéticos es la exclusión de todo tipo de energía no comercial y en particular la leña. Como consecuencia de ello: se tiende a subvaluar la incidencia de una forma de energía primaria (biomasa en general), a distorsionar las características del uso de la energía a nivel nacional y a dificultar la comprensión de un aspecto importante de la situación real de la población de las zonas rurales.<sup>119</sup>

El "sector agropecuario" que se consigna en los documentos indicados, hace referencia únicamente a las actividades productivas del campo dejando de lado el consumo doméstico de energía. En este último caso, las formas comerciales se incorporan al sector residencial, comercial y público, donde no pueden separarse del consumo urbano. Estas aclaraciones son indispensables para poder interpretar correctamente la importancia del sector rural en los consumos energéticos del país. De considerarse el "sector agropecuario", se observa que su participación histórica en el consumo final nacional

119. OLADE incluyó en su balance de México una estimación del consumo de leña que asignó al sector residencial, comercial y público. Sin embargo, la versión nacional de los balances presentados en apoyo de la homogeneización de los mismos a nivel latinoamericano excluyó toda referencia a la leña y los combustibles vegetales. Cfr., OLADE, *Balances energéticos de América Latina...*, op. cit. y SEPAFIN, *Balances de energía...*, op. cit.



es de poca significación: de 0.8%-2.6% en 1970, habría pasado a 0.7%-3.1% en 1980, según las fuentes de información que se consideren. A partir de estos resultados se ha llegado a la concepción mayoritaria de que las zonas rurales del país carecen de importancia en el contexto nacional, desde el punto de vista energético. Además, las conclusiones que se pueden extraer de la información anterior son contradictorias: en un caso el consumo de energía habría crecido a un ritmo menor y, en otro, a un ritmo considerablemente mayor que el consumo final nacional, que en el mismo periodo fue de 8.7% anual. Lo que se pone en juego no es la precisión, con mayor o menor exactitud, de simples tasas de crecimiento, sino la comprensión de los fenómenos subyacentes a las mismas, tales como el uso intensivo o extensivo de la energía, la tecnificación y/o mecanización de diversas áreas productivas del campo, la transición de unos energéticos a otros, el uso eficiente o dispendioso de los mismos, etcétera.

La incorporación a la contabilidad energética de las estimaciones sobre el consumo doméstico del sector rural se traduce en un incremento considerable de su participación a nivel nacional en relación con las aproximaciones anteriores. En efecto, de un nivel aproximado promedio de 1% a 3% del consumo final, su incidencia pasaría de 20.6% en 1970 a 10.3% en 1980 del consumo nacional total modificando la visión equivocada prevaleciente (cuadro 117). Este nivel de consumo aparente significó un equivalente aproximado al consumo industrial de 1970, y a un 80% del mismo diez años después.

De acuerdo con estos últimos resultados, se concluye que:

- a) en el transcurso de los setenta, el sector rural ha disminuido su peso en el consumo nacional total, creciendo su demanda global a un ritmo inferior a 1% anual;
- b) el subsector doméstico es el de mayor gravitación en el sector, requiriendo diez veces más de energía que el productivo en 1970 y cinco veces más en 1980;
- c) el nivel de consumo del subsector doméstico se ha mantenido prácticamente estable en dicho periodo y en torno a las  $103 \times 10^{12}$  Kcal, mientras que el productivo casi duplicó sus requerimientos con una demanda de  $17.0 \times 10^{12}$  Kcal en 1980.

Los fertilizantes utilizados en el área productiva tienen un alto contenido energético, que debe tenerse en cuenta al analizarse las necesidades de las zonas rurales. Su adición a los consumos del sector llevaría a reforzar las conclusiones precedentes, incrementando la participación del mismo a

**CUADRO 117**  
**PARTICIPACION DEL SECTOR RURAL EN EL**  
**CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA<sup>1</sup>**  
**(10<sup>12</sup> Kcal Y PORCENTAJE)**

	1970			1980			1982		
	10 <sup>12</sup> Kcal		%	10 <sup>12</sup> Kcal		%	10 <sup>12</sup> Kcal		%
1. Consumo del sector rural									
Subsector productivo	11.34	10.0	2.0	16.67	14.0	1.5	19.08	15.7	1.6
Subsector doméstico	<u>103.46</u>	<u>90.0</u>	<u>18.6</u>	<u>102.94</u>	<u>86.0</u>	<u>9.0</u>	<u>103.0</u>	<u>84.3</u>	<u>8.7</u>
Total rural	114.80	100.0	20.6	119.61	100.0	10.5	122.08	100.0	10.3
2. Consumo nacional de energía comercial <sup>1</sup>	441.78		79.4	1023.95		89.5	1056.18		89.7
3. Total (1+2)	556.58		100	1143.60		100	1178.26		100

<sup>1</sup> Corresponde a la oferta interna bruta de energía más el rubro: energía no aprovechada, descontándose el consumo de combustibles del "sector agropecuario" según los Balances de Energía.

Fuente: SEPAFIN, Dirección General de Energía, México, *Balances de Energía* 1970 y 1975-80, México, noviembre 1981.

PEMEX, Subdirección de Planeación y Coordinación, México, *Balances de Energía* 1982.

CFE, Sector Eléctrico Nacional, *Estadísticas 1965-1981*, México 1982.

nivel nacional a 26.2% en 1970 y 18.3% en 1980.<sup>120</sup> Dadas las características y objetivos diferentes de los combustibles y de los fertilizantes, se considera conveniente separarlos en este estudio.

Las finalidades distintas del empleo de la energía en los ámbitos productivo y doméstico, obligan a precisar sus características en ambos casos, así se podrán detectar los rubros donde es posible desarrollar un uso más eficaz de los energéticos y con ello lograr la conservación de los recursos naturales.

### *Subsector productivo rural*

Las diversas actividades productivas agropecuarias demandaron proporciones crecientes de energéticos durante los setenta y determinaron una modificación progresiva en la distribución del consumo en el conjunto del sector rural. La energía aparentemente usada con fines productivos representó 10.0% en 1970 y 15.7% en 1982, del total utilizado en zonas rurales (cuadro 117). Estas proporciones se incrementarían de considerarse la energía útil del consumo final al incorporar los rendimientos de transformación.

En la producción rural se concentra el consumo de energéticos comerciales (petrolíferos y electricidad), así como los fertilizantes que emplea el sector; sin embargo, también se requiere de energía humana y animal para las faenas del campo, en particular para las labores agrícolas. La estimación de los niveles de uso de cada una de estas formas de energía y de su participación relativa sólo puede hacerse en forma parcial, indirecta y aproximada debido a las limitaciones de la información existente. Para poder localizar ineficiencias y proponer lineamientos para su corrección, el estudio de los patrones de consumo en este subsector necesita de una base de datos a partir de la cual se pueda asignar la demanda energética a las diversas actividades productivas específicas del campo, incorporándose los dispositivos de transformación usados, así como sus rendimientos. Esta situación deseada está lejos de alcanzarse en la realidad actual, lo que no impide delinear las características básicas del patrón de consumo del subsector, a partir de las distintas formas de energía a que se hizo referencia:

- i) energéticos comerciales,
- ii) trabajo humano y animal,

<sup>120</sup> En esta estimación, el contenido energético de los fertilizantes se descontó del sector industrial para evitar la doble contabilidad.

iii) los fertilizantes.

i) *Energéticos comerciales*

En este rubro se incluyen los derivados del petróleo y la electricidad, que tienen aplicaciones específicas distintas en lo esencial, ya que los primeros se destinan básicamente a la maquinaria agrícola y la segunda al bombeo de agua para el riego de los cultivos.

Los productos petrolíferos de mayor consumo en el subsector son el diesel y las kerosinas, ambos usados en tractores y otras máquinas agrícolas pero también en motores estacionarios para distintos fines.<sup>121</sup> Los datos disponibles para analizar el consumo de estos combustibles, así como el combustible y el gas licuado, no son completamente coherentes (cuadros 118 y 119). De todas maneras puede afirmarse que el uso del diesel se extendió rápidamente durante los años setenta, mientras que el de las kerosinas prácticamente se estancó en el mismo periodo. Así, se tiene en 1982 una estructura de consumo de combustibles donde predomina el diesel (cerca de 83% del total), complementado por las kerosinas (15.6%), y en menor medida por el gas licuado (1.4%). El aumento del consumo de estos combustibles se debió a la creciente mecanización de las labores agrícolas, principalmente a través de la introducción de tractores. El número de tractores disponibles en el campo mexicano pasó de 91,534 unidades en 1970, a 164,000 en 1980, al mismo tiempo que aumentó su potencia unitaria. Se estima que el 90% del consumo de combustibles se hace en los tractores, mientras que el 10% restante se utiliza en otro tipo de máquinas, como trilladoras, segadoras, sembradoras, etcétera. En la actualidad se desconoce el impacto que ha tenido la tractorización de las labores agrícolas sobre la relación entre la extensión de la tierra y la energía necesaria a tal fin.

La electricidad desempeñó en el riego de tierras un papel semejante al que correspondió a los combustibles en la mecanización del agro. El consumo de electricidad creció a un ritmo de 10.8% entre 1970 y 1980, al pasar de 1349 GWh a 3746 GWh (cuadro 118). El incremento del consumo está asociado al aumento de la potencia total instalada en las plantas de bombeo del país, así como a su nivel de uso anual. Los 281 MW de potencia eléctrica instalada en 1970 representaron 24% de la potencia total del sector, incluidos los motores estacionarios. Si bien la potencia instalada correspondiente a ambos tipos de motores habría aumentado durante los setenta, no se dispone de los datos para 1980.

121. En 1970, se registraron 46,633 motores estacionarios alimentados por combustibles fósiles, cuya potencia total equivalía a 886 MW. Cfr. SARH 1970.

CUADRO 118

CONSUMO APARENTE DE ENERGIA DEL "SECTOR AGROPECUARIO"  
Y SU PARTICIPACION EN EL CONSUMO FINAL DE ENERGIA NACIONAL  
(EN 10<sup>12</sup> Kcal Y PORCENTAJE)

						TMCA		
1. Productos petro- líferos	1970	1975	1978	1980	1982	1970 1980	1970 1975	1975 1980
10 <sup>12</sup> Kcal	5.38	2.30	11.69	13.45	15.51	9.6	-15.7	42.5
%	2.0	0.7	2.8	2.7	2.8			
2. Electricidad								
GWH	1349	2257	2932	3746	4152			
10 <sup>12</sup> Kcal	1.16	1.94	2.52	3.22	3.57	10.8	10.7	10.7
%	6.2	6.5	6.5	6.5	7.2	7.8		
3. Consumo total de energía comer- cial (1+2)								
10 <sup>12</sup> Kcal	6.54	4.23	14.21	16.67	19.08	9.8	-8.3	31.6
%	2.6	1.2	3.1	3.1	3.2			

Nota: Los datos correspondientes a los productos petrolíferos presentan una tendencia que lleva a fuertes dudas de su precisión e incluso de su orden de magnitud, más aún cuando se tiene en cuenta su estructura presentada en el cuadro 119. Este hecho pone de manifiesto la necesidad imprescindible de mejorar el sistema de recolección y procesamiento de la información existente.

Fuente: SEPAFIN, Dirección General de Energía, México, *Balances de Energía 1970 y 1975-80*, México; noviembre 1981.

PEMEX, Subdirección de Planeación y Coordinación, México, *Balance de Energía 1982*.

CFE, *Sector Eléctrico Nacional, Estadísticas 1965-1981*, México 1982.

**CUADRO 119**  
**CONSUMO DE PRODUCTOS PETROLIFEROS EN**  
**EL SUBSECTOR PRODUCTIVO RURAL SEGUN**  
**DISTINTAS FUENTES**  
**(10<sup>12</sup> KCAL)**

I	1970	1975	1980	1982	%
Diesel	-	-	-	12.86	83.0
Kerosinas	2.51	2.30	2.78	2.42	15.6
Gas licuado	-	-	-	0.23	1.4
Combustóleo	2.87	-	10.67	-	-
Total	5.38	2.30	13.45	15.51	100

Fuente: SEPAFIN: *Balances Energéticos, op. cit.*  
PEMEX, *Balance Energético 1982, op.cit.*

II	1970	1975	1980	1982	%
Diesel	5.60	nd	15.30	14.86	84.2
Kerosinas	2.41	nd	2.68	2.30	15.8
Total	8.01	nd	17.98	17.69	100

Fuente: A partir de PEMEX, *Concentrado de las operaciones realizadas por las compañías distribuidoras, México 1983.*

*ii) Trabajo humano y animal*

Las características del campo mexicano, donde subsisten fuertes diferencias entre productores, en cuanto a las condiciones de explotación de la tierra a partir de los recursos técnicos y económicos disponibles, tienen su correlato tanto en el uso de la energía como en las formas prevalecientes para llevar a cabo los objetivos de la producción. Los energéticos comerciales distinguen el patrón de consumo de las zonas más tecnificadas de la agricultura bajo riego, sin restringirse únicamente a ellas, pero están ausentes en la mayor parte de la economía campesina que predomina en las zonas de temporal. El arado de madera, tirado por animales o empujado por el mismo campesino en tierras pobres de temporal y, en muchos casos, en condiciones orográficas desfavorables, cons

tituye un rasgo saliente del trabajo campesino. La energía humana y animal, a la vez que prevalecen en la economía campesina, son complementarias de los energéticos comerciales en las explotaciones técnicamente más modernas.<sup>122</sup>

La energía aportada por el trabajo humano en 1970 y de acuerdo con las jornadas trabajadas, representó cerca de 13% del total de combustibles fósiles usados en las labores agrícolas, sin incluir la electricidad ni los fertilizantes. Del total, aproximadamente 12% correspondió a las zonas de riego y 88% a las zonas de temporal. Aunque el número de jornadas trabajadas es elevado, su contribución en términos energéticos es relativamente baja, debido a la reducida eficiencia de transformación de la energía ingerida en energía útil (2.5%).<sup>123</sup>

Los problemas de subalimentación que afectan a un 80% de la población campesina económicamente activa,<sup>124</sup> disminuyen la efectividad del trabajo humano y la esperanza de vida de aquélla, compuesta por ejidatarios, jornaleros y minifundistas.

El trabajo proporcionado por la tracción animal se concentra, casi en su totalidad, en las zonas de temporal (98%) y representó cerca de 8.0% de la energía usada en la producción agropecuaria de 1970, con una eficiencia que varía entre 9% y 11%. La importancia del trabajo de los animales se refleja en dicho año. Para esa fecha, las estimaciones de la capacidad de trabajo de los animales discrepan fuertemente entre sí: 2.3 millones de caballos de fuerza (HP) en un caso,<sup>125</sup> y 7.7 millones de HP en otro; este último valor puede considerarse un límite superior exageradamente elevado.

Durante los setenta, la extensión de la mecanización en las labores del campo dio lugar a un desplazamiento progresivo del trabajo humano y animal por parte de los energéticos comerciales. A pesar de esta tendencia, puede suponerse que ambos prevalecen todavía en los cultivos básicos que conforman la dieta popular. Esta situación se refleja en el perfil

122. Cfr. Guzmán, Oscar 1982 e Instituto de Investigaciones Eléctricas 1983 y 1984.

123. En México no se cuenta con datos acerca del gasto energético que tienen hombres y animales cuando desarrollan distintas actividades, por lo que se recurrió a diversas fuentes. Cfr. Haswell, M. 1981, Vaclar, S. 1980 y FAO, 1981.

124. COPLAMAR 1981.

125. Ibarra J. 1982. La diferencia resulta de considerar, en el Censo Agropecuario de 1970, solamente el número indicado como animales de trabajo, ya que puede haber caballos o mulas que no funcionen como tales.

energético de los principales cultivos de la producción campesina. En 1975, la energía humana y animal, habrían representado cerca de 51.0% de la energía requerida para la producción de maíz, 52.0% y 76% en los casos de frijol y ajonjolí; estas proporciones superan a las de las mismas energías en el perfil energético del conjunto de la producción agropecuaria de México.<sup>126</sup>

*iii) Los fertilizantes*

Junto con la mecanización se ha difundido el uso de los fertilizantes en la agricultura. Su producción nacional se duplicó entre 1970 y 1980, alcanzando 4.9 millones de toneladas en el último año. En promedio, aproximadamente el 25% de la misma se destinó a los cultivos bajo riego y una fracción no precisada a los de temporal, donde también se han difundido.

Si se incorpora la energía empleada en la producción de los fertilizantes a los consumos energéticos totales, incluidas las energías humana y animal, se estima que la primera habría representado cerca del 38.0% del perfil energético del subsector productivo rural en 1975.<sup>127</sup> El abono de la tierra con fertilizantes orgánicos no constituye una forma predominante para mejorar su productividad en las zonas de temporal, ni en las de riego; los fertilizantes químicos se han impuesto progresivamente favorecidos por su promoción y bajos precios.

*Subsector doméstico rural*

El uso de los energéticos en las zonas rurales, en términos de la energía aparente requerida, se concentra fuertemente en torno a las actividades domésticas. Si bien, en los últimos tres lustros, se observa un estancamiento del consumo del subsector, con una ligera tendencia a la disminución, en 1980 representó cerca de 86.0% de la energía total utilizada en las zonas rurales.

La importancia de las actividades domésticas rurales en el panorama energético del país trasciende su incidencia ac-

126. Para el conjunto de dicha producción, se estimó que en 1975 la energía humana y animal representaría cerca del 20.7% de los consumos energéticos, incluyendo además la energía usada en riego, secado, maquinaria agrícola y transporte a los centros de acopio. Cfr. O. Guzmán, *op. cit.*, p. 128.

127. *Ibidem*, p. 128.



tual en el consumo total (9.0% en 1980), para ubicarse en la problemática del desarrollo socioeconómico nacional extendido a los sectores más amplios de la población. En las zonas rurales, los mínimos de bienestar se apartan en forma considerable de lo deseado y la energía no constituye una excepción.

Los patrones de consumo energético asociados a las características productivas y de vida del campo, se diferencian de los urbanos por la composición de las fuentes, las modalidades de uso y, además, por el bajo nivel *per cápita* de la energía utilizada.

Se hace indispensable un conocimiento pormenorizado de la situación energética del subsector como parte de la comprensión y solución de los problemas que afectan a los 23 millones de personas que viven en las regiones rurales de México, cerca de la tercera parte de la población del país. En una perspectiva de futuro, la satisfacción de las necesidades energéticas de dicha población debe llamar la atención con respecto a las posibilidades de su concreción, a la presión que se ejercerá sobre los recursos renovables y finitos, a las soluciones o combinaciones de ellas que se plantean como viables y a la(s) política(s) a poner en práctica para una modificación sustancial de la situación presente. Tal transformación debe introducirse a un ritmo acelerado si se quiere preservar la estabilidad social y política en el país.

El conjunto de los energéticos que se utilizan en el subsector, comprende la leña y otros residuos orgánicos, petróleo diáfano<sup>128</sup> y el gas licuado, entre los combustibles, complementados por la electricidad. La leña es, sin lugar a dudas, el combustible de mayor uso en la cocción de los alimentos y el calentamiento de agua, donde también se emplean en forma creciente y combinada el petróleo diáfano y el gas licuado. La electricidad, en caso de haber acceso a ella, se consume específicamente para la iluminación de las viviendas, de lo contrario se recurre a las kerosinas y, eventualmente, cuando las condiciones de subsistencia son difíciles, a la leña.

El trabajo humano y animal cubren una parte importante de las actividades necesarias para la subsistencia cotidiana y el aporte de mujeres y niños desempeña un papel central en ellas. Sin embargo, su análisis preciso es casi imposible a partir del conocimiento que se tiene al respecto.

En la actualidad, el estudio del uso eficiente de la energía remite, en situación generalizada de subconsumo relativo, a las modalidades altamente ineficientes de la quema de

128. El petróleo diáfano es una kerosina.

la leña. El abanico energético de las zonas rurales está dominado por su uso; los dispositivos de bajo rendimiento en los que se quema este combustible llevan a incrementar fuertemente su demanda y a presionar sobre un recurso en principio renovable. En términos de energía útil, el aporte de la leña se ve disminuido en una proporción considerable; cuando más en el consumo último representaría un 10% de su nivel a principios de los ochenta. Este hecho revela claramente el uso dispendioso del que es objeto en un contexto doblemente complejo, en primer lugar, por el agotamiento acelerado de los recursos forestales y, en segundo, por las condiciones críticas de subsistencia de la mayoría del campesinado.

A continuación se presenta el análisis de los patrones de consumo energético en las zonas rurales, tratado a partir de los principales usos detectados, a saber: i) cocción y calentamiento de agua, ii) iluminación, iii) calefacción, iv) acarreo de agua y de productos, usos a los que se asocian determinadas energías.

*i) Cocción y calentamiento de agua*

En la década de 1970 a 1980, la leña ha sido el principal combustible para la cocción y el calentamiento de agua, tanto por el número de consumidores -84% de la población rural de 1980- como por el consumo de energía, que fue de  $96 \times 10^{12}$  Kcal en ese año, representando 94% del consumo total del subsector (cuadros 120 a 124).

La escasez de información disponible, su poca confiabilidad y su grado de agregación, impiden hacer el análisis del consumo de energía para cocción y para calentamiento por separado.<sup>129</sup>

En términos generales puede afirmarse que en los setenta se produjo un desplazamiento de la leña por el petróleo diésel y el gas licuado. Ambos combustibles aumentaron su participación en el consumo energético para estos usos al pasar de 0.3% en 1970, a 2.3% en 1980 (cuadros 121 y 122). Esta tendencia global no se verificó de manera uniforme en todas las regiones del país; tal es el caso de los estados con mayor marginación socioeconómica donde incluso aumentó la población rural que cocina con leña.

La cocción mixta leña-gas es una práctica difundida en algunos estados (México y Morelos, por ejemplo), sobre todo en las zonas donde llega la distribución de gas licuado. No se ha determinado aún el número de personas que utilizan este método, ni su impacto en los consumos energéticos. Se estima que en esta cocción mixta se utiliza el 60% de la leña *per cápita* consumida por los que cocinan sólo con leña, con lo

<sup>129</sup>. Existe un solo estudio que separa ambos rubros, pero sus conclusiones no pueden extenderse a nivel nacional. Cfr. Evans M. 1984.

CUADRO 120  
SUBSECTOR DOMESTICO RURAL. NUMERO Y  
PORCENTAJE DE CONSUMIDORES 1970

Uso	Fuente	Leña	Gas L.P.	Petróleo diáfano	Electricidad	Total
Cocción y calentamiento de agua		19.413,230	50,340	453,060		19.916,630
		97.5	0.3	2.2		100
Calefacción		n.d.	n.d.			
Iluminación		n.d.	n.d.	13.884,120	6.032,510	19.916.630
				69.7	30.3	100
Acarreo de agua y productos		-	-	-	-	

Nota: Se ha considerado como población rural a la que habita en localidades de menos de 2,500 habitantes.

Fuente: Elaborado a partir de datos censales.

**CUADRO 121**  
**SUBSECTOR DOMESTICO RURAL. NUMERO Y**  
**PORCENTAJE DE CONSUMIDORES 1980**

Uso	Fuente	Leña	Gas L.P.	Petróleo diáfano	Electricidad	Total
Cocción y calentamiento de agua			22.433,415			
		18.734,947	1.478,408	2.220,060	-	22.433,415
		83.5	6.6	9.9	-	100
Calefacción		n.d.	n.d.	-	n.d.	
Iluminación		n.d.	n.d.	14.843,686	7.589,729	22.433,415
				66.2	33.8	100
Acarreo de agua y productos		-	-	-	-	

Fuente: Elaborado a partir de datos censales.

CUADRO 122  
SUBSECTOR DOMESTICO RURAL 1970  
(KCAL X 10<sup>12</sup>)

Uso	Fuente	Leña	Gas L.P.	Petróleo diésel	Electricidad	Trabajo humano	Trabajo animal	Total	%
Cocción y calentamiento de agua	10 <sup>12</sup> Kcal	99	0.03	0.29	-	2	-	101.32	98.0
	%	97.7	-	0.3		2.0		100	
Calefacción		n.d	n.d	-	n.d	-	-		
Iluminación	10 <sup>12</sup> Kcal	n.d	n.d	2	0.14			2.14	2.0
	%			93.5	6.5			100	
Acarreo de agua y productos		-	-	-	-	n.d	n.d		
Total		99	0.03	2.29	0.14	2	-	103.46	100

Fuente: Elaborado a partir de datos censales.

**CUADRO 123**  
**SUBSECTOR DOMESTICO RURAL CONSUMO DE ENERGIA EN 1980**  
 (KCAL X 10<sup>12</sup>)

Uso	Fuente	Leña	Gas	Petróleo L.P. diáfano	Electricidad	Trabajo humano	Trabajo animal	Total	(%)
Cocción y calentamiento de agua	10 <sup>12</sup> Kcal	96	0.93	1.4	-	2.2	-	100.53	
	%	95.5	0.9	1.4		2.2		100	97.7
Calefacción		n.d	n.d	-	n.d	-	-	-	
Iluminación	10 <sup>12</sup> Kcal	n.d	n.d	2.2	0.21	-	-	2.41	2.3
	%	-	-	91.3	8.7	-	-	100.0	
Acarreo de agua y productos		-	-	-	-	n.d	n.d		
Total		96	0.93	3.6	0.21	2.2		102.94	100

Fuente: Elaborado a partir de datos censales.

**ESTIMACIONES PARA LOS CUADROS 120 A 123***Cocción*

1. Leña  
(Población rural que consume leña) x 3.5 kg. *per capita*/  
dfa x 365 dfas 4,000 Kcal/kg.
2. Gas L.P.  
(Población rural que cocina con gas) x 0.14 kg *per cá-*  
*pita*/dfa x 365 x 12.248 Kcal/kg.
3. Petróleo diáfano  
(Población rural que consume petróleo diáfano) por (la  
misma energía *per cápita* que se consume al cocinar con  
gas licuado).

*Iluminación***Electricidad**

(Número de viviendas rurales electrificadas) por (120  
W x 4 has. x 3,600 x 365 dfas) por 0.2389 por  $10^3$ Kcal/J.

**Petróleo diáfano**

(Población que se ilumina con petróleo diáfano) por  
16 l. *per cápita/año* por 9,221 Kcal/l.

**CUADRO 124**  
**SUBSECTOR DOMESTICO RURAL, EFICIENCIA DE**  
**LOS DISPOSITIVOS ENERGETICOS USADOS**  
**(1970-1980)**  
**(PORCENTAJE)**

Uso	Dispositivo Eficiencia	Leña	G.L.P.	Diáfano	Electricidad	Trabajo humano	Trabajo animal
Cocción		Fogón 4 - 7%	Estufa 30%	Estufa 30%	-	n.d.	-
Calentamiento de agua		Fogón 4 - 7%	Estufa 30%	Estufa 30%	-	n.d.	-
Calefacción		Brasero n.d	Calentador n.d	-	Calentador n.d	-	-
Iluminación		Quema direc_ ta ocote n.d	Lámpara n.d	Candil quinqué n.d	Foco 5-10%	-	-
Acarreo de agua y productos		-	-	-	-	n.d	n.d



cual se ejerce una fuerte presión sobre los recursos forestales.

a) Leña y otros combustibles vegetales

Las estadísticas oficiales sobre el consumo de madera como combustible son particularmente representativas de la mala calidad de la información con que se cuenta (cuadro 125). Esta información corresponde a la madera en trozos, utilizada directamente como combustible o en la producción de carbón vegetal, pero refiriéndose sólo a los productos vendidos en el mercado. Esta madera es la que consumen principalmente las pequeñas industrias como ladrilleras, alfarerías, panaderías, etc., y una parte del sector urbano, mas no representa el consumo doméstico de leña del sector rural.

En este sector, la leña consumida en usos domésticos no pasa necesariamente por el mercado, sino que la madera es por lo general recolectada en forma directa por los pobladores. En ciertos lugares donde hay escasez del recurso, puede llegar a comercializarse entre los mismos pobladores de la localidad.

En algunos estudios se ha tratado de subsanar esta falta de información sobre el consumo real de leña proponiendo estimaciones aproximadas (cuadro 126), pero también en este caso subsisten fuertes diferencias en los resultados. Las cifras propuestas varían desde  $1.1 \times 10^{12}$  Kcal en el IV Informe de Gobierno de José López Portillo, hasta  $91.9 \times 10^{12}$  Kcal según la OLADE. Esta última evaluación es la que, por los criterios utilizados, se aproxima más a los valores que se manejan en este diagnóstico.

En razón de las diferencias señaladas, y ante la carencia de estudios nacionales sobre el consumo de leña, se realizó una estimación basada en los censos de población y en los pocos estudios de caso sobre el consumo de energía en comunidades rurales efectuados en México. La cantidad de leña consumida *per cápita* no es homogénea en todo el país. Esta varía con el tipo de estufa utilizada, el contenido calorífico de la madera y con su porcentaje de humedad, la escasez del combustible, las características climáticas de la región, el tipo de alimentación y el tamaño de las familias. Determinar estas variables implicaría un conocimiento profundo del uso de la leña como combustible, labor que no se ha llevado a cabo.

Considerando un promedio de 3.5 kg/*per cápita*<sup>130</sup> se obtuvo un consumo de leña de  $33 \times 10^6 \text{ m}^3$  para 1970, y  $32 \times 10^6$

130. Este valor es de un orden de magnitud equivalente al promedio de leña presentados en los análisis más precisos hechos para México y América Latina (cuadro 127).

## CUADRO 125

PRODUCCIÓN COMERCIAL DE LEÑA Y CARBÓN  
(MILES DE M<sup>3</sup> EN ROLLO)

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1965			763	763					
1970			769	769	573*			428	939
1971			685	685				350	
1972				625				333	
1973				568				293	
1974				534				283	
1975				569				289	606
1976				593				608	
1977				598	601	598		591	
1978				598		598	642		
1979	536			536		536	600		560
1980	485	485				485			
1981	550								
1982							400		

\*Producción maderable destinada a fabricar carbón.

- Fuentes: 1. SPP, *Agenda Estadística 1981 y 1982*, D.F. 1982, 1983, p. 167, 171.
2. S.F.F., *Vademecum Forestal Mexicano 1980*, D.F. p. 73.
3. Nacional Financiera, *La economía mexicana en cifras*, D.F. 1974.
4. Nacional Financiera, *La economía mexicana en cifras*, D.F. 1981.
5. S.P.P., *Las actividades económicas en México*, D.F. 1980, pp. 106-108.
6. S.P.P., *Anuario estadístico de los Estados Unidos Mexicanos, 1980*, D.F. 1982.
7. Vázquez Reta, Salvador, "Recursos Forestales, uso actual, crecimiento, rendimiento, residuos", *Simpósio Internacional: La biomasa forestal, recurso natural renovable y fuente de energía*, SARH, S.F.F. D.F. noviembre 1981.
8. S.P.P. *Manual de estadísticas básicas, sector agropecuario y forestal*, D.F.
9. Citado en O. Guzmán. *La energía en el sector agrícola de subsistencia*, El Colegio de México.

## CUADRO 126

## ESTIMACIONES DEL CONSUMO TOTAL DE LEÑA COMO COMBUSTIBLE

	$(10^3 \text{ m}^3)$	$(\text{Kcal} \times 10^{12})$	Año
Sergio Larrañaga <sup>1</sup>	9200	16.0	1979
Ana María Martínez <sup>4</sup>		65.9	1980
OCDE <sup>3</sup>		20.4	1976
IDEE		29.9	1975
IV Informe de Gobierno 1980		1.1	1980
OLADE <sup>2</sup>		91.9	1978
Salvador Vázquez Reta <sup>5</sup>	8200	18.0	1979

- Fuentes: 1. SARH-SFF, "Balance de energía en México", *Simpósio Internacional: La biomasa forestal, recurso natural renovable y fuente de energía*, D.F., 1981.
2. OLADE, Sánchez y Umana P. Análisis cuantitativo de la participación de la biomasa en el consumo energético de América Latina, *Boletín Energético* #21, julio-agosto 1981.
3. En Guzmán Oscar, *op. cit.*
4. *Curso de actualización sobre energía solar*, Asociación Nacional de Energía Solar, B.C.S. octubre, 1982.
5. Salvador Vázquez Reta, *op. cit.* Dato correspondiente a la estimación para 1979.

$$1 \text{ m}^3 = 2.26 \cdot 10^6 \text{ Kcal.}$$

$\text{m}^3$  en 1980. Las magnitudes representaron respectivamente más de 6 y 3 veces la producción total maderable de esos años. La importancia del consumo doméstico de leña con respecto a la producción comercial de madera se refleja en el hecho de que aquél representó cerca de 85% y 78% del consumo total de madera con fines energéticos y no energéticos en 1970 y 1980 (cuadros 127 y 128).

El consumo *per cápita* de leña, relativamente elevado, es consecuencia, entre otros factores, de los dispositivos empleados en la cocción. En la mayoría de los casos éstos consisten en fogones de tres piedras que tienen una eficiencia de 4% a 7%.<sup>131</sup> En algunos lugares, como la Sierra Centro de

<sup>131</sup> Giesecke R. *et al.*, 1981.

**CUADRO 127**  
**CONSUMO PER CAPITA DE LEÑA**

Lugar	Kg/día
Coscatlán de Los Reyes, Ver. <sup>1</sup>	5-6
San Jerónimo Tulija, Chis. <sup>1</sup>	3-4
La Guacamaya, Mich. <sup>1</sup>	3-4
*Amatlán, Morelos. <sup>1</sup>	1-3
Región N.E. del estado de Puebla <sup>2</sup>	4-2
Promedio América Latina (OLADE) <sup>3</sup>	3
Purificación Tepetitla, Edo. de México. <sup>4</sup>	2.1
Santa Catarina, Edo. de México. <sup>4</sup>	2.3
IIE. <sup>5</sup>	2.6

Fuentes: 1. IIE (1983).

2. SARH-SFF (1981).

3. OLADE, en *Boletín Energético* No. 21, julio-agosto 1981.

4. Evans, M. 1983.

5. A partir de IIE 1984. Este valor se obtuvo de 12 estudios de caso en comunidades rurales. Sin embargo, subvalda el consumo al introducir en la población a quienes no usan leña.

**CUADRO 128**  
**CONSUMO DE MADERA**  
**(10<sup>6</sup> m<sup>3</sup>)**

	1970	%	1980	%
a. Como combustibles				
Uso doméstico rural	33.0	85	32.0	78
Uso comercial	0.7 <sup>a</sup>	2	0.5 <sup>b</sup>	1
Total	33.7	87	32.5	79
b. Usos no energéticos	5.2 <sup>a</sup>	13	8.5 <sup>b</sup>	21
Total	38.9	100	41.0	100

Fuente: a. Nafinsa, *La economía mexicana en cifras*, D.F. 1981.

b. Vademecum Forestal Mexicano, 1980. Dirección General de Información y Sistemas Forestales, Subsecretaría Forestal y de la Fauna, Distrito Federal (s/f).

Michoacán, se usan cajas de barro semicerradas, que aumentan un poco la eficiencia.

Existe una selectividad marcada en el uso de las especies forestales para leña, al menos en aquellos lugares donde todavía no hay problemas de escasez. Las especies escogidas como combustibles no siempre coinciden con las dominantes, en esta forma se produce la extensión prematura de determinadas especies en las primeras fases del proceso de deforestación.<sup>132</sup>

En los lugares donde ya se han depredado las especies preferidas como combustible, la población consume cualquier tipo de madera y también estiércol y rastrojo de maíz. En estos sitios, la aguda falta de la leña provoca un deterioro adicional en la ya pobre dieta de los pobladores. Ante la falta de combustibles se cocinan menos alimentos aumentando simultáneamente el tiempo y el trabajo de recolección de la leña, la que debe buscarse a distancias de hasta 10 km. de las localidades.

La elección de la leña como energético para cocinar responde a razones económicas. Su bajo (o nulo) costo monetario de consumo, la posibilidad de utilizarla sin realizar inversiones en estufas, su accesibilidad a la mayoría de los poblados, son factores que incentivan su uso. Esta situación contrasta con la de otras fuentes como el petróleo diáfano o el gas licuado.

b) Petróleo diáfano y gas licuado

De 1970 a 1980, se produjo en el conjunto de la población del país un aumento considerable del número de consumidores de gas licuado y un descenso del correspondiente al petróleo diáfano. En el sector rural, sin embargo, se incrementó el número de usuarios de ambos combustibles, por lo que puede afirmarse que en ese periodo se produjo un desplazamiento del petróleo diáfano hacia el sector rural.

Este energético se usa como alternativo en las regiones con escasez de leña y en donde no hay distribución de gas licuado. En general, el petróleo diáfano no es visto como combustible de transición de la leña al gas en las zonas rurales. El aumento en el número de consumidores de diáfano en 1980 es un indicador adicional del agotamiento de los recursos forestales. En el futuro, dos factores podrían acelerar la sustitución del diáfano por otros energéticos: la disminución de su calidad como combustible, que se vende con un cre-

132. En la comunidad de La Guacamaya, Michoacán, se usa encino para cocinar aun cuando la especie dominante es el pino. Esto obedece a que el encino arde más lentamente y produce menos humo. Cfr. Instituto de Investigaciones Eléctricas (1983).

ciente grado de impurezas, y la variación de su precio relativo con respecto al licuado, que lo ha encarecido progresivamente.

El gas licuado es un combustible esencialmente urbano, su consumo en zonas rurales está limitado por las dificultades de distribución a los pequeños poblados y por la inversión inicial que requiere su uso.

Si bien el petróleo diáfano podría aparecer como combustible de transición hacia el gas, con frecuencia y donde el sistema de distribución lo permite, los habitantes de las comunidades rurales pasan directamente al gas licuado o combinan el uso de ambos combustibles. El proceso de sustitución entre energéticos está condicionado por factores económicos y sociales que trascienden las tendencias de los precios relativos de los combustibles. La progresiva proletarización del campesinado, que suele obligar a un trabajo fuera de la comunidad, y que permite un ingreso monetario relativamente regular, modifica el patrón de consumo energético. Del uso de la leña recolectada se pasa al uso de combustibles comerciales, pues el trabajador dispone ahora de recursos mínimos para ello y no cuenta ya con el tiempo para la recolección de la leña. Este fenómeno se ve acentuado por la escolarización de los niños y el cambio de horario en las comidas.<sup>133</sup> Adicionalmente, el gas licuado permite reducir el trabajo femenino en las labores de cocción de los alimentos, facilitando así la disponibilidad de tiempo para la realización de otras actividades. El acceso al gas licuado se ve restringido en parte por la cadena de intermediarios que intervienen en su distribución, elevando su precio original de venta hasta en 100%.

Se carece de estudios oficiales sobre el consumo de estos combustibles en el sector doméstico rural. De acuerdo con la estimación que se realizó para este estudio, el petróleo diáfano y el gas licuado usados para cocinar en 1980, habían representado 8.2% y 3% respectivamente del consumo doméstico nacional de dichos combustibles.

Tanto el diáfano como el gas licuado se queman en estufas comerciales con un 30% de eficiencia. Estas son adecuadas al consumo urbano pero no necesariamente a las características de preparación de los alimentos en el medio rural, por lo cual en las comunidades se continúa con la cocción mixta leña-combustible comercial, principalmente gas.

#### *ii) Iluminación*

La leña, el petróleo diáfano, la electricidad y el gas, conforman el paquete energético usado para la iluminación en las áreas rurales.

<sup>133</sup>. Evans M., *op. cit.*

En las regiones con bosques de coníferas es común quemar "ocote" para iluminación. El ocote se hace arder directamente cortándolo en pequeñas astillas, da muy mala luz y produce gran cantidad de humo. La electricidad y el diáfano son los principales energéticos empleados para iluminación. El uso de diáfano está ampliamente difundido ante la imposibilidad de acceder a la electricidad: 69.7% del total de consumidores en 1970 y el 66.2% en 1980, emplearon este combustible líquido como fuente de luz.

El desarrollo de la electrificación rural durante los setenta contribuyó al desplazamiento progresivo del diáfano en este uso particular. A pesar de ello, en 1980 la iluminación se basó 90% en el uso de kerosinas y 10% en la electricidad, evaluando la participación en términos energéticos.

a) Electricidad

De acuerdo con la información censal de 1970, el 30.3% de la población rural, o sea 6.0 millones de habitantes, contaba con servicio de energía eléctrica. El censo de 1980 indica que la proporción se había incrementado a 34%. Para ambos años, la información sobre el tema elaborada por la CFE discrepa fuertemente de los resultados censales.<sup>134</sup>

La empresa estimó que 9.9 millones de habitantes de las zonas rurales tenían acceso a la electricidad en 1970, es decir, 65% más que el número de personas indicado por el censo de ese año. Las diferencias no se eliminaron para 1980, ya que en 1982 la CFE estimaba que la población rural electrificada ascendía a 15.2 millones de personas, valor dos veces superior al que surge del censo de 1980 (7.6 millones de personas).

El criterio utilizado para contabilizar a la población electrificada es una posible fuente de la discrepancia tan marcada en los resultados. La CFE considera que en una localidad donde ha llegado la línea de suministro, *todos* los habitantes tienen acceso a la electricidad. Los propios censos, así como de los últimos estudios realizados sobre el uso de la energía en áreas rurales<sup>135</sup> contradicen este supuesto.

Varios factores limitan la posibilidad de que toda la población rural de las zonas electrificadas cuente con energía eléctrica.

-La dispersión y tamaño de las localidades. Por el carácter centralizado de la producción actual de electricidad, el tendido de líneas se hace oneroso y difícil cuando disminuye el tamaño y aumenta la dispersión de los poblados. Así, en

134. CFE 1978.

135. Cfr., IIE, *op.cit.*

1970 el 96% de las localidades con menos de 500 habitantes no contaba con electricidad.

A fines de los setenta, el tamaño de las localidades llega a ser tan importante que el mismo programa de electrificación rural deja de lado a cerca de 700,000 personas que vivían en comunidades de menos de 30 habitantes.

-En cada poblado, la dispersión de las viviendas influye también en el acceso a la electricidad. Mientras que para el sector urbano hay de siete a diez usuarios por poste, en el sector rural el número disminuye hasta 1.8. Aun cuando la línea llega a la comunidad, no toda la población puede afrontar el costo de instalación del servicio; esta situación se acentúa en el caso de las comunidades marginadas.<sup>136</sup>

En las zonas rurales la mayor parte de la población utiliza electricidad casi exclusivamente para iluminación, siendo, sin lugar a dudas, la mejor opción desde el punto de vista de la calidad de luz.

Las estadísticas nacionales no proporcionan información sobre el nivel de consumo de electricidad en el subsector doméstico rural. La evaluación efectuada para este trabajo se basó en la información disponible a partir de los pocos estudios existentes, generalizando a la población rural los patrones de uso de la electricidad que se desprenden de ellos.

#### b) Petróleo diáfano

Se estima que en 1980 se consumieron  $2.2 \times 10^{12}$  Kcal de petróleo diáfano para iluminación, que correspondieron a 13% de la demanda doméstica total de dicho combustible. Al igual que en el caso de electricidad, el número de consumidores se distribuye en forma muy variada entre los estados del país, concentrándose en las regiones más marginadas.

De acuerdo con los estudios de caso, el nivel del consumo de diáfano, *per cápita* varía en rangos muy amplios según las comunidades, sin embargo, en dos localidades diferentes se situó en torno a 16 l/año.<sup>137</sup>

Este energético se utiliza por su bajo costo y su mayor distribución en relación a la electricidad. La luz que proporciona es sumamente deficiente y su combustión llena de humo las viviendas. Se le quema usualmente en candiles de manufactura rústica y de baja eficiencia, que no cuentan con complemento alguno para aumentar la luminosidad.

136. En los Reyes, Veracruz, sólo el 22% de las viviendas contaba con energía eléctrica. Cfr., IIE, *op.cit.*

137. Mientras que en La Guacamaya, Michoacán, donde se quema ocote el consumo *per capita* fue de 4 l/año, en San Jerónimo Tulija, Chiapas, y en Coscatlán de los Reyes, Veracruz, fue de 16 l/año. Cfr., IIE, *op.cit.*



*iii) Calefacción*

La miseria que caracteriza a vastos sectores del campesinado, impide que la población rural dedique sus ingresos a todo lo que no sea satisfacción de necesidades básicas. Dadas las condiciones de vida, la calefacción no aparece como una de ellas y, por lo tanto, no es común que se destine energía a este uso aun en las zonas frías. Las bajas temperaturas in vernaes que se registran en el norte del país hacen presumir que en estas zonas debe emplearse leña, gas o electricidad para calefacción. Puesto que se carece totalmente de información al respecto, no se ha hecho una estimación sobre los requerimientos energéticos en este rubro.

*iv) Acarreo de agua y productos*

En esta actividad se emplean exclusivamente trabajo humano y trabajo animal.

El acarreo de agua es una ocupación forzosa para toda la población rural que carece de agua entubada. Cuando las fuentes de agua están retiradas de las viviendas esta actividad puede requerir de varias horas diarias y un considerable esfuerzo, más aún si no se cuenta con animales de carga que realicen esta labor como es el caso mayoritario. Cualquier miembro del grupo familiar, hombre, mujer o niño, puede cubrir este trabajo.

En estudio de caso,<sup>136</sup> se determinó que el acarreo ocupa ba hasta 180 días al año de trabajo animal; sin embargo, se carece de información amplia y detallada tanto del trabajo humano como animal que se emplea a tal fin.

## 2. MEDIDAS PARA EL USO EFICIENTE Y LA CONSERVACION DE LA ENERGIA

A partir del diagnóstico sobre el uso de la energía en zonas rurales, y de la puesta en evidencia de las principales tendencias constatada a lo largo de los años setenta, surgen al gunas evidencias en torno a las características del uso de la energía en el campo mexicano, a los inconvenientes y faci lidades de acceso a las fuentes de energía por parte de la población rural, al desequilibrio regional y rural-urbano en los niveles de consumo y a los usos donde se concentra la me nor eficiencia energética.

El subconsumo relativo que caracteriza a cerca de la tercera parte de la población del país obliga a analizar las po sibilidades del uso más eficiente de la energía, del ahorro y de la conservación asociados, desde una óptica distinta a

136. IIE (1983 y 1984) *op. cit.*

la que podría plantearse en otros sectores consumidores. Sin embargo, esto no invalida el esfuerzo por un mejor uso de la energía. En el sector rural es necesario conciliar este aspecto con el crecimiento del consumo.

En México, como en el resto de América Latina y de gran parte de los países donde subsiste una población campesina importante, la mejora en las condiciones de vida de dicha población obliga a la concepción e instrumentación de políticas energéticas y de desarrollo socioeconómico que se sustenten en una comprensión cabal de las características y problemas globales y particulares del sector. Estos deben abordarse desde una visión multidimensional, que no se restrinja a las leyes económicas de un libre mercado inexistente y que incorpore los elementos sociales, culturales y antropológicos que definen los rasgos esenciales de una población rural, cuya diversidad étnica es parte del sustrato sobre el que se apoya el Estado nacional.

En las áreas rurales el patrón de consumo presenta cierta uniformidad en cuanto a las fuentes energéticas y a los hábitos de uso más allá de la heterogeneidad social señalada. Sin embargo, toda política energética deberá tener en cuenta esto como factor central, si se espera lograr una respuesta favorable de la población del campo.

Hacia el futuro, la incorporación de las comunidades aisladas y de los grupos campesinos marginados y la tendencia a un mayor consumo energético *per cápita*, no deberían contradecirse con un uso más eficaz y no depredatorio de los recursos energéticos finitos y/o renovables. Para que ello ocurra, es indispensable delinear una política energética y de desarrollo rural de manera tal que armonice objetivos diversos, por ejemplo, la extensión del consumo a toda la población rural a niveles adecuados a sus necesidades, el uso eficiente de la energía, la conservación de los recursos energéticos y naturales. Todo esto dentro de la perspectiva de mejorar las condiciones de vida de la población y de recuperar y sostener la autosuficiencia alimentaria.

Dada la situación energética actual en las zonas rurales y el grado de conocimiento que de ellas se tiene, se hace necesario:

- estudiar detalladamente las características del sistema energético rural en todo el país, con precisión de las fuentes, los usos y los dispositivos que intervienen y de los factores que definen su interrelación, sean éstos económicos o de otro tipo;
- llevar los análisis a nivel regional, definiéndolas de acuerdo con criterios energéticos, productivos y socioeconómicos;

- evaluar con precisión los recursos energéticos renovables en las distintas regiones.

Las condiciones de aislamiento y dispersión de las comunidades rurales, las características de los patrones de consumo energético conocidas hasta el presente y la necesidad de un aprovechamiento equilibrado de los recursos, sugieren la conveniencia de promover el uso de sistemas descentralizados de producción de energía, basados en fuentes renovables y en tecnología adecuadas al medio ambiente en el que se desarrollan.<sup>139</sup> Esta orientación implica:

- fomentar la investigación y el desarrollo tecnológico de las fuentes energéticas que usen recursos renovables;
- promover abiertamente su producción en escala industrial con una política explícita de incentivos;
- apoyar la difusión de instalaciones y equipos a través de medidas económicas y financieras, así como la capacitación de los usuarios rurales para el mantenimiento de las mismas sin necesidad de recurrir a la asistencia técnica exterior a las comunidades.

Los lineamientos generales anteriores requerirán de un tiempo probablemente prolongado antes de que se traduzcan en la realidad e implican un cambio sustantivo en la política energética del país. Esta nueva orientación puede acompañarse con un conjunto de medidas que propendan globalmente a un uso más eficiente de la energía en el corto y mediano plazo. Así, para cada uno de los subsectores pueden plantearse medidas específicas según sus características particulares.

### *Subsector doméstico*

#### *Cocción de alimentos*

- Introducir estufas tipo Lorena, construidas con materiales locales que aumentan la eficiencia de cocción de 2 a 4 veces con relación al sistema tradicional y no requieren de desembolsos monetarios.

- Diseñar y aplicar rápidamente programas de reforestación de las especies más afectadas por su uso preferencial como combustible.

- Promover el uso de combustibles comerciales para disminuir la presión sobre los recursos forestales. El gas licuado presenta ventajas de uso y de precio frente al petróleo diésel; sin embargo, su difusión encuentra una restricción

<sup>139</sup>. Medio ambiente en el que se incluyen las relaciones sociales, económicas y políticas en el interior de la comunidad, así como sus vínculos con el exterior.

debido a que su abastecimiento nacional debe completarse con importaciones. Para sustituir a la leña por alguno de estos combustibles deben revisarse y explicitar la política de precios, la disponibilidad nacional de dichos combustibles, la adecuación de las estufas para su uso, la promoción de su producción, así como de su venta, en condiciones asequibles a la población rural. La instalación de estufas mixtas gas-leña tipo Lorena, con un dispositivo para el uso del gas, puede constituir una alternativa de transición hacia el uso de fuentes renovables en forma estable.

- Difundir ollas de presión que permiten reducir sustancialmente el tiempo de cocción y, por lo tanto, la energía necesaria para tal fin.

#### *Iluminación*

Mejorar la calidad de la iluminación en las zonas de mayor marginación por medio de la introducción masiva de lámparas comerciales tipo quinqué.

- Difundir el uso de lámparas fluorescentes de descarga, con una adecuada política de promoción y de precios. De esta manera se mejoraría la iluminación y se reduciría el consumo de electricidad.

Por último, considerando que hay necesidades energéticas no satisfechas en las actuales condiciones de vida de la población rural, sería conveniente desarrollar los siguientes programas, en el corto plazo:

- instrumentación de un programa de estabulación animal, para el aprovechamiento de los desechos orgánicos y del gas que se genere en los digestores;
- construcción y/o rehabilitación de microcentrales hidráulicas con el fin de suministrar electricidad para iluminación y talleres rurales;
- introducción parcial de calentadores solares económicos y de producción sencilla, es decir, reproducibles en talleres locales.

### *Subsector productivo*

#### *Cultivo*

Las medidas que pueden dar un uso eficiente de la maquinaria agrícola consumidora de diesel y kerosinas, se resumen en:

- selección, mantenimiento y operación adecuada de los tractores, considerando el tipo de suelo, el relieve y otros factores de la superficie a cultivar;
- adecuación de la potencia del tractor al tipo de suelo y cultivo;
- afinación periódica del motor.

En relación con el manejo y almacenamiento de los combustibles, deben investigarse las posibles pérdidas en transporte y por evaporación, para desarrollar los mecanismos que las reduzcan al mínimo.

A las medidas anteriores se agregan las siguientes respecto a los métodos de labranza:

- Introducción de nuevos métodos de labranza que permitan sembrar con un mínimo de remoción del suelo, de tiempo y de trabajo para las operaciones del cultivo. Actualmente se investigan en México estas técnicas que reducen el uso del tractor y el consumo de combustibles, a la vez que evitan la erosión del suelo.

- Una gran parte de los productores campesinos usa tracción animal y técnicas tradicionales de cultivo con un bajo consumo de energía comercial por hectárea. Esto hace necesario desarrollar un programa permanente de uso eficiente de la energía animal y mejorar los métodos de labranza a través de:

- . implementos de cultivo para tracción animal que sean versátiles y de fácil manejo;
- . incorporación de técnicas de sembrado que requieran de un mínimo de trabajo;
- . equilibrar el uso del trabajo humano y animal.

#### *Riego*

Asociado al uso más eficiente del agua y a una posible extensión de la superficie actualmente irrigada, el consumo de energía eléctrica e hidrocarburos puede hacerse más eficiente si se mejoran las técnicas de riego a través de:

- riego por goteo y aspersión;
- sistemas de canales con los que se obtenga una distribución más eficiente de agua;
- introducción parcial de aerobombas y en términos más amplios, promoción de los sistemas de bombeo que utilicen fuentes renovables de energía.

#### *Fertilización*

A pesar del constante estudio sobre las necesidades y técnicas de una correcta aplicación de los fertilizantes, no existe una evaluación a nivel nacional de los efectos de los fertilizantes químicos en el suelo y su aprovechamiento neto.

Por ello, se requiere:

- brindar asesoría permanente y en todo el país sobre la aplicación de abonos y llevar a cabo un seguimiento periódico de sus rendimientos;
- incorporación de técnicas de fertilización orgánica;
- difundir el uso de biodigestores para aprovechar la energía y los abonos que producen.

### 3. EL POTENCIAL DE AHORRO DE ENERGÍA

#### *Proyecciones a 1990*

El ahorro de energía derivado de un uso más eficiente puede ponerse de manifiesto al comparar los consumos energéticos asociados a dos escenarios distintos para un horizonte de tiempo determinado. En un caso se proyectan las tendencias históricas del consumo, y en el otro se supone la aplicación de un conjunto de medidas tendientes a un uso más eficaz de la energía.

Dadas las limitaciones en la información disponible y el desconocimiento del posible potencial de ahorro en el subsector productivo, la estimación se ve restringida; en amplitud, al subsector doméstico, y en tiempo, al año 1990.

El contraste de los dos escenarios lleva a las consideraciones siguientes (cuadro 129):

1. Al aplicarse las medidas de uso eficiente sería posible reducir en cerca de 40% el consumo energético total del sector según la proyección de la tendencia histórica. Esta proporción corresponde a  $69.50 \times 10^{12}$  Kcal, es decir, aproximadamente 149 MBCE en 1990, valor que supera el ahorro potencial del sector eléctrico para ese año.

2. La distribución del consumo energético entre los subsectores tendería a equilibrarse, con una participación del productivo de 40.5% en 1990,<sup>140</sup> frente a un 14.0% en 1980.

3. Los requerimientos energéticos domésticos se reducirían en 3.5 veces, es decir, a un nivel equivalente a 29% del consumo que se alcanzaría según las tendencias históricas.

4. La cocción de alimentos y el calentamiento de agua con leña sería el origen de casi todo el ahorro energético derivado de un uso más eficiente de la energía. Este ahorro se conseguiría fundamentalmente con la introducción de estufas tipo Lorena y con un desplazamiento transitorio de la leña hacia combustibles comerciales; en este caso se prefirió el gas licuado por las ventajas que presenta para los usuarios.

5. En el rubro de la electricidad el potencial de ahorro es también proporcionalmente elevado ya que representaría 12% del consumo al que se llegaría de no introducirse medidas correctivas. Sin embargo, su incidencia es relativamente baja, apenas cerca de 140 MBCE en el año 1990.

<sup>140</sup> Si se incorporan los fertilizantes al subsector productivo, la incidencia de éste en los consumos sería mayor que la del doméstico (80% y 20% aproximadamente).

CUADRO 129  
SECTOR RURAL, PROYECCIONES A 1990  
RESUMEN (KCAL X 10<sup>12</sup>)

1. Subsector doméstico					
Fuente	Consumo de energía				Potencial de ahorro
	Sin medidas	%	Con medidas	%	
Leña	92.00		23.00		69.0
Petróleo diésel (cocción)	1.40		-		1.40
Gas licuado	2.00		3.00		-1.00
Electricidad	0.22		0.04		0.18
Petróleo diésel (iluminación)	2.23		2.23		-
Subtotal	97.85	83.6	28.27	5.95	69.58
2. Subsector productivo					
	Consumo de energía				Potencial de ahorro
	Sin medidas	%	Con medidas	%	
Diésel	11.49		-		-
Kerosinas	2.32		-		-
Energía eléctrica	5.4		-		-
Subtotal*	19.21	16.4	19.21	40.5	
Total (1 + 2)	117.06	100.0	47.48	100.0	69.58

\*No incluye los fertilizantes cuya demanda representaría una energía equivalente a 93.1 x 10<sup>12</sup>Kcal.

Fuente: Elaboración propia, ver anexo a este cuadro.

## ANEXO AL CUADRO 129

ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LA PROYECCION TENDENCIAL  
DEL CONSUMO DE ENERGIA PARA 1990

## 1. Subsector doméstico

Las proyecciones para el subsector doméstico rural consideraran el crecimiento probable de la población rural total y de la población consumidora de cada fuente energética para el año 1990, así como el mantenimiento para ese año de los distintos consumos de energía *per cápita* actuales.

En esta forma el consumo de energía en 1990 sería de  $97.85 \times 10^{12}$  Kcal, es decir disminuiría menos de 1.0%, con respecto al consumo en 1980. Esto es resultado de la disminución en el número de consumidores de leña.

Para cada fuente, los crecimientos de la población consumidora y el monto de la demanda en 1990 serían:

- Leña. El número de consumidores descenderá a una tasa anual de 3.5% por 10 años; es decir, el 77% de la población rural utilizará leña para cocinar, y demandará  $92 \times 10^{12}$  Kcal ( $30.7 \times 10^6$  m<sup>3</sup> de madera en rollo).

- Petróleo diáfano. Para cocinar se mantendrá el mismo número de consumidores que en 1980, lo que corresponde a un 9.5% de la población rural del 90 y a una demanda de  $2.23 \times 10^{12}$  Kcal. Para iluminación, lo usarán 2.5% más personas del medio rural que en 1980, para alcanzar el 65% de la población en 1990 y disponer de  $2.23 \times 10^{12}$  Kcal.

- Gas licuado. El número de consumidores crecerá un 106% respecto a 1980, y, por tanto, lo utilizará 13% de la población rural en 1990, gastando  $2 \times 10^{12}$  Kcal de energía.

- Electricidad. Se usará prioritariamente para iluminación por un total de usuarios en 8.7% mayor que el actual, es decir, 35% de la población rural total de 1990, y su demanda en términos energéticos será de:  $0.22 \times 10^{12}$  Kcal.

## 2. Subsector productivo

Las proyecciones energéticas para este sector fueron calculadas considerando la probable evolución del consumo total de energía por hectárea (ha.) para cada una de las fuentes (hidrocarburos, fertilizantes y electricidad) así como la siguiente evolución en la extensión de las tierras de riego y de temporal.



	(millones de has.)			
	1960	1970	1980	1990
Tierras de riego	3.5	4.3	5	6
Tierras de temporal	8.7	10.6	11.8	13.4

Esto conduce a estimar que el consumo de energía del subsector productivo crecerá a un 4% anual promedio para alcanzar  $19.21 \times 10^{12}$  Kcal en 1990,  $112.31 \times 10^{12}$  Kcal si se incluyen los fertilizantes.

Con tales parámetros los consumos particulares serán:

- Diesel  $11.49 \times 10^{12}$  Kcal. Tierra en la que se usará:  $19.4 \times 10^6$  has.
- Kerosinas  $2.32 \times 10^{12}$  Kcal. Tierra que dispondrá de este energético  $19.4 \times 10^6$  has.
- Electricidad  $5.4 \times 10^{12}$  Kcal. Tierra que aprovechará es te energético  $6 \times 10^6$  has.
- Fertilizantes  $93.1 \times 10^{12}$  Kcal. Tierra fertilizada  $19.4 \times 10^6$  has.

*Las perspectivas a largo plazo: hacia la  
conservación de los recursos energéticos*

La transformación de los patrones de consumo de energía y su uso más eficiente debería afianzarse en el último decenio del siglo y encaminarse a una solución radical a comienzos del próximo.

La magnitud de los recursos naturales renovables que se pueden emplear para dotar de energía al campo, y al país en general, no han sido aún suficientemente precisados. Sin embargo, de las primeras aproximaciones (cuadro 130) resalta el hecho de que el potencial energético contenido en los residuos animales y vegetales agrícolas sería suficiente para cubrir la demanda total del sector rural en los años 1970, 1980 y la del año 2020. Es indispensable, pues, pensar en medidas y políticas que se encaminen a utilizarlos.

Los recursos pueden ser aprovechados en lugares próximos a su ubicación. Su grado de explotación dependerá en gran medida de las características socioeconómicas de las zonas donde se encuentren, aunque también es necesario desarrollar las tecnologías que los conviertan en energía útil. En el cuadro 131 se presenta un posible encadenamiento de medidas orientadas en esa dirección, desde el corto al largo plazo.

Al igual que en la primera etapa, para los años noventa las medidas propuestas requerirán de un gran esfuerzo coordinado, tanto a nivel regional como nacional, para que se asignen y distribuyan los recursos en las zonas más necesitadas. Esta distribución debería partir de estudios regionales que se hayan realizado en todo el país como parte de una política general de evaluación.

Durante ese periodo se contaría con la posibilidad de difundir los equipos y las tecnologías nuevas y por entonces operativas, para el aprovechamiento de los recursos renovables. Se espera, además, que sean accesibles a los usuarios, contando para ello con programas de financiamiento impulsados desde el Gobierno Federal.

Por otra parte, deberían continuarse varias medidas puestas en práctica ya para 1990. Sería de vital importancia alcanzar una reforestación completa y bien distribuida en cuando menos 40 millones de hectáreas. De ello dependerá que se vuelva a utilizar leña en lugar de combustibles comerciales para la cocción de alimentos. Esta política obligaría también al desarrollo pleno de un programa integral de estabulación de ganado, que permita utilizar a los animales para un trabajo más eficiente, a la vez que su estiércol sirva para producir biogás y fertilizantes.

**CUADRO 130**  
**RECURSOS ENERGETICOS DISPONIBLES EN**  
**ZONAS RURALES**

Recursos	Cantidad	Unidad	Contenido energético	
1. Recursos forestales	54.0	m <sup>3</sup> rollo/año	121.5	10 <sup>12</sup> xKcal
2. Residuos de madera	5.0	"	11.2	"
3. Residuos agrícolas	38.3	Ton/año	164.0	"
4. Desechos animales	356.9	"	89.2	"
5. Desechos humanos	21.1	"	49.3	"
6. Suelos para cultivo				x 10 <sup>6</sup>
<i>Euphorbia Lathyris</i>	25.0	bbl/Ha./año	38.0	Kcal/Ha
sorgo y azúcar	54-19		290-110	"
forestales	54-19	Ton/Ha./año	225-81	"
vegetación acuática	39.0	"	160.0	"
algas	18-88	"	360-74	"
7. Energía solar	400-500	cal/cm <sup>2</sup> /día	1 150.0	"
8. Energía eólica				
"La Ventosa"	6.8	mts/seg/217d	8.3	x 10 <sup>12</sup> Kcal

Fuente: Díaz P. y V. Rodríguez (1984)

CUADRO 131  
POLÍTICAS Y MEDIDAS DE AHORRO Y CONSERVACIÓN  
DE ENERGÍA EN EL SECTOR RURAL

Usos	1990	2000	2020
Cocción	-Sustitución de petróleo leña por gas L.P. en lugares específicos	-Sustitución de gas L.P. por leña y biogás en lugares específicos	-Uso de estufas mixtas a base de leña y biogás
	-Reforestación en las zonas de máxima escasez de leña	-Reforestación total (40x10 <sup>6</sup> has.)	-Conservación del recurso forestal
	-Introducción de estufas mixtas y de Lorena, ollas de presión	-Programas de estabulación	-Introducción de cocinas solares
Iluminación	-Fomento a la producción e introducción de focos de descarga. Subsidio	-Reducción del subsidio	-Almacenamiento eficiente de energía
	-Construcción o rehabilitación de microcentrales hidroeléctricas	-Introducción de celdas y aerogeneradores en lugares específicos	-Electrificación máxima por celdas aerogeneradoras
			-Generadores térmico-solares
Calentamiento de agua	-Introducción selectiva de calentadores planos, i.e. instalación de colectores planos en lugares específicos	-Introducción sistemas pasivos	-Colectores
		-Aumentar eficiencia de colectores planos; seguimiento	-Sistemas pasivos
			-Introducción de bombas
Áreas del cultivo	-Desarrollo de dispositivos eficientes de tracción animal	-Sustitución de motores diesel por gas, o diesel a hidrógeno	-Sustitución total a motores de biogás o hidrógeno
	-Selección, mantenimiento y operación adecuada de tractores	-Cultivos energéticos	
	-Introducción de nuevos métodos e instrumentos de labranza	-Optimación de la tracción animal vía dispositivos y estabulación coordinada en el sector doméstico	

Usos	1990	2000	2020
Fertilización	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Programas de uso racional de fertilizantes</li> <li>-Desarrollo de compostas</li> <li>-Programa piloto de estabulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Fertilizantes orgánicos a partir de biodigestores y compostas</li> <li>-Programa Coordinado de Estabulación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Biodigestores</li> </ul>
Riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Almacenamiento y contención del agua en zonas de alta precipitación</li> <li>-Ahorro de agua con técnicas de irrigación más eficientes (goteo aspersión)</li> <li>-Replanificar los sistemas de riego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Introducción de aerobombas, aerogeneradores y bombas solares en lugares específicos</li> <li>-Mejoramiento técnicas de perforación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Riego por aerobombas y bombas solares</li> <li>-Sistemas eléctricos y gravedad</li> </ul>

De concretarse esta modificación radical del sistema energético en las zonas rurales, a más largo plazo (2020) se podrían cubrir las necesidades básicas de la población del campo a partir de los recursos renovables exclusivamente. De ser así y bajo determinadas condiciones (cuadro 132 y anexo), el consumo total de energía no sólo dejaría de recurrir a las fuentes finitas, sino que, además, representaría apenas 43% de los consumos totales del sector rural en 1980.

A partir de estas consideraciones puede concluirse que no son fundamentalmente las restricciones técnicas o de reservas naturales las que obstaculizan la satisfacción de las necesidades energéticas del sector rural, sino el mantener un modelo de desarrollo que privilegia a las tecnologías centralizadas, de grandes dimensiones, y polariza los accesos a las fuentes energéticas en beneficio exclusivo de quienes cuentan con mayores recursos.<sup>141</sup>

---

141. Existe una experiencia concreta, que se lleva a cabo en Muñoztlán, Tlax., donde los llamados sistemas ecológicos autosostenidos se desarrollan con buenas perspectivas. Estos sistemas sacan provecho de sinergismos muy simples a nivel doméstico, como digestores, estufas de Lorena, regeneradores de agua, etc., que podrían interconectarse con ciertas actividades productivas, elevando así el nivel de vida de la población que los adoptó. Con el costo de una sola planta nuclear de 1200 MW de potencia, se podría financiar la construcción en el país de tres millones de sistemas ecológicos autosostenidos. Estos beneficiarían a unos 18 millones de habitantes, un número similar al de "marginados" existentes en este momento, y cercano también a la población que se espera para el año 2020 en el sector rural.

CUADRO 132  
ESCENARIO 2020 (KCAL X 10<sup>12</sup>)

Fuente Uso	Fertilizantes	Biogás	Leña	Sol y viento	Trabajo humano	Trabajo animal	Total	Dispositivo eficiencia
Fertilización	(20) <sup>f</sup>						(20)	58.2x10 <sup>6</sup> vacas esta buladas para 5.82x10 <sup>6</sup> biodigestores de 15m <sup>3</sup>
Riego		22.4 <sup>g</sup>			1.1 h		22.4	Bombas eléctricas alimentadas con generadores de biogás (.33x6)
Cultivos		26.6 <sup>i</sup>					26.66	Motores de biogás 0.3
Cocción		7.4 <sup>a</sup>	15 <sup>b</sup>		1.2 <sup>c</sup>		23.6	Estufas mixtas leña .2 biogas .3
Calentamiento de agua				4.9 <sup>d</sup>			4.9	Colectores solares 0.5
Iluminación				0.1 <sup>e</sup>			0.1	Aerogeneración - Celdas solares - Microcentrales - Focos fluorescentes
Total	(20) <sup>j</sup>	56.4	15	5	2.3	k	78.7 + trabajo animal	

## NOTAS AL CUADRO 132

En este cuadro se presentan los consumos de energía de acuerdo a un esquema fuente uso; en las últimas columnas se encuentran los dispositivos.

a) Con un poder calorífico de  $4.166 \text{ Kcal/m}^3$  biogás y 5 miembros por familia, se tendrán 300 Kcal *per cápita* día de energía útil. La quema de biogás en la estufa se hace con una eficiencia del 30%.

b) Los 400 Kcal/*per cápita* día restantes de energía útil necesarios para la cocción, se obtendrán con 0.5 kg. leña/*per cápita* día y una eficiencia de la estufa de 20%.

c) Una persona por familia, 4 has. al día, 250 Kcal/hora.

d) Con la eficiencia de 50% de los colectores, se requieren 666 Kcal/*per cápita* día para calentar 40 l. de agua a  $40^\circ\text{C}$  cada 3 días.

e) La electricidad se genera con los dispositivos marcados al final del cuadro. El consumo indicado considera solamente la eficiencia de los tubos fluorescentes y no los de conversión sol-viento-agua o electricidad.

f) Un biodigestor de  $15 \text{ m}^3$  alimentado por el estiércol de 10 vacas (25 kg. cada una) produce .94 kg. de nitrógeno. A una tasa de fertilización de 200 kg. por hectárea, para las  $10^7$  has. se necesitan  $5.82 \times 10^6$  biodigestores.

g) Se necesitan  $7.48 \times 10^{12}$  Kcal eléctricas según la energía eléctrica por ha. en distritos de riego utilizada en 1980.  $\left( \frac{3.22 \times 10^6 \text{ Kcal}}{4.3 \times 10^6 \text{ ha. riego}} \right)$

La eficiencia de un generador de gas se estima será 33%.

h)  $2 \times 10^6$  trabajadores en  $10^7$  has. trabajando 8 horas/día, semana inglesa todo el año, para todas las actividades agrícolas.

i) Los tractores trabajarían 40 ha. cada uno, lo que implica mil horas al año de uso.

j) Para un fertilizante comercial se requieren aproximadamente  $10^7$  Kcal por toneladas de nitrógeno; la equivalencia se indica entre paréntesis pero no se suma a los totales.

k) Se contará con trabajo animal para toda clase de actividades, pero no se computa aquí el dato, pues éste se utilizará en las otras  $30 \times 10^6$  has. de la frontera agrícola.

Los 58 millones de animales se alimentarán con  $6.4 \times 10^6$  has. sembradas de maíz u otro cultivo que brinde 10 ton. de alimento seco por ha. Cada vaca come 30 kg. de alimento seco al día.



## ANEXO AL CUADRO 132

## ESCENARIO 2020

Para construir el escenario del sector rural se tomó como punto de partida la consecución de tres objetivos:

- a) La satisfacción de las necesidades humanas básicas a fin de reducir las desigualdades socioeconómicas en el país.
- b) La autosuficiencia endógena mediante la participación y el control social.
- c) La armonía con el medio ambiente.

Estos objetivos marcan una serie de preferencias sociales, económicas y ambientales que a su vez determinan la elección de las fuentes y tecnologías que integrarían el patrón de consumo energético.

Los postulados anteriores se traducen en las siguientes premisas concretas para el escenario.

1. Utilización solamente de recursos renovables: sol, viento, agua, leña y biomasa.

2. Autosuficiencia alimentaria. El país producirá dentro de su territorio todos los alimentos necesarios para cubrir una dieta básica que satisfaga las necesidades mínimas de nutrición de toda la población. Para 120 millones de habitantes habrán de destinarse 4.4 a 17 millones de hectáreas dependiendo de las productividades que se obtengan. La frontera agrícola total será de 40 millones de hectáreas.

3. Mecanización y fertilización máximas en una superficie de cultivo de 10 millones de hectáreas. Esta superficie estará abierta a la agricultura y ganadería intensivas y se dependerá de la regeneración de suelos y de una adecuada planificación en el uso de la tierra.

4. En la zona cubierta por la superficie de cultivo anterior, la principal fuente de energía renovable serán los biodigestores que proveerán gas y fertilizantes. Otras fuentes podrían jugar un papel muy importante en las otras  $30 \times 10^6$  hectáreas.

5. Satisfacción de las necesidades de cocción-iluminación y calentamiento de agua para los 20,171,000 de habitantes que constituirán la población rural.\*

\* Para simplificar el escenario no se incluyeron otros usos importantes en la satisfacción de necesidades como la calefacción, la refrigeración de alimentos, etcétera.

6. Reforestación de no menos de 40 millones de has. con es pecies de uso múltiple.

A efectos de calcular los consumos de energía para cada uso, se consideraron los siguientes requerimientos de energía útil en el sector doméstico:

Cocción	700 Kcal/per cápita día
Iluminación	6.4 " "
Calentamiento de agua	333 " "

A partir de estas cifras y de acuerdo con las eficiencias de cada dispositivo se obtuvieron los consumos que se indican en la tabla 3, así como los del sector productivo.

El patrón de consumo propuesto determina también los requerimientos de tecnología apropiada. Así, para el sector do méstico serían necesarios:

- 4,034,000 estufas mixtas biogás-leña
- $16 \times 10^6$  focos fluorescentes
- 6,700,000 m<sup>2</sup> colectores planos
- 5,829,000 biodigestores

Y en el sector productivo:

- 250,000 tractores que funcionen con biogás.

## **Capítulo IX**



## Conclusiones

El estudio de los patrones del uso de energía conduce a proponer que México ha requerido cantidades crecientes de energía durante los últimos años. El análisis detallado de la dinámica económica y de los requerimientos de energía en los sectores que la producen y que la consumen indica que tal fenómeno no se explica exclusivamente por el crecimiento de su PIB ni por la incorporación de un mayor número de sus habitantes a los beneficios del desarrollo. Por el contrario, México ha utilizado los recursos energéticos en forma ineficiente y dispendiosa, sobre todo a partir de la segunda mitad del decenio anterior, una vez que se puso en marcha la extracción masiva de los hidrocarburos.

Como consecuencia, el potencial de uso eficiente y conservación de la energía es, sin exageraciones, muy elevado.

Para dar una idea de los volúmenes de ahorro posibles se hizo una agregación de las estimaciones al respecto efectuadas en los estudios sectoriales. Cabe aclarar que éstas se

refieren a los ahorros de energía *potenciales*, cuya factibilidad depende de una serie de variables y restricciones de toda índole (económicas, políticas y técnicas) y de las decisiones que adopten el Estado y los agentes involucrados, en los niveles nacionales y específicos, por industria y empresa, por regiones, etcétera. Como consecuencia, carecería de bases prever que las medidas propuestas por su impacto se darán en la práctica y de inmediato. La experiencia de otros países muestra la imposibilidad de lograr los niveles de conservación y ahorro potenciales y, además, los programas de esta naturaleza se prolongan más allá del año 2000. Las estimaciones de ahorro potencial de energía para los años 1990 y 2000 aparecen en el cuadro 133. De las cifras presentadas es notorio que los volúmenes son más altos en aquellos sectores y áreas donde fue posible un estudio más minucioso de los patrones de consumo de energía (CFE y las industrias siderúrgica, del cemento y del azúcar).

De los resultados sobre ahorro y conservación se desprenden lo siguiente:

a) Para el año 1990:

- i) el ahorro potencial en ese año sería de  $240 \text{ Kcal} \times 10^{12}$ , es decir, 188 MMBCE. De exportarse esta cantidad de petróleo, al precio promedio vigente (27.5 dls. por barril), se estarían obteniendo más de cinco mil millones de dólares.
- ii) el ahorro acumulado de 1982-84 a 1990 sería de  $945 \text{ Kcal} \times 10^{12}$ , o sea 20 310 MM dls. Lo cual equivale aproximadamente a un cuarto de la deuda externa actual de México.

b) Para el año 2000:

- i) en este año, el volumen de ahorro potencial es más del doble del que podría conseguirse en 1990, es decir, de  $527 \text{ Kcal} \times 10^{12}$  o 410 MMBCE. Esto significa más de 11 mil millones de dólares al precio vigente del crudo mexicano;
- ii) los volúmenes de ahorros acumulados de 1991 al año 2000 serían de  $3,740 \text{ Kcal} \times 10^{12}$ , que equivalen a más de 81 mil millones de dólares.

c) Para el período de 1982-84 al año 2000:

En términos de dólares, el ahorro potencial acumulado para el año 2000 equivale aproximadamente al monto de la deuda externa mexicana actual: 100 mil millones de dólares.

El sector con mayor potencialidad de ahorro es el energético, destacando el correspondiente a CFE. Esto, no obstante que la compañía eléctrica ha logrado un uso más eficiente de la energía y que el de PEMEX ha mostrado una tendencia con-

**CUADRO 133**  
**MEXICO: AHORRO POTENCIAL DE ENERGIA**  
**(1990-2000)**

Sector <sup>a</sup>	Al año de 1990						Al año 2000						Acumulado						Total
							1982-84/1990			1991/2000									
	10 <sup>12</sup> Kcal	MMCE	MM US\$	10 <sup>12</sup> Kcal	MMCE	MM US\$	10 <sup>12</sup> Kcal	MM US\$		10 <sup>12</sup> Kcal	MM US\$		MM US\$						
1)Energético	81.8	64	1 747	241.2	188	5 171	312	6 682	1 739	37 311		43 993							
Pemex	46.8	37	1 004	91.2	117	1 945	178	3 823		658	14 108	17 931							
CPE <sup>b</sup>	35.0	27	743	150.0	71	3 217	133	2 859	1 062	23 203		26 062							
2)Transportes	42.0	34	935	60.0	47	1 293	160	3 454	433	9 336		12 790							
3)Industrial	38.6	30	825	109.3	85	2 338	179	3 846	730	15 695		19 505							
Siderurgia	10.2	8	220	33.1	26	715	39	837	216	4 633		5 470							
Cemento	16.0	12	330	44.8	35	963	96	2 065	295	6 328		8 393							
Azúcar	12.4	10	275	31.4	24	660	44	944	219	4 698		5 642							
4)R.C.P. <sup>c</sup>	7.8	6	165	23.4	18	495	30	644	169	4 641		5 285							
5)Rural	69.6	54	1 845	92.6 <sup>d</sup>	72	1 986	265	5 684	668	14 329		20 013							
Total	239.8	188	5 157	526.5	410	11 283	945	20 310	3 740	81 276		101 586							

a. Los valores acumulados de: CFE, Transportes, R.C.P. y Rural se aproximaron a partir de los estimados para PEMEX.

b. Cifras con base en el "Programa de diversificación alto" (Cuadro 53)

c. Estimaciones a partir de la incorporación de mejoras técnicas en refrigeradores y televisores.

d. Supone que en el año 2000 se dejarían de consumir  $23 \times 10^{12}$  Kcal de leña, la cifra se le sumó al ahorro logrado en 1990 al tomar en cuenta la política de transición del uso de los bosques hacia formas renovables.

traría. Los mayores niveles de ahorro estimados para CFE respecto a PEMEX se deben en parte a que aquellos incluyen los efectos de los programas de diversificación de las fuentes de energía en la generación de electricidad.

Los niveles de ahorro estimados para el sector rural contrastan con su bajo nivel de consumo energético frente al resto de los sectores. Debe recordarse que esto tiene su explicación en el tipo de consideraciones que se hicieron en el estudio prospectivo del sector, a saber, que el ritmo de crecimiento de su consumo de energía comercial será elevado en una primera etapa, que su uso se hará en forma más eficiente y que hacia el año 2000 se empezarían a obtener los efectos de la política de uso de los bosques en forma renovable.

El potencial de ahorro de las industrias siderúrgica, del cemento y del azúcar es considerable y notablemente más elevado que el estimado para los transportes, siendo este último sector un consumidor muy ineficiente. El origen de las diferencias es el elevado peso que tienen en los transportes los vehículos automotores y el grado reducido de sustitución y ahorro de combustibles que se espera en este rubro.

Los potenciales de ahorro estimados tienen como referencia comparativa los niveles de consumo que se lograrían a 1990 y al año 2000 en caso de prolongarse las tendencias históricas de los últimos quinquenios. Sólo en este contexto pueden interpretarse correctamente las cifras indicadas en cada caso. Sin embargo, los elevados valores encontrados señalan con claridad que existe un alto potencial de ahorro aun cuando se modifiquen los puntos de referencia para la comparación.

Sería exagerado inferir a partir de la agregación de las cifras estimadas que con los ahorros de energía logrados por la adopción de una política de conservación y uso eficiente de la energía, podría pagarse gran parte de los compromisos en moneda externa adquiridos por México.

Las cifras son sólo un indicador de los órdenes de magnitud de los ahorros potenciales y un reflejo de lo urgente y necesario de la puesta en práctica de una política de uso eficiente de la energía, sobre todo si se toma en cuenta el estado crítico en el que se encuentra la economía nacional y la gran dependencia que tiene el país de los recursos energéticos no renovables.

La preocupación oficial por el despilfarro de la energía se hace presente hacia fines del régimen de José López Portillo en el *Programa Nacional de Energéticos* de SEPAFIN y se refrenda en el *Programa Nacional de Energéticos 84-88* de la actual administración. Sin embargo, las acciones al respecto son, hasta el presente, aisladas y apenas empiezan a tomarse.



La puesta en práctica de programas de esta naturaleza requiere tener como base estudios precisos sobre los patrones y la evolución del consumo de energía, tanto en su producción como en su uso final, y para los niveles globales, sectoriales y por empresa.

Una vez realizados estos análisis y a partir de la comparación de los resultados con lo que sucede en el contexto internacional, será posible ubicar el grado de ineficiencia y desperdicio relativos de los recursos energéticos del país. De ahí surgirán propuestas sobre la adopción de medidas globales y concretas que incidan en la conservación y el uso eficiente de los mismos.

Estos han sido precisamente los objetivos del "Proyecto sobre conservación y uso eficiente de la energía", cuyos resultados se han discutido en este libro y se sintetizan a continuación.

#### *Global*

Una de las explicaciones a las diferencias existentes sobre los patrones de consumo en México y su evolución frente a los observados en otros países, son las divergencias entre los precios internos de la energía vigentes en el transcurso de los años setenta y ochenta.

Una política de precios que los fije a niveles más altos es, a primera vista y para el caso de México, sencilla de adoptarse, dado que su Estado tiene el control monopólico de la oferta de energía.

Sin embargo, a los beneficios que podrían surgir de tal opción, se le oponen una serie de problemas de diversa índole. El consumidor final, por ejemplo, es muy sensible a los aumentos en los precios de las empresas estatales, sobre todo en el caso de los correspondientes a la electricidad y gasolinas.

Las alzas generalizadas en los precios de la energía son muy delicadas en un contexto inflacionario y su transmisión hacia los precios al consumidor final por parte del sector privado sería casi automática.

A esto se le añade un problema básico en México: la fijación adecuada de los precios de los energéticos. En la actualidad se insiste en "una política de precios realista". Sin embargo, se desconocen los costos incurridos en la producción de la energía. La alternativa de fijarlos tomando como referencia a los existentes en el contexto internacional iría en contra de la utilización de los recursos del país para promover el desarrollo.

No hay duda, sin embargo, de la necesidad de establecer precios adecuados de la energía, para lo cual sería necesario el conocimiento de su costo de producción y la defini-

ción de los sectores y grupos sociales sobre los cuales recaerían sus aumentos.

Además de las restricciones anotadas, existe una adicional que señala la necesidad de añadir a la política de precios otro tipo de acciones encaminadas al uso racional de la energía. Una gran cantidad de empresas con elevados consumos energéticos son paraestatales, destacando las productoras de los mismos: PEMEX y CFE. En estos casos los precios de los insumos y productos no juegan el papel que tienen en la empresa privada y, en muchos casos, están subordinados a otro tipo de consideraciones. Los alcances de una política de precios sobre el consumo de energía en las empresas del Estado serían, por tanto, limitados.

Es necesario adoptar otro tipo de medidas que incidan en la conservación de la energía, algunas de las cuales se presentarán más adelante en los incisos sobre los resultados de los análisis sectoriales. Otras se refieren a los incentivos fiscales y financieros, a la regulación, información y asesoría y a la promoción de la investigación y el desarrollo.

a) La nacionalización de la banca posibilita diseñar un paquete de incentivos fiscales-financieros dirigidos a las empresas con inversiones o programas de inversión en maquinaria, equipos, plantas o edificios diseñados para la conservación de la energía. Algunos de los incentivos son:

- i) reducciones de los impuestos gravables;
- ii) facilidades de crédito o tasas de interés preferenciales sobre créditos;
- iii) depreciación acelerada sobre maquinaria y equipos.

b) Las medidas diseñadas para regular el consumo de energía son de muy variada índole; algunas de ellas podrían ser obligatorias para los usuarios privados y todas para las entidades gubernamentales. Entre ellas cabe mencionar las siguientes:

- i) Establecer estándares de eficiencia en las empresas, vigilados periódicamente a través de auditorías energéticas u obligar a los altos consumidores de energía a adoptar medidas de conservación y a reportar periódicamente sus progresos a las autoridades gubernamentales correspondientes.
- ii) Nombrar encargados de la conservación de la energía en las dependencias gubernamentales.
- iii) Regular el consumo de energía en el sector residencial, comercial y público, a través de restricciones al uso de calefacción y clima artificial, iluminación decorativa y a la demanda de electricidad durante las horas pico. Una medida adicional sería promover la insolación adecuada de los edificios.

- iv) Regular el tráfico de las ciudades y carreteras y promover el uso del transporte colectivo.

Las acciones para la regulación del consumo de energía deberían estar acompañadas de campañas de información, asesoría y publicidad.

- c) Un aspecto fundamental que incidiría en el largo plazo sobre la conservación de la energía, sería la promoción y apoyo a las actividades de investigación y desarrollo de tecnologías que la usen en forma más eficiente, que reduzcan el consumo de los recursos energéticos nacionales no renovables y que hagan viable su sustitución por los renovables.

#### *Pemex*

Dentro del sector energético, PEMEX es la empresa productora de energía con mayor incidencia en el consumo y la que ha hecho un uso relativo menos eficiente de los recursos. El derroche energético, característico del conjunto de las actividades extractivas y de transformación de la empresa, se acentuó desde mediados de los setenta como consecuencia del marcado aceleramiento de la producción en todas las áreas de operación. La política de cumplir prioritariamente con las metas de extracción y exportación de hidrocarburos, de ampliación de la capacidad instalada de refinación y petroquímica sobre la base de plantas que figuran entre las mayores del mundo, no tuvo en cuenta el uso eficiente de la energía autoconsumida ni la conservación de los recursos energéticos del país.

Los desfases de planeación y ejecución de las obras propiciaron la quema de enormes volúmenes de gas en la atmósfera, siendo ésta una de las principales pérdidas energéticas de la industria. El desinterés por la conservación de los recursos se evidenció en el acelerado ritmo de extracción impuesto en los campos. Este tuvo como corolario la tendencia al agotamiento prematuro de los mismos, sin que se lograra el máximo aprovechamiento de las reservas de hidrocarburos contenidas en el subsuelo. Al mismo tiempo, la aplicación de la recuperación secundaria no proporcionó los resultados esperados, en parte por su inadecuada planeación y ejecución. La creciente ineficiencia en la fase extractiva de la industria hasta principios de los ochenta tuvo, por lo tanto su origen principal en la política económica y social que colocó a los hidrocarburos en el centro del proyecto de desarrollo. Las restricciones nacionales para dar una respuesta adecuada a las necesidades técnicas y de planeación que impuso el ritmo de expansión de la producción, fueron el complemento para que se concretara el derroche de la energía en esta área.

La transformación industrial de los hidrocarburos en pro-

ductos derivados, energéticos y petroquímicos, tuvo que adaptar su producción a la fuerte demanda interna. Los estudios de casos presentados para la refinación y la petroquímica básica indican que en ambos campos existe margen para el ahorro de la energía. La evolución de los consumos específicos de las refinerías muestran una merma en la eficiencia energética de los procesos durante los setenta. La comparación con los patrones internacionales señala que podrían conseguirse mejoras que permitirían un ahorro de hasta 60% en los consumos específicos.

La petroquímica básica, si bien cuenta con una planta industrial moderna, también presenta posibilidades para el uso más eficiente de la energía que consume. Las estimaciones comparativas con los patrones internacionales ponen de manifiesto que podrían lograrse ahorros de hasta 70% en algunos complejos.

Tanto en la refinación como en la petroquímica, el diseño y construcción de las plantas sobre la base de la tecnología estadounidense, particularmente dispendiosa de energía, influyó en la determinación de los actuales patrones de consumo de las mismas.

El diagnóstico general de PEMEX muestra que existe un importante potencial de ahorro en todas sus actividades. Este se lograría por medio de la concepción e instrumentación de un programa integral de conservación y uso eficiente de la energía. Para ello, es primordial que se realice una auditoría energética en la empresa para conocer la forma en que se lleva a cabo el consumo de la energía en cada sistema productivo o de transporte. A partir de ella se podrían formular medidas para el corto, mediano y largo plazos, que deberán someterse a una evaluación técnico-económica antes de llevarlas a la práctica.

Las medidas a considerar abarcan la extracción, el transporte, la distribución y el almacenamiento y la transformación industrial. En cuanto a los dos primeros aspectos, debe continuarse con el programa en curso para reducir la quema de gas en la atmósfera al mínimo posible, evitar las pérdidas en la deshidratación del crudo, así como las de almacenamiento y optimación del sistema de transporte, dándole prioridad al desplazamiento de los productos por ductos donde las condiciones técnicas y económicas lo permiten. En la operación industrial, la generación y uso del vapor así como la recuperación del calor residual de las chimeneas son ámbitos donde pueden introducirse mejoras con un impacto significativo en la eficiencia. Debe enfatizarse además el análisis de la optimación de los sistemas de vapor y la posibilidad de cogeneración. Estas medidas de corto

y mediano plazos necesitan complementarse con las de largo plazo que exigen inversiones y la incorporación de innovaciones tecnológicas en los procesos.

PEMEX ha comenzado a desarrollar un programa de conservación y ahorro de tres etapas. Se estima que de ejecutarse las medidas propuestas se lograría un ahorro potencial promedio de 20%, con una extensión del mismo de 15% a 25% adicionales mediante la sustitución de sistemas de producción obsoletos por otros más modernos desde fines de los ochenta.

La preservación de los recursos de hidrocarburos es indispensable para lograr una transición futura hacia otras fuentes de energía con la certeza de que su disponibilidad no será un freno para el desarrollo socioeconómico.

*C.F.E.*

La evolución y el consumo de energía en la generación de electricidad se ha caracterizado por el peso creciente de las plantas termoeléctricas en la producción de CFE y, como consecuencia, en la mayor dependencia hacia los recursos no renovables: los hidrocarburos, el combustóleo en especial.

Este rasgo matiza los logros obtenidos en la eficiencia en la generación por parte de las termoeléctricas. Los niveles de eficiencia alcanzados están, además, por debajo de los promedios internacionales.

Lo último y la preponderancia de las termoeléctricas en México, llevan a subrayar no sólo la necesidad de hacer esfuerzos para lograr el uso más eficiente de los recursos no renovables, sino, además, promover la cogeneración y la diversificación de las fuentes primarias, enfatizando las renovables.

Respecto al primer aspecto, la experiencia muestra la importancia que tiene en la instalación de nuevas plantas la necesidad de que el diseño, la construcción y la calidad de los equipos sean congruentes entre sí. El mantenimiento y cuidado en las calderas y generadores de vapor, así como el control en el funcionamiento de otros equipos traería aumentos considerables en la eficiencia de las plantas en operación, sin mayores costos. En cuanto al consumo final de electricidad, habría que hacer esfuerzos por reducir su demanda por parte de los usuarios no productivos durante las horas pico.

La cogeneración, como se dijo, es otro elemento importante para el mejor uso y la conservación de los recursos no renovables. Debería promoverse en plantas industriales que requieren vapor y en las termoeléctricas. Esto reduciría notablemente las presiones existentes sobre la oferta de energía de CFE.

El ciclo combinado es una innovación tecnológica reciente

que ha mostrado bajar notablemente el consumo específico global de energía. Promover su adopción sería, por tanto, otra medida para aumentar la eficiencia del subsector.

La dependencia creciente hacia recursos no renovables en la generación de electricidad es un problema cuya solución parece poco factible en el futuro. La propia CFE ha reducido notablemente sus proyecciones respecto a la generación a partir de plantas hidroeléctricas. La prevista en la actualidad para el año 2000 es 60% menor que la propuesta en 1980. El problema se magnifica si se recuerda que la empresa prevé que cualquier aumento de la demanda de energía eléctrica por arriba de la producción programada, se cubrirá por plantas a base de hidrocarburos. Así, aun las proyecciones más optimistas sobre diversificación arrojan mayor dependencia en las fuentes no renovables.

Es importante, por tanto, insistir en la necesidad de redoblar esfuerzos para lograr la diversificación hacia las fuentes renovables, cuando las condiciones económicas del país lo permitan.

#### *Sector transporte*

Las necesidades energéticas crecientes de los transportes marcaron el cambio de la composición sectorial del consumo final en los balances energéticos en México ocurrido durante los setenta. El acelerado crecimiento de su demanda, principalmente de gasolinas y diesel, le dio a este sector el carácter del mayor consumidor final de energía. Tales necesidades presionaron a la planta productiva de la industria petrolera, añadiendo una complicación adicional a su expansión desde la segunda mitad de los setenta. Esta situación es el resultado de un proceso acumulativo iniciado hace cuatro décadas, a través del cual se gestó y consolidó un sistema de transporte cuyo centro de gravedad fue el autotransporte terrestre. La infraestructura vial construida a partir de la gestión estatal fue complementada por la instalación y crecimiento de la industria automotriz en México desde los sesenta. La garantía de una buena integración entre la acción del Estado y las empresas automotrices transnacionales como partes integrantes de un proceso de desarrollo del país, requirió del abastecimiento suficiente, oportuno y barato de combustibles por parte de la industria petrolera nacional. El proceso iniciado a partir de estos tres pilares determinó la conformación de la actual estructura de los transportes en México, la que se afianzó a lo largo de los años setenta.

El sistema vigente depende de dos componentes: el autotransporte, de pasajeros y de carga y, desde el punto de vista de los energéticos, de los derivados de los hidrocarburos. Su distorsión está acentuada por el predominio del auto

móvil particular frente a los medios colectivos y por el desplazamiento del ferrocarril. Estas características de su base material hicieron del sector un consumidor altamente ineficiente desde el punto de vista energético. A ello contribuye también el bajo uso relativo del motor diesel frente al gasolineró.

La explosiva urbanización de los principales centros de población del país y la ausencia de una planeación acorde con las necesidades de transportación acrecentaron la ineficiencia global del sistema: una proporción mayor a 30% del consumo de gasolina se concentra en las cuatro ciudades más grandes del país. El congestionamiento del tráfico en éstas afecta las velocidades de desplazamiento y aumenta los consumos específicos, la baja ocupación de los vehículos de pasajeros y de carga influye en la misma dirección.

La ampliación de la red del metro durante los setenta contribuyó sin duda alguna a aminorar las dificultades de la circulación en el Distrito Federal. Este es en el presente el medio más eficiente desde el punto de vista de la relación energía consumida, pasajeros transportados, distancia recorrida.

La política de bajos precios de los combustibles practica da hasta principios de los ochenta sustentó el patrón de consumo poco eficiente, a la vez que promovió a la industria automotriz. Los niveles excesivamente bajos de aquellos hicieron que los precios relativos favorables al diesel (asociado a un motor más eficiente) no fueran un incentivo suficiente para que su uso se desarrollara como hubiera sido deseable. Un resultado también desfavorable lo produjo el bajo precio del gas licuado frente al de las gasolinas pues impulsó el uso del primero como carburante en varias ciudades del país. El proceso, unido a la demanda del gas licuado por parte del sector residencial, obligó a recurrir a su importación.

La modificación de los actuales patrones de consumo energético en los transportes lleva a proponer medidas relativas a la organización del tránsito y a su estructura según los distintos medios susceptibles de desarrollarse. Entre las primeras aparece como indispensable mejorar la fluidez del tránsito motorizado en los grandes centros urbanos a través de un adecuado y coordinado sistema de señalamiento, el cumplimiento estricto de las normas que reglamentan la circulación y la modificación de los hábitos de conducción. Estas medidas deben complementarse con la transferencia de una fracción de los viajes en automóvil al servicio público colectivo, así como el mayor uso de la capacidad de transporte de los vehículos. En el movimiento de cargas es conveniente pro

mover al transporte por ferrocarril frente al carretero.

Las medidas anteriores permitirían reducir rápidamente los sobreconsumos de combustible en centros urbanos y descongestionar las carreteras.

A más largo plazo la reducción de la cilindrada del automotor, ya legislada en México, y la conversión de una porción del parque con motor de gasolina a motores diesel permitirían un ahorro adicional de energía. Sin embargo, uno de los aspectos centrales para mejorar la eficiencia energética y los servicios en el transporte es la modificación a largo plazo de la estructura del mismo. Para ello es necesario mejorar y expandir el ferrocarril, el metro y, en general, los otros transportes colectivos, a la vez que fomentar la ampliación de los servicios de cabotaje.

La utilización de carburantes alternativos o complementarios de las gasolinas podría disminuir la presión sobre su demanda. Esta posibilidad presupone recurrir a la biomasa como futura fuente de energía. Aunque esta opción no parece particularmente viable en la actualidad por las condiciones actuales de la disponibilidad de hidrocarburos, es necesario promoverla para que lo sea en el largo plazo.

La mejora de la eficiencia del sistema del transporte del país se justifica no sólo por razones económicas sino también por la necesidad de preservar el medio ambiente y elevar la calidad de vida de la población.

#### *Sector industrial*

De acuerdo al análisis sobre el consumo sectorial de energía ocurrido en los últimos años, la industria manufacturera no aparece como uno de los sectores más ineficientes en su uso. Sin embargo, se conoce poco sobre el destino y la modalidad de empleo de los energéticos a nivel de los procesos productivos como para que la afirmación sea válida para todas las ramas o industrias que forman al sector. Los estudios de caso presentados (siderurgia, cemento y azúcar) ponen de manifiesto la heterogeneidad de situaciones que se presentan en cuanto al grado de eficiencia energética entre las ramas e incluso al interior de una misma industria. Así, la industria cementera ha tenido una evolución que la diferencia marcadamente de la azucarera pues esta última se caracteriza por las disparidades productivas y energéticas de los establecimientos, la gran ineficiencia global y el consiguiente derroche de la energía.

El análisis más detallado de los procesos productivos y de sus rendimientos energéticos, revelaron que en las tres industrias consideradas existe un potencial de ahorro considerable. Las posibilidades de disminuir los consumos específicos están condicionadas por la puesta en práctica de las



medidas necesarias a tal fin. Estas abarcan desde el corto al largo plazo y sus impactos sobre los requerimientos de energía son acumulativamente crecientes en la medida en que se lleven a cabo. La gama de medidas posibles de aplicar es amplia, desde las que pueden concretarse casi inmediatamente con un gasto relativamente bajo, hasta las que introducen cambios en los procesos, incorporan nuevas tecnologías y requieren inversiones elevadas.

Durante los setenta la industria *siderúrgica* de México evolucionó hacia la difusión de procesos productivos a los que se asocian menores consumos específicos. No obstante, el análisis de los rendimientos energéticos muestra que ésta opera todavía por encima de los patrones internacionales de consumo energético vigentes a mediados de los setenta. Las fases de la producción examinadas demostraron la existencia de consumos específicos de 15% a 40% superiores a los internacionales.

El objetivo de conseguir un mejor uso de la energía de acuerdo con las posibilidades técnicas y económicas, lleva a sugerir la conveniencia de estudiar la factibilidad de aplicar diversas medidas. Estas incluyen: la preparación de materiales, la operación del alto horno, de las fosas, de los hornos de recalentamiento y recocido, el mantenimiento y/o cambio de determinados elementos donde se concentran las pérdidas, así como medidas de instrumentación y control de procesos. La cogeneración en la siderurgia permitiría no sólo mejorar la eficiencia de las plantas, sino también proveer cerca de una tercera parte de sus necesidades de electricidad, disminuyendo así la demanda a la red. Estas medidas deberían reducir los consumos específicos en las distintas fases de la producción, durante el tiempo en que sigan trabajando las plantas y en la transición hacia una estructura productiva más moderna y eficiente, basada en unidades de tamaños menores a los actuales.

La industria del *cemento* se ha caracterizado por una rápida incorporación de técnicas relativamente nuevas a los procesos y por la producción creciente de cemento puzolánico. Esta evolución se tradujo en una tendencia marcada hacia un uso más eficiente de la energía, en particular de los combustibles. No obstante los avances logrados en el ahorro de la energía por esta industria, es posible que mejore aún su eficiencia ya que subsisten diferencias con los consumos específicos que se registran a nivel internacional. La comparación de éstos con los de México indica que existe un margen del orden de 26% para mejorar los rendimientos.

Las medidas que proporcionarían ahorros más importantes: modificación de los hornos y aumento del número de etapas

del precalentamiento, son, al mismo tiempo, las que necesitan de fuertes inversiones y largos periodos de amortización. Como contrapartida, el aislamiento y los sistemas de combustión son rubros donde puede esperarse reducir las pérdidas sin mayores erogaciones. Una medida importante es la que se refiere al mayor uso de cementos hidráulicos con extensores; en este caso la elección de los cementos por parte de los usuarios tiene un papel principal. La industria del cemento en México ejemplifica el caso de una rama de menor rezago relativo en cuanto a modernización de la producción, pero donde no se ha logrado un rendimiento en el uso de la energía equiparable al patrón internacional.

La industria *azucarera* resultó ser un caso opuesto al anterior, combinando estancamiento productivo con mayores consumos específicos y, por consiguiente, con derroche energético (sobre todo de combustóleo). El estudio de las características de 66 ingenios indica que no hay correspondencia alguna de los consumos específicos y sus variaciones frente a la capacidad instalada de producción, al tamaño de la planta y a su aprovechamiento. Las tendencias por grupos de establecimientos durante los últimos años son divergentes: unos mejoraron sus rendimientos y otros los empeoraron notablemente. Las razones que explican el aumento de los consumos específicos de combustóleo de esta industria están fuera de las consideraciones técnicas examinadas. Esta situación se combina con el hecho de que el combustóleo cubre las ineficiencias del proceso, en especial las relativas al inadecuado manejo del vapor producido en un sistema de baja eficiencia y mayoritariamente obsoleto.

La heterogeneidad de las plantas que forman la industria no facilita la propuesta de medidas concretas de ahorro para el conjunto de los ingenios. Sin embargo, es claro que la generación y uso de vapor son los aspectos básicos sobre los que se podría actuar. El uso dispendioso en esta industria no tiene un origen exclusivamente técnico sino también institucional, político y económico. La concepción y aplicación de un programa de ahorro de energía exige de un proceso de planeación riguroso y del consenso de los grupos de interés que están en torno de esta actividad productiva. En conjunto, existe un potencial de ahorro del orden de 50% del nivel actual de consumo energético si se establece la comparación con la industria azucarera cubana.

Los estudios detallados de las industrias siderúrgica, del cemento y del azúcar constituyen un avance importante en el conocimiento de los patrones de consumo energético y en el grado de eficiencia con que se llevan a cabo las distintas fases de la producción. Ellos ponen en evidencia la nece-

sidad de extender el análisis a otras ramas intensivas en el uso de la energía. A su vez indican la conveniencia de profundizar en el estudio de la viabilidad técnica, económica y político-institucional de programas específicos por ramas que contemplen la instrumentación de las medidas propuestas.

En lo que concierne al primer aspecto, este estudio presenta una primera aproximación al análisis de las particularidades del consumo de energía en las ramas: minerometalúrgica, química, celulosa y papel, vidrio y cervecera. Las elevadas aplicaciones de la energía para producir calor (como combustible directo o para generar vapor) frente al uso de la electricidad, dan cuenta *a priori* de la existencia de un potencial de ahorro que aún queda por determinar. La elevada producción de vapor de las industrias química y papera, la dispersión de los consumos específicos intra-rama y, seguramente, las diferencias con los patrones internacionales, son factores que apuntan en esa dirección.

En estas industrias, al igual que en las tres anteriores, la cogeneración ofrece una alternativa al aprovechamiento más integral de los combustibles y desplaza su uso en las centrales termoeléctricas que alimentan la red. La generación propia de electricidad de origen-vapor, combinada con otros usos de éste, podría cubrir hasta la tercera parte de la demanda eléctrica de la industria, con el consecuente beneficio para la conservación de los recursos energéticos.

Del análisis surge que en las diversas industrias la factura energética ha tenido hasta el presente una incidencia reducida en los costos de producción. Esta es una constatación indirecta que se verifica por el escaso peso relativo del gasto energético sobre las ventas industriales. En efecto, en los casos extremos, sólo representó cerca de 10% de las ventas de las ramas en 1981. Este hecho reflejo de la política de bajos precios, ha facilitado sin duda alguna, el uso dispendioso de los energéticos en la producción. El fenómeno se agudiza en el caso de la industria paraestatal donde los energéticos llegan a ser considerados casi como insumos gratuitos de disponibilidad ilimitada.

*Sector residencial, comercial y público (RCP)*

La participación del sector RCP en el consumo final de energía no es muy elevado, sin embargo es importante en el plano cualitativo pues el logro del acceso a la energía en todos los hogares (subsector residencial) es una forma de mejorar el bienestar social. Los energéticos más importantes en el consumo del sector son, en orden de importancia, el gas licuado y la electricidad.

Dentro de los tres subsectores que componen al RCP es el residencial el de mayor importancia. El consumo de electrici

dad de este subsector fue el que se estudió con mayor detenimiento.

La falta y tipo de información existente hacen muy difícil el análisis de los consumos del sector. Fue imposible estudiar el consumo del gas licuado, y la información sobre el consumo de electricidad que se tiene es a partir de las tarifas fijadas por CFE, en las cuales existe sobreposición de tipos de consumidores: por ejemplo, en una misma tarifa existen empresas comerciales, industriales y de servicios públicos.

El subsector residencial es el que mostró aumentos considerables en su consumo específico de electricidad, sobre todo durante los últimos diez años.

La continua disminución de los precios reales pagados por la energía eléctrica (sobre todo en las tarifas para el uso doméstico de climas cálidos) y el proceso de incorporación creciente de aparatos electrodomésticos y electrónicos a los hogares, son las razones que explican aquella tendencia.

Existen posibilidades de ahorro tanto por la modificación de los consumos de energía de dicho tipo de bienes como por el lado de la demanda de electricidad. La incorporación en el mercado nacional de aparatos con las mejoras tecnológicas existentes en los países industriales es una vía para reducir el desperdicio en el uso doméstico de la electricidad.

La demanda de electricidad podría ser influida a través de aumentos en su precio y por medio de campañas de información y concientización de los usuarios. La primera medida podría además repercutir positivamente en las finanzas de la CFE. Respecto a la segunda, desde hace varios años la misma empresa formó el Programa Nacional para el Uso Racional de la Electricidad (PRONURE), cuyos efectos en el consumo del energético están por evaluarse.

En el caso del uso de la electricidad en los hogares existe un dilema que debe tomarse en cuenta en cualquier intento por influirlo: la permanencia de amplios grupos de la población sin acceso al servicio, frente a otros con poderes de compra capaces de adquirir los bienes más sofisticados para el uso doméstico.

Un programa de uso eficiente de la electricidad debería ser parte de uno más amplio, cuyo objetivo fuera proporcionarla a los sectores que carecen de ella. La ampliación de la red eléctrica y la fijación de tarifas por niveles de ingreso, por zonas y por regiones, que discriminen a los grupos de consumidores económicamente privilegiados, sería una forma de contribuir al logro de ambos propósitos.

*Sector rural*

Por primera vez en México el estudio de los patrones de consumo de la energía aborda el análisis del campo ubicándolo como un "sector consumidor" que trasciende la división contenida en los balances energéticos. El estudio del sector rural abarcó las actividades productivas y domésticas de las zonas rurales del país y requirió una recomposición de la es casa información disponible.

El tratamiento de la problemática energética rural se vio sistemáticamente relegado hasta principios de los ochenta. Esta postergación se explica por el desconocimiento y la falta de información y, sobre todo, por la concepción, profundamente arraigada en algunas esferas, de la toma de decisiones, del desarrollo como un proceso lineal. Es decir, que la industrialización y la urbanización asociadas al crecimiento de una economía mixta propiciarán la desaparición de la marginación social y toda la gama de problemas que están vinculados a ella. En el campo del uso de la energía esta posición se traduce en ignorar los patrones de consumo "no convencionales" y "no comerciales", con lo cual se deja de lado la consideración de los consumos y de las necesidades básicas de casi una tercera parte de la población del país.

El consumo de energía del sector rural representa cerca de 10% del consumo nacional total, incluido el sector energético. El peso de su demanda recae en el subsector doméstico y está caracterizado por el amplio e ineficiente uso de la leña como combustible para la cocción de los alimentos y el calentamiento de agua. Frente a la leña, los demás combustibles aparecen como secundarios en términos de energía bruta. El uso de la biomasa como fuente de energía se debe, en gran medida, a la imposibilidad de vastos sectores de la población rural de acceder al empleo de los combustibles comerciales. Esta situación se ve agravada por el alto grado de aislamiento y dispersión de las comunidades rurales y por las limitaciones del sistema de distribución comercial de energía.

En aquellas comunidades donde hay distribución, la población con recursos económicos combina la leña con algún otro combustible, de preferencia el gas licuado.

En el subsector productivo existe una fuerte polarización entre las unidades empresariales y los predios campesinos, (es decir, unidades de producción y consumo). La mecanización de las labores, la fertilización, el riego y los energéticos comerciales están principalmente vinculados a las primeras, mientras que el trabajo humano y animal, la zona de temporal y la ausencia de combustibles caracterizan la condi ciones productivas en las que trabajan los campesinos.

El uso de la electricidad está menos difundido de lo que indican las estadísticas, ya que en las comunidades donde llega la línea de distribución sólo la utilizan los habitantes con mayores ingresos. El resto de la población emplea combustibles líquidos y en casos extremos "ocote" para suplir a la electricidad en su uso principal: la iluminación.

Los patrones de consumo energético del sector rural difieren marcadamente de los urbanos tanto por la composición de las fuentes y el acceso a ellas, como por el grado de eficiencia en la conversión de los combustibles en energía.

El uso de la leña, combinado con el avance de la frontera agrícola-ganadera y la tala de los bosques con fines no energéticos, ha provocado una deforestación creciente. De esta manera se ha complicado el acceso de los campesinos a la energía, a la vez que progresivamente se ha dejado de explotar en forma renovable un recurso que lo es naturalmente.

En términos de la eficiencia energética, la modalidad principal del uso de la leña en las zonas rurales indica que existe un alto potencial de ahorro. En efecto, los sistemas de combustión empleados tienen rendimientos extremadamente bajos que podrían modificarse en forma relativamente simple. De conseguirse este cambio se podría detener, o al menos atenuar, el proceso de deforestación y se mejorarían las condiciones de vida de los campesinos. Sin embargo, en una perspectiva de largo plazo, el conjunto de medidas a impulsar debería orientarse a una modificación sustantiva del sistema energético prevalente, transitando hacia un sistema basado en el uso de los recursos renovables.

El subconsumo relativo que caracteriza a cerca de la tercera parte de la población del país, obliga a analizar las posibilidades del uso más eficiente de la energía, del ahorro y de la conservación asociados, desde una óptica distinta a la que podría plantearse en otros sectores consumidores, sin que por ello se invalide la perspectiva de un mejor uso de la energía. En el sector rural es necesario conciliar este aspecto con el crecimiento del consumo.

En México, como en el resto de América Latina y de gran parte de los países donde subsiste una población campesina importante, la mejora en las condiciones de vida de dicha población obliga a la concepción e instrumentación de políticas energéticas y de desarrollo socioeconómico que se sustenten en una comprensión cabal de las características y problemas globales y particulares del sector. Estos deben abordarse desde una visión multidimensional, que no se restrinja a las leyes económicas de un libre mercado inexistente, y que incorpore los elementos sociales, culturales y antropológicos que definen los rasgos esenciales de una población ru-

ral cuya diversidad étnica es parte del sustrato sobre el que se apoya el Estado nacional.

En las áreas rurales el patrón de consumo presenta cierta uniformidad en cuanto a las fuentes energéticas y a los hábitos de uso más allá de la heterogeneidad social señalada. Sin embargo, toda política energética deberá tenerla en cuenta como factor central, si se espera lograr una respuesta favorable de la población del campo.

Hacia el futuro, la incorporación de las comunidades aisladas y de los grupos campesinos marginados, y la tendencia a un mayor consumo energético *per cápita*, no debería contradecirse con un uso más eficaz y no depredatorio de los recursos energéticos finitos y/o renovables. Para que ello ocurra, es indispensable delinear una política energética y de desarrollo rural de manera tal que contenga una serie de metas de diversa índole. Es decir, que tenga como objetivos la extensión del consumo a toda la población rural a niveles adecuados a sus necesidades, el uso eficiente de la energía y la conservación de los recursos energéticos y naturales. Todo esto dentro de la perspectiva de mejorar las condiciones de vida de la población y de recuperar y sostener la autosuficiencia alimentaria.





## Fuentes consultadas

- Aguilar, Martiniano, *Refinación petrolera en México. Desarrollo tecnológico actual*, Instituto de Investigaciones Eléctricas [México], 1978.
- Azúcar, S.A., *Estadísticas azucareras*, México, 1983.
- Banco de México, *Indicadores económicos*, México, mayo de 1983.
- Bazán, Gerardo, "El perfil energético mexicano en 1982", mimeo [México], 1982.
- Centro de Estudios de la Energía, *Situación energética de la industria, sector eléctrico*, Madrid, 1979.
- Comisión de Energéticos, "Pronósticos de demanda de energía (modelos conjuntos)", mimeo [México], 1976.
- \_\_\_\_\_, "Demanda interna, ahorro, sustitución y precios de los energéticos", mimeo [México], 1982.
- \_\_\_\_\_, *Energéticos: Boletín Informativo del Sector Energético*, México, noviembre de 1981 y abril, agosto, noviembre de 1982.
- Comisión Federal de Electricidad (CFE), Gerencia de Estudios, "Evolución de la eficiencia de conversión de energía térmica en energía eléctrica", mimeo, México, julio de 1984.
- \_\_\_\_\_, *Evolución de las tarifas de energía eléctrica en México 1962-1980*, México, junio de 1981.
- \_\_\_\_\_, *Plan nacional de electrificación rural 1979-1982*, México, julio de 1978.
- \_\_\_\_\_, *Sector eléctrico nacional, estadísticas 1965-1982*, México.
- \_\_\_\_\_, *Informe de operación 1981*, México.
- Coordinación General del Plan Nacional de Zonas Deprimidas y Grupos Marginados (COPLAMAR), *Las necesidades esenciales de México*, México, 1981.
- De Alba, Enrique, "Análisis de la demanda de energía en México: un modelo de simulación", Oficina de Asesores del C. Presidente, mimeo, México, noviembre de 1982.
- \_\_\_\_\_, "La demanda de energía en México (versión preliminar)", Instituto Tecnológico Autónomo de México. Documento E 8301, Departamento de Matemáticas [México], 1983.
- Díaz P. y V. Rodríguez, *Aspectos relevantes para reformular la estrategia energética en México*, Tesis de Licenciatura de Física, Facultad de Ciencias, UNAM, México, 1984.
- Diemex-Wharton, *Proyecto automotriz*, México, noviembre de 1983.
- Dobozi, István, "The Special Source of Alternative Energy: Comparing Energy Conservation Performance of the East and the West", mimeo, Madrid, septiembre de 1983.

- Evans, M., *Aspectos socioeconómicos de la carencia de combustibles domésticos. Un estudio empírico del México rural*, México, 1984.
- Federal Energy Administration, *The Political for Energy Conservation in Nine Selected Industries*, vol. 2, Petroleum Refining, Washington, D.C.
- Food and Agriculture Organization (FAO), *Informe sobre tracción animal*, Roma, 1981.
- Gastélum, Raúl y Oscar M. Guzmán, "Posibilidades de ahorro de energía en el sector energético de México (versión preliminar)", mimeo [México], noviembre de 1982.
- Giesecke, R. et al., *Leña y carbón vegetal: su incorporación en la planificación y política energéticas*, CEPAL e Instituto Nicaragüense de Energía, Managua, febrero de 1981.
- Gordian Associates, *An Energy Conservation Target for Industry*, New York, 1976.
- Grupo Intersectorial de Transporte, *Consumo de energéticos por productos del sector transporte*, México, 1981.
- Guzmán, Oscar M., "Energía y sector agrícola de subsistencia", en *Energía en México. Ensayos sobre el pasado y el presente*, M.S. Wionczek, coordinador, El Colegio de México, México, 1982.
- Gyftopoulos, Lazanidis y Witmer, *Potential Fuel Effectiveness Industry*, 1978.
- Haswell, M., *Energy for Survival*, Cambridge, 1981.
- Hidalgo C.H., "Aprovechamiento racional de la energía en centrales termoeléctricas", CFE, Gerencia de Generación y Transmisión, mimeo, México.
- Ibarra, J., *Los energéticos en el desarrollo revolucionario de México*, México, 1982.
- Institute of Energy Economics, *National Living Standards and Energy Demand*, Tokio, 1980.
- Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE), *Evaluation of Energy Supply and Demand at La Guacamaya, Mich., México. Case Study*, México, 1983.
- "Evaluación de requerimientos y recursos energéticos en México a nivel rural. Estudio de casos", mimeo, México, 1984.
- "Evaluation of Energy Supply and Demand in Four Rural Communities", mimeo, México, 1983.
- Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), *Serie Energéticos*, vol. I [México], 1973 y vol. II [México], 1975.
- Subdirección de Estudios Económicos y Planeación Industrial, *Demanda de productos de la industria petrolera* [México], 1981.
- International Energy Agency (IEA), *Energy Policies and Programmes of IEA Countries*, París, 1978 y 1982.

- Levy, Santiago, "Sobre el patrón de uso de energía en la economía mexicana", Oficina de Asesores del C. Presidente, mimeo [México], septiembre de 1982.
- Nacional Financiera, S.A., *La economía mexicana en cifras*, México, 1977, 1981 y 1984.
- Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), *Balances energéticos de América Latina*, serie: Documentos OLADE, núm. 13, Quito, noviembre de 1981.
- Petróleos Mexicanos (PEMEX), *México: Balance de Energía 1983*, México, febrero de 1984.
- \_\_\_\_\_ *Memoria de Labores* (varios años), México.
- \_\_\_\_\_ *Anuario Estadístico 1983*, México.
- \_\_\_\_\_ *Concentrado de las operaciones realizadas por las compañías distribuidoras*, México, 1983.
- \_\_\_\_\_ Subdirección de Planeación y Coordinación, *México: balance de energía, 1982*, México, julio de 1983.
- \_\_\_\_\_ *Programa de conservación y ahorro de energía*, México, 1984.
- Sánchez X. and P. Umana, "Análisis cuantitativo de la participación de la biomasa en el consumo energético de América Latina", en *Boletín Energético* 21, OLADE, 1981.
- Schutz E., Fernando, *Uso eficiente de la energía en México*, IIE y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), México, 1981.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), *Censo Agropecuario y Forestal*, México, 1970.
- Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT), *Programa 1984-1989*, México.
- Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), "Encuesta sobre el consumo de energía en la industria azucarera. Zafra 1982-83", *Documento interno* [México], 1983.
- \_\_\_\_\_ *Programa nacional de energéticos 1984-1988*, México, agosto de 1984.
- Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial (SEPAFIN), *Programa de energía. Metas a 1990 y proyecciones al año 2000. Balances de energía y estudios complementarios*, México, 1980.
- \_\_\_\_\_ *Programa de energía. Metas a 1990 y proyecciones al año 2000 (Resumen y conclusiones)*, México, 1980.
- \_\_\_\_\_ *Seminario de economías de energía. (Eficiencia y ahorro de energéticos)*, México, agosto de 1978 y marzo de 1979.
- \_\_\_\_\_ *Balances de energía 1975-1981*, México, varios años.
- Secretaría de Programación y Presupuesto, *Agenda Estadística 1981*, México, 1982.
- \_\_\_\_\_ *Agenda Estadística 1982*, México, 1983.

- Secretaría de Programación y Presupuesto, *Las actividades económicas en México*, México, 1980.
- 
- \_\_\_\_\_, *Manual de estadísticas básicas*, México.
- 
- \_\_\_\_\_, *Anuario estadístico*, México, 1981.
- 
- \_\_\_\_\_, *Análisis y expectativas de la industria automotriz en México: 1982-1986*, México, octubre de 1982.
- 
- \_\_\_\_\_, *Sistema de cuentas nacionales*, México, varios años.
- Siddayao, Corazón Morales, "Energy Conservation Policies in the Asia-Pacific Region: Economic Evaluation", *mimeo*, Manila, enero de 1982.
- Sterner, Thomas, "Los precios de la gasolina -un reflejo de la política energética", Universidad de Gotemburgo, *mimeo*, Gotemburgo, agosto de 1983.
- 
- \_\_\_\_\_, "Tecnología y estructura en el sector manufacturero. Factores para explicar el uso de energéticos", *mimeo*, Gotemburgo, febrero de 1983.
- Subsecretaría Forestal y de la Fauna (SFF), *Vademecum forestal mexicano 1980*, México.
- United Nations (CEPAL), *Anuario estadístico de América Latina*, Santiago, 1981.
- 
- \_\_\_\_\_, Department of Economic and Social Affairs, *Small Scale Power Generation*, New York, 1967.
- Vaclar, S., "China's Energetics a System Analysis", *Energy in the Developing World*, Oxford, 1980.
- Vázquez Reta, Salvador, "Recursos Forestales: uso actual, crecimiento, rendimiento, residuos", en *Simposio Internacional: la biomasa forestal, recurso natural renovable y fuente de energía*, México, SARH-SFF, 1981.
- Villagómez, Alejandro, "Crecimiento económico y consumo de energía en el sector manufacturero, 1965-79", CIDE, *Economía Mexicana*, núm. 5, México, 1983.
- Willars, Jaime Mario, "El papel del petróleo durante los ochenta: elementos de política y perspectivas", *mimeo* [México], agosto de 1983.
- 
- \_\_\_\_\_, "Perspectivas de la demanda interna y posibilidades de ahorro y sustitución de energéticos en México", *Cuadernos sobre Prospectiva Energética*, núm. 36, El Colegio de México, México, enero de 1983.
- 
- \_\_\_\_\_, "Evolución del sector de hidrocarburos en México: efectos macroeconómicos, elementos de política y perspectivas", *mimeo*, México, noviembre de 1983.

*Uso eficiente y conservación de la energía en México:  
diagnóstico y perspectivas,*

se terminó de imprimir en octubre de 1985,  
en Programas Educativos, S.A. de C.V.,  
Chabacano 65-A, 06850 México, D.F.

Se tiraron 1 000 ejemplares, más sobrantes para  
reposición. Cuidó la edición el Departamento  
de Publicaciones de El Colegio de México

## PROGRAMA DE ENERGÉTICOS



En la última década, la evolución del mercado internacional de hidrocarburos dio cuenta de la importancia de la demanda como elemento regulador de las condiciones imperantes en el mercado. En ese sentido, en los países de industrialización avanzada se promovieron programas y se aplicaron medidas concretas tendientes a un uso más eficiente de la energía. Con retraso y menores recursos, en algunos países en vías de desarrollo dependientes de las importaciones de energía para el funcionamiento de sus economías se propusieron políticas energéticas orientadas en la misma dirección. Sin embargo, tanto en éstos como en aquéllos dotados con vastos recursos energéticos, el ahorro y la conservación de la energía apareció como una formulación cuya puesta en práctica fue constantemente postergada.

Este libro presenta uno de los primeros estudios donde se analizan la eficiencia en el uso de la energía en México, el potencial de ahorro y la posibilidad de conservación de los recursos energéticos asociados al mismo y a distintas opciones de diversificación energética. El estudio pone en evidencia el alto potencial existente en este campo en el país, así como la importancia económica de la instrumentación de una política que permita el logro de un uso más eficiente de los recursos energéticos destacando, al mismo tiempo, que su concreción no se circunscribe únicamente a factores técnicos y económicos sino que involucra de manera importante aspectos políticos e institucionales.