



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

FACULTAD DE ECONOMIA

**DEMANDA DE ENERGIA EN LOS SECTORES  
INDUSTRIALES DE ALTO CONSUMO EN  
MEXICO: UN ANALISIS PROSPECTIVO**

**T E S I S**

Que para obtener el Título de:  
LICENCIADO EN ECONOMIA

P r e s e n t a:

*Arturo Vieyra Fernández*

México, D. F.

1988



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

# TESIS CON FALLA DE ORIGEN

DEMANDA DE ENERGIA EN LOS SECTORES INDUSTRIALES  
DE ALTO CONSUMO EN MEXICO: UN ANALISIS PROSPECTIVO

pg.

INTRODUCCION . . . . .	1
I. EL CONSUMO DE ENERGIA FINAL EN LA INDUSTRIA MEXICANA . . . . .	6
1. Importancia del consumo energético del sector industrial	
2. Características del consumo de energía en la industria	
3. Eficiencia del consumo energético industrial	
II. CONSUMO DE ENERGIA EN LAS INDUSTRIAS GRANDES CONSUMIDORAS . . . . .	16
III. MODELIZACION DE LA DEMANDA DE ENERGIA . . . . .	22
1. La interfase economía energía	
a) Crecimiento Económico y Demanda de Energía	
b) Selección de un Submodelo Macroeconómico	
c) El análisis de insumo-producto	
2. Características generales del modelo MEDEE-S y del Submodelo Macroeconómico	
a) Modelo MEDEE-S	
b) Submodelo Macroeconómico	
3. Caso de aplicación	
a) La matriz del año de base	
b) Previsión de la Demanda Final	
4. Elaboración de escenarios	
a) Perspectiva económica	
b) Perspectiva energética	

IV. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO . . . . 54

1. Industria del Cemento en México
2. Proceso de producción de cemento
3. Consumo de energía en la industria del cemento
4. Perspectivas del consumo de energía en la industria del cemento.
  - a) Elaboración de escenarios
  - b) Resultados

V. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA SIDERURGIA . . . . 76

1. El contexto internacional
2. Organización y clasificación de la industria siderúrgica mexicana
3. Proceso de producción en la industria siderúrgica
4. Consumo de energía en la industria siderúrgica
  - a) Producción de acero por proceso
  - b) Consumo de hidrocarburos en la producción de acero
  - c) Consumo de coque en la producción de acero
  - d) Consumo de electricidad en la producción de acero
  - e) Consumo de energía por proceso de producción
5. Perspectivas del consumo de energía en la industria siderúrgica
  - a) Elaboración de escenarios
  - b) Resultados

VI. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA . . . . 104

1. La industria del azúcar en México
2. Proceso de producción de azúcar
3. Consumo de energía en la industria del azúcar
  - a) Características generales

b) Bagaña de caña	
c) El patrón del consumo energético en la industria azucarera	
d) Generación y consumo de vapor	
4. Perspectivas del consumo de energía en la industria azucarera	
a) Características generales	
b) Elaboración de escenarios	
c) Resultados	
VII. DEMANDA DE ENERGÍA EN LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y EL PAPEL . . . . .	122
1. Las industrias de la celulosa y el papel en México	
2. Los procesos de producción de celulosa y papel	
3. Consumo de energía en las industrias de la celulosa y el papel	
4. Perspectivas del consumo de energía en las industrias de la celulosa y el papel	
a) Elaboración de escenarios	
b) Resultados	
c) Potencial de ahorro	
d) Intensidades energéticas	
VIII. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA PETROQUIMICA . . .	137
1. Consideraciones generales sobre la industria Petroquímica Mexicana	
2. Perspectivas del consumo de energía en la industria Petroquímica	
CONCLUSIONES . . . . .	149
ANEXO I . . . . .	154
BIBLIOGRAFIA . . . . .	160

La planificación se actualiza frente al análisis energético, en la esfera de la economía mundial. Lo sitúa como un factor de capital importancia para el mantenimiento de las condiciones adecuadas en el crecimiento económico de los países industrializados y en vías de desarrollo.

Como consecuencia de las crisis petroleras mundiales de 1973 y 1982, nace la preocupación de las distintas naciones, principalmente las industrializadas, por establecer una política energética basada en el criterio de considerar al petróleo como un recurso escaso, creando la necesidad de desarrollar fuertes alternativas de energía, y establecer un uso eficiente y racional del consumo de los hidrocarburos. Prueba de esto es la conformación de organismos internacionales dedicados a la investigación y análisis de estos aspectos, el caso más importante es la creación de la Agencia Internacional de Energía (IEA) cuya función se orienta principalmente a establecer lineamientos de política energética para los países industrializados del mundo capitalista.

Sin embargo, el pasado reciente demuestra que el consumo energético mundial, depende en buena medida del consumo de los hidrocarburos, cuyo mercado a nivel mundial manifestó inestabilidad en términos de oferta y demanda, situación que repercute de manera significativa en los países productores de este energético, obstaculizando severamente su ritmo de crecimiento.

Para el caso de México, es claro ver como los efectos de la última crisis petrolera mundial han provocado estragos bastante significativos al interior de la economía. Lo anterior conduce a una política energética que intente mantener tanto el consumo interno como la producción para la exportación, del tal forma que no se rompa con los niveles de equilibrio de oferta y demanda a nivel mundial.

En esta perspectiva y tomando en consideración que el petróleo es un recurso no renovable, al establecer una plataforma de exportación de 1.5 millones de barriles diarios, se introduce la problemática de garantizar la demanda interna de energía, factor indispensable para el desarrollo económico, bajo criterios de uso eficiente y racional.

De continuar las tendencias actuales en el consumo interno

donde se manifiesta un crecimiento desproporcionado en relación al producto. La tasa de crecimiento del PIB durante los 70's fué de 5.5% en promedio mientras que la del consumo de petróleo y electricidad creció a un ritmo del 8.6% en el mismo periodo. La producción de petróleo tendrá que intensificarse rebasando los límites de la capacidad de producción y agotando las reservas en un plazo menor que el esperado, al mismo tiempo que se desvían recursos destinados a la exportación y necesarios para el crecimiento.

Tomando como base los balances de energía cuya metodología señala la producción, transformación y consumo de energía a nivel nacional, se detallan las características principales de la estructura del consumo energético, observándose un incremento de la ineficiencia en la producción de energía para el consumo final, es decir, el sector productor de energía (PEMEX y CFE) absorbe gran parte del consumo total cuya participación en 1981 fué de 33.4%, y para 1982 de 46.4%, lo que significa que la relación de pérdidas del sector energético a aumentado frente al crecimiento de su oferta interna bruta.

Por otra parte el consumo interno de energía se a caracterizado por su excesiva dependencia de los hidrocarburos. Puer para 1981 los productos petrolíferos absorbieron el 67.3% del consumo final en México.

El crecimiento desproporcionado de la demanda interna, la baja productividad en la producción de energía y la dependencia de los hidrocarburos, son consecuencia del diseño de la política económica y particularmente, de la política energética implantada a raíz del descubrimiento de los grandes yacimientos de petróleo en México, con esto el modelo de desarrollo que se establece trató de impulsar el crecimiento económico a partir de la explotación y exportación masiva de petróleo favorecida entonces por los altos precios del mercado internacional. Asimismo trató de subsidiar el consumo interno de energía mediante los bajos precios internos orientando el uso irracional y dispendioso de la misma en los diversos sectores económicos.

El análisis de los factores que determinan la ineficiencia o eficiencia en el consumo de energía conduce a la sectorización en función de las diferentes actividades económicas y de los patrones de consumo dentro de cada subsector. Cabe aclarar que el análisis energético distingue por un lado la producción, transformación y consumo final de las diferentes fuentes energéticas, ya sean energía primaria o secundaria, obteniéndose con la interrelación de ambos bloques el Balance Nacional de Energía.

En este contexto la presente investigación se propone



analizar la estructura del consumo final de energía en cinco ramas industriales fundamentales para el desarrollo económico: las industrias del papel, cemento, azúcar, siderurgia y petroquímica básica. La importancia de estas industrias se destaca no sólo por el hecho de representar un alto porcentaje del consumo total energético del sector industrial sino que además se trata ramas productivas estratégicas en las que su producción es indispensable para el crecimiento económico de la industria en su conjunto, cuyos efectos multiplicadores resultan significativos al interior del aparato productivo.

El objetivo de la investigación radica en analizar el uso de los recursos energéticos desde una perspectiva que abarque las implicaciones fundamentales de este rubro con los determinantes principales. De tal suerte que tanto en el diagnóstico como en las perspectivas que se elaboran subyace la hipótesis de que el campo del análisis de la energía no sólo involucra factores de carácter técnico, sino que además factores económicos, sociales e incluso políticos, que influyen en el comportamiento del consumo energético. En este contexto, a nivel macroeconómico, la política energética constituye una parte fundamental de la política económica en general, pues la orientación de esta última incide en las metas y planteamientos programáticos que se elaboran para la primera.

No obstante la estrecha interrelación que existe entre la economía y la energía, la parte correspondiente al análisis y planeación oficial no existe un tratamiento detallado de la problemática del consumo final en México, sino que más bien, me parece que los esfuerzos gubernamentales se encaminan hacia los sectores productores y transformadores de energía.

Esta insuficiencia de la política energética en torno al planteamiento de acciones directas encaminadas a lograr un uso más racional y eficiente de los recursos energéticos en el renglón de consumo final, particularmente en los subsectores industriales en los que aquí se hace referencia, obedece principalmente a dos causas. La primera se refiere a la importancia de la energía como tal en cada uno de los diferentes procesos productivos, es decir, la energía solamente representa un insumo para la producción, por tanto, el uso más eficiente de esta, si bien puede significar un ahorro no implica un objetivo primordial en la política de la empresa. Por otro lado, la intervención del Estado tendiente a racionalizar el uso de los energéticos resulta difícil en virtud del carácter de mercado de la economía mexicana impide restringir la demanda energética de manera directa; sin embargo, esta participación puede y tiene que ser inducida principalmente a través del sector parastatal, ya que las empresas que lo conforman pueden implantar políticas normativas que incluso ejerzan un efecto multiplicador al resto del sector industrial.

Para efectos de la presente investigación, esta última afirmación cobra gran importancia, pues parte de las industrias que se analizarán (alcohol, azúcar y petroquímica básica) son propiedades del Estado Mexicano. Por otra parte, el tratado de industrias que reflejan el avance del proceso de industrialización en el país, puesto que, si se considera la evolución de la estructura industrial, de los países desarrollados, se observa que estos se esfuerzan por impulsar las industrias de la información y el conocimiento, en tanto que México impulsa el proceso de industrialización con énfasis en el sector manufacturero, tratando de restar importancia relativa al sector primario.

El estado relativo de desarrollo de la Economía Mexicana tiene efectos directos sobre su patrón de consumo energético. Puesto que para el caso específico de las industrias que aquí nos ocupa, implica un alto contenido energético, que necesariamente debe cubrirse independientemente del uso eficiente o no que se le dé.

Es con base en estas necesidades que debe realizarse un esfuerzo para maximizar los usos energéticos previendo las necesidades presentes y futuras, y los costos de tipo económico y social que involucra este hecho.

La estructura de la investigación presenta en el primer capítulo las características del consumo de energía en el sector industrial, en donde con base en algunas técnicas e indicadores de tipo cuantitativo se analizan el grado de eficiencia y evolución de su estructura, posteriormente en el capítulo segundo se señalan también de manera general los rasgos más sobresalientes del consumo energético de las industrias grandes consumidoras y la perspectiva que se tiene de ellas en el modelo de industrialización propuesto por el Estado Mexicano.

El capítulo III se refiere a la descripción del funcionamiento de la metodología utilizada para la previsión de la demanda energética, así como los supuestos que subyacen en la elaboración de los escenarios. En los capítulos restantes el análisis se circunscribe al estudio del consumo energético de las industrias del cemento, siderúrgica, azúcar, papel y petroquímica básica. Salvo en el caso de ésta última cada uno de éstos capítulos se subdivide en tres partes: una que corresponde a las características económicas de cada industria; otra que describe y analiza la situación del consumo energético; y finalmente, la referente al análisis prospectivo que se elabora con base los supuestos establecidos en los capítulos segundo y tercero.

En este sentido, el objetivo de la investigación consiste en analizar los determinantes del consumo energético considerando

que Actos implican una visión que va mucho más allá de los aspectos tecnológicos en cada uno de los distintos procesos productivos. Es decir, el análisis del consumo y demanda finales involucra necesariamente el estudio de los factores económicos, sociales e incluso políticos que inciden directamente en este aspecto.

Finalmente, quisiera eternar mi agradecimiento hacia aquellas personas que con su apoyo y orientación hicieron posible elevar el nivel académico y calidad que pudiera tener este trabajo; concretamente al Maestro Angel de la Vega Navarro, Antonio Rojas, Benjamín García Báez y en general al grupo de Economía de la Energía de la División de Estudios de Posgrado de la Facultad de Economía UNAM. Asimismo, mi reconocimiento y gratitud para Alberto Isaac Fierdant, Yolanda Mendoza Sonia Ruiz Báez y Juan Rafael Vargas de la Unidad de Métodos Cuantitativos de la Dirección General de Política Energética SEMIP. Igualmente, agradezco al Dr. Arturo Villavicencio su inapreciable colaboración y ayuda en la presente investigación. Cabe aclarar que como autor y responsable de esta tesis deslindo de ellos toda responsabilidad ante cualquier error o defecto que pudiera encontrarse en la misma.

## II. EL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN LA INDUSTRIA MEXICANA

### 1. IMPORTANCIA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL

El consumo de energía final en sus usos energéticos de la industria mexicana tiene gran relevancia en virtud de que absorbió cerca de 39% del total de la energía final en 1985, (cuadro I-1) además representa el más grande consumidor de energía dentro de los sectores de consumo final, segundo del sector transporte que para el mismo año utilizó el 34.95% de los requerimientos totales, asimismo, el sector residencial, comercial y público absorbe el 23.01%; finalmente el sector agropecuario sólo participa con el 3.07% en el consumo final de energía.

Por lo que respecta a consumo por tipo de energético también es clara la importancia de la industria ya que como se observa en el mismo cuadro, el sector industrial utiliza casi todos los requerimientos de gas natural (95.43%), gas asociado (92.00), bagazo de caña (100%), coque (100%), combustóleo (81.62%) y electricidad (58.09%).

### 2. CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA

Por lo que se refiere a las características propias de este consumo es posible observar en los cuadros I-2 y I-3 que la industria mexicana consume principalmente cuatro energéticos que son: Coque, Electricidad, Combustóleo y Gas Natural, y en 1985 absorbieron el 84% del total del consumo final energético de la industria. Asimismo, se destaca la participación conjunta de los hidrocarburos (Gas Licuado, Petrolinas, Diesel, Combustóleo, Gas no asociado y gas natural), al absorber el 75% del total de energía, y dentro de éstos son de especial importancia el combustóleo y el gas natural que representan el 65.26% del total de la energía consumida y la mayor parte de los hidrocarburos. Es en este sentido, evidente la dependencia de los hidrocarburos en el consumo energético de la industria.

Las referencias anteriores hacen alusión a la estructura del consumo energético de la industria en un solo año (1985), sin embargo, se observa en los cuadros mencionados que la participación de cada uno de los energéticos en el consumo total industrial ha venido modificándose considerablemente durante el periodo 1965-1985; es claro ver como la participación de algunos energéticos, por ejemplo la del gas natural, se ha incrementado a diferencia de otros que como el combustóleo que sufren una caída en su participación. Con el objeto de cuantificar de manera más

## I. EL CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN LA INDUSTRIA MEDIANA

### 1. IMPORTANCIA DEL CONSUMO ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL

El consumo de energía final en sus usos energéticos de la industria mediana tiene gran relevancia en virtud de que absorbió cerca de 39% del total de la energía final en 1985. (Cuadro I-1) además representa el más grande consumidor de energía dentro de los sectores de consumo final, segundo del sector transporte que para el mismo año utilizó el 34.95% de los requerimientos totales. Asimismo, el sector residencial, comercial y público absorbe el 23.01%; finalmente el sector agropecuario sólo participa con el 3.07% en el consumo final de energía.

Por lo que respecta a consumo por tipo de energético también es clara la importancia de la industria ya que como se observa en el mismo cuadro, el sector industrial utilizó casi todos los requerimientos de gas natural (95.43%), gas asociado (92.00), bagazo de caña (100%), coque (100%), combustóleo (81.62%) y electricidad (59.39%).

### 2. CARACTERÍSTICAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA

Por lo que se refiere a las características propias de este consumo es posible observar en los cuadros I-2 y I-3 que la industria mediana consume principalmente cuatro energéticos que son: Coque, Electricidad, Combustóleo y Gas Natural, y en 1985 absorbieron el 84% del total del consumo final energético de la industria. Asimismo, se destaca la participación conjunta de los hidrocarburos (gas licuado, kerosinas, Diesel, Combustóleo, Gas no asociado y gas natural), al absorber el 75% del total de energía, y dentro de éstos son de especial importancia el combustóleo y el gas natural que representan el 65.26% del total de la energía consumida y la mayor parte de los hidrocarburos. Es en este sentido, evidente la dependencia de los hidrocarburos en el consumo energético de la industria.

Las referencias anteriores hacen alusión a la estructura del consumo energético de la industria en un solo año (1985), sin embargo, se observa en los cuadros mencionados que la participación de cada uno de los energéticos en el consumo total industrial ha venido modificándose considerablemente durante el periodo 1965-1985; es claro ver como la participación de algunos energéticos, por ejemplo la del gas natural, se ha incrementado a diferencia de otros que como el combustóleo que sufren una caída en su participación. Con el objeto de cuantificar de manera más

CUADRO 1-1

CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN MEDIO POR SECTORES  
(USOS ENERGÉTICOS)  
(MILL. KWH)  
1985

SECTOR	GAS ASOCIADO	BAGAZO DE CAÑA	LEÑA	SUBTOTAL ENERGÍA PRIMARIA	COQUE	GAS LICUADO	GASES Y VAPORES	PEROSINAS	DIESEL	COMBUSTIBLE	GAS	ELECTRICIDAD	SUBTOTAL ENERGÍA SECUNDARIA	TOTAL
RES. COMER. Y PUBL.	0.933		75.398	76.331		53.219		5.157	0.358	9.975	6.102	20.356	95.867	172.179
TRANSPORTE						11.514	152.393	15.281	77.647	4.149		6.559	261.551	261.551
AGROPECUARIO						0.316	0.067	4.465	13.491	0.017	0.002	4.267	23.663	23.663
INDUSTRIAL	10.768	17.666		28.434	19.377	3.722		0.940	13.560	67.813	127.460	35.342	263.172	291.616
TOTAL	11.701	17.666	75.398	104.705	19.377	68.521	152.398	25.739	105.491	78.954	133.564	66.524	643.593	748.298

ESTRUCTURA FINAL

SECTOR	GAS ASOCIADO	BAGAZO DE CAÑA	LEÑA	SUBTOTAL ENERGÍA PRIMARIA	COQUE	GAS LICUADO	GASES Y VAPORES	PEROSINAS	DIESEL	COMBUSTIBLE	GAS	ELECTRICIDAD	SUBTOTAL ENERGÍA SECUNDARIA	TOTAL
RES. COMER. Y PUBL.	7.977	0.00	100.00	72.90	0.00	71.56	0.00	29.37	6.74	12.96	4.57	33.63	14.90	33.03
TRANSPORTE	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	18.56	109.00	52.36	75.60	5.39	0.00	6.92	40.64	34.45
AGROPECUARIO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.45	0.00	17.09	17.24	0.00	0.00	7.05	3.50	3.00
INDUSTRIAL	72.03	100.00	0.00	27.80	19.00	5.43	0.00	1.52	12.80	81.62	75.43	73.39	40.69	38.96
TOTAL	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

FUENTE: BALANCE DE ENERGÍA 1985 SEREP

CUADRO 102

CONSUMO FINAL ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL 1965-1985  
(En millones de kilocalorías)

	Bagaço de caña	Carbón	Gas licuado	Gasolina	Diesel	Combustibles	Gas No asociado	Gas Natural	Electri- cidad	Total
1965	10,666	5,907	0,701	1,676	3,552	15,371	25,150	8,135	6,400	35,778
1966	11,745	7,182	0,742	1,767	3,877	16,115	26,264	11,429	7,112	44,746
1967	12,275	8,204	0,760	1,895	4,152	16,923	27,691	13,914	7,993	102,610
1968	11,623	9,619	0,859	1,967	4,618	14,512	28,416	17,707	8,992	109,193
1969	12,792	11,293	0,922	1,993	4,642	15,077	29,716	23,504	10,497	139,530
1970	12,196	10,836	0,972	1,742	5,495	15,117	31,941	27,060	11,568	125,696
1971	12,165	11,214	1,006	1,569	6,699	15,497	32,284	29,221	12,192	129,655
1972	11,847	11,411	1,036	1,459	7,773	15,886	32,836	37,749	14,169	140,241
1973	12,262	11,715	1,136	1,321	8,630	16,696	33,265	44,755	15,553	150,731
1974	13,713	14,715	1,181	1,232	9,258	16,164	33,412	45,659	16,491	163,269
1975	14,885	14,266	1,441	1,065	9,742	16,162	37,374	48,137	17,541	176,698
1976	12,397	15,657	1,474	1,065	9,742	16,162	37,374	51,154	19,110	189,723
1977	12,622	15,741	1,515	1,021	9,127	16,162	37,374	60,271	20,301	199,663
1978	14,979	15,836	1,473	1,021	9,127	16,162	37,374	78,265	21,837	216,375
1979	16,306	17,029	1,719	1,021	9,127	16,162	37,374	97,444	24,682	231,453
1980	15,415	17,115	1,732	1,021	10,494	16,162	37,374	97,417	25,596	237,430
1981	14,115	18,115	1,732	1,021	11,217	16,162	37,374	112,311	26,440	261,106
1982	15,183	18,415	1,732	1,021	11,758	16,162	37,374	131,285	27,765	274,520
1983	16,115	18,447	1,732	1,021	12,202	16,162	37,374	145,361	30,632	291,987
1984	16,336	19,701	1,732	1,021	12,151	16,162	37,374	157,474	33,356	299,687
1985	17,606	19,777	1,732	1,021	12,690	16,162	37,374	167,460	35,142	311,546

FUENTE: Balances Nacionales de Energía 1965-1985 SEMIP.

CUADRO I-3

CONSUMO FINAL ENERGÉTICO DEL SECTOR INDUSTRIAL 1965-1965  
(estructura porcentual)

	Bazazo de caña	Coque	Gas Licuado	Petrolinas	Diésel	Combustibles	Gas No asociado	Gas Natural	Electri- cidad	T o t a l
1965	12.43	6.96	1.83	1.95	4.14	27.25	36.99	7.46	100.00	
1966	11.96	7.52	1.76	1.83	4.04	27.41	37.74	7.51	100.00	
1967	11.96	7.00	1.74	1.65	4.05	25.27	36.91	7.79	100.00	
1968	10.93	6.84	1.75	1.67	4.16	27.83	34.65	6.71	100.00	
1969	10.61	6.37	1.71	1.36	4.02	26.83	34.65	6.71	100.00	
1970	9.69	6.03	1.77	1.33	4.36	18.91	34.37	7.46	100.00	
1971	9.36	6.05	1.71	1.23	4.31	18.26	34.96	9.93	100.00	
1972	8.45	6.05	1.77	1.17	4.43	19.76	34.28	10.24	100.00	
1973	8.79	6.47	1.73	1.09	4.44	19.76	34.28	10.32	100.00	
1974	8.46	6.01	1.61	1.06	4.45	21.55	36.42	9.96	100.00	
1975	7.90	6.22	1.62	1.07	4.31	25.06	35.63	10.02	100.00	
1976	6.56	6.29	1.61	1.07	4.19	26.44	35.63	10.29	100.00	
1977	6.72	6.16	1.49	1.02	4.17	24.64	36.16	11.13	100.00	
1978	6.52	6.15	1.49	1.02	4.37	24.64	36.16	10.55	100.00	
1979	6.25	7.15	1.49	1.02	4.13	21.41	37.15	10.70	100.00	
1980	6.44	6.87	1.64	1.01	4.14	19.41	37.40	10.94	100.00	
1981	6.43	6.63	1.65	1.01	4.10	19.41	37.40	10.99	100.00	
1982	6.50	6.92	1.63	1.04	4.10	20.20	37.52	10.90	100.00	
1983	6.51	7.01	1.62	1.04	4.05	19.20	37.55	10.49	100.00	
1984	6.57	7.01	1.56	1.07	4.70	19.21	37.30	11.53	100.00	
1985	6.64	6.63	1.59	1.01	4.63	21.54	37.69	12.12	100.00	

FUENTE: Empresas Nacionales de Energía 1965-1985 SEMIF.

CUADRO I-4

AUMENTO Y PÉRDIDA DE PARTICIPACIÓN DE LAS FORMAS DE ENERGÍA  
EN EL CONSUMO INDUSTRIAL (Rt)

	Bazazo de caña	Coque	Gas Licuado	Petrolinas	Diésel	Combustibles	Gas (1) natural	Electri- cidad	T o t a l
1965	12.43	6.96	1.83	1.95	4.14	27.25	36.99	7.46	100.00
1985	6.64	6.65	1.59	1.01	4.63	21.54	37.69	12.12	100.00
Rt	-5.79	-0.31	-0.24	-0.94	0.49	-5.70	0.70	4.66	-

(1) Incluye gas no asociado.  
FUENTE: CÁLCULOS DEL AUTOR.



precisa los efectos de sustitución entre los energéticos se calculan a continuación los indicadores denominados "de Penetración" (B<sub>i</sub>), mediante los cuales se calcula el grado de penetración de una forma de energía i que ha entrado en Progresión Relativa en el consumo total de la industria.

El indicador B<sub>i</sub> está definido como

$$B_i = \frac{R_i}{\sum R_j}$$

Donde:

R<sub>i</sub> = R<sub>in</sub> - R<sub>il</sub> expresa el incremento de la participación (penetración) de la forma de energía i en el consumo total entre los años l y n.

$\sum R_j$  Expresa la parte del mercado perdida por conjunto de las formas de energía que entraron en regresión relativa.

El cuadro I-4 muestra la participación del consumo de cada energético en el total para los años de 1965 y 1985 además de las diferencias entre estas participaciones ( R<sub>i</sub> = R<sub>in</sub> - R<sub>il</sub>) de las cuales se concluye que el bagazo de caña, el coque, las kerosinas y el combustóleo, fueron las formas energéticas que entraron en regresión relativa, es decir, se trata de aquellos energéticos que perdieron participación en el consumo total, asimismo se observa que el gas (G), la electricidad, el diesel y el gas licuado aumentaron su participación ó entraron en progresión relativa. Calculando los indicadores respectivos se tiene:

$\sum R_j$	=	(+6.39 bagazo de caña) + (-0.31 coque)	
		(+1.64 kerosinas) + (-5.71 combustóleo)	= 14.05
		0.47	
B <sub>bagazo</sub>	=	-----	= 0.033 = 3.3 %
		14.05	
		0.49	
B <sub>diesel</sub>	=	-----	= 0.035 = 3.5 %
		14.05	
		6.42	
B <sub>gas natural</sub>	=	-----	= 0.599 = 59.9 %
		14.05	
		4.66	
B <sub>electricidad</sub>	=	-----	= 0.332 = 33.2 %
		14.05	

(1) Dentro de la clasificación aquí expuesta se analizan conjuntamente el gas natural y el gas no asociado, dado que desde el punto de vista del balance energético ambos se consideran como gas natural, con la salvedad de que el gas no asociado se clasifica como fuente de energía primaria.

Los parámetros anteriores reflejan como el gas natural y la electricidad son las dos principales fuentes energéticas que han penetrado significativamente en el consumo industrial. La primera según el indicador respectivo (EPI y ECI) se tomó el 60% de la participación perdida por el conjunto de las fuentes energéticas que entraron en regresión relativa dentro de las cuales destaca el combustible, lo que sugiere un proceso de sustitución de este último por el gas natural. Asimismo, otra forma de energía que entra en regresión relativa es el carbón de coque, el que como se verá, es sustituido fuertemente por el combustible en la industria azucarera, hecho que refuerza las tendencias sustitutivas de este energético por el gas natural en las otras industrias. Por lo que se refiere al gas licuado y al diesel, logaron una penetración marginal de alrededor del 3,5% en el consumo energético industrial. Al igual que las kerosinas y el coque pierden participación a niveles mínimos.

### 3. EFICIENCIA EN EL CONSUMO ENERGÉTICO

El análisis hasta aquí presentado hace referencia a las características generales del consumo energético industrial, sin embargo, resulta importante cuantificar y analizar la eficiencia y nivel de aprovechamiento del mismo. Para tal efecto se han elaborado los siguientes indicadores (cuadro 1.5) con base en el consumo energético final total e industrial y el PIB nacional e industrial:

- La relación entre el PIB industrial y el PIB nacional, que refleja la participación del producto industrial en el total del producto. Ha tenido un lento crecimiento en el periodo 1965-1985 al pasar de 29,54% a 37,97% con una tasa promedio de crecimiento anual de 6,74%.
- Un comportamiento más acelerado ha tenido la participación del consumo energético industrial en el consumo total al pasar del 23,42% al 38,96% con un ritmo de crecimiento anual promedio de 1,93%.
- Con la relación de los dos indicadores anteriores se obtiene otro que puede considerarse como la relación energía/PIB industrial que mide la eficiencia del consumo energético de este sector con respecto al producto. Se observa que hasta el año de 1981 el indicador disminuye constantemente hasta alcanzar el valor de 0,319, lo que manifiesta un mejor aprovechamiento en el uso de los recursos energéticos en la industria, sin embargo, a partir de 1982 (fig. 1-1), la relación se incrementa notablemente, incluso a niveles superiores a los habidos en todo el período histórico analizado principalmente durante 1983 alcanzando la cifra de 1,257. El hecho de que después de un largo período en el que la eficiencia del consumo energético industrial mostró una tendencia sostenida favorable, se incrementa de manera drástica a los niveles mencionados, tiene que ver con la evolución de la actividad económica del sector. En efecto

CUADRO 1-5  
INDICADORES DEL SECTOR INDUSTRIAL  
(MILES DE MILLONES DE PESOS DE 1970;  
BILLONES DE PULCOCALORIAS)

	INDUSTRIA		TOTAL NACIONAL		PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA		CONSUMO/PIE
	CONSUMO	PIE	CONSUMO	PIE	CONSUMO	PIE	
1965	84,652	26,511	253,120	226,070	33,421	23,543	1.136
1966	81,839	27,411	271,445	241,795	34,044	26,213	1.142
1967	103,835	31,047	308,176	267,705	34,729	30,814	1.142
1968	104,644	31,021	328,731	284,124	34,517	26,537	1.107
1969	114,651	33,133	327,648	281,129	34,522	31,371	1.115
1970	116,735	34,324	343,255	281,129	34,606	31,495	1.096
1971	121,255	35,833	366,534	281,129	34,322	31,371	1.115
1972	137,840	36,946	384,121	311,111	34,194	31,259	1.145
1973	141,664	37,946	411,421	341,111	34,194	31,259	1.145
1974	151,121	38,121	431,121	371,121	34,121	31,121	1.125
1975	161,121	38,121	451,121	391,121	34,121	31,121	1.125
1976	171,121	38,121	471,121	411,121	34,121	31,121	1.125
1977	181,121	38,121	491,121	431,121	34,121	31,121	1.125
1978	191,121	38,121	511,121	451,121	34,121	31,121	1.125
1979	201,121	38,121	531,121	471,121	34,121	31,121	1.125
1980	211,121	38,121	551,121	491,121	34,121	31,121	1.125
1981	221,121	38,121	571,121	511,121	34,121	31,121	1.125
1982	231,121	38,121	591,121	531,121	34,121	31,121	1.125
1983	241,121	38,121	611,121	551,121	34,121	31,121	1.125
1984	251,121	38,121	631,121	571,121	34,121	31,121	1.125
1985	261,121	38,121	651,121	591,121	34,121	31,121	1.125

T.M.C. 1.4 6.531 7.121 7.441 7.821 8.201 8.741 9.281

(1) SE CONSIDERA MANUFACTURAS, CONSTRUCCION Y MINERIA.  
FUENTE: BALANZES DE ENERGIA SEMI Y SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES SPP.

Se aprecia que es precisamente en el año de 1982, cuando el PIB tanto de la industria como nacional, tienen un crecimiento negativo, y es también cuando el indicador que mide la eficiencia del consumo energético tiene el máximo nivel ya mencionado. El incremento de la ineficiencia sugiere de que ante un menor nivel de actividad industrial el consumo específico aumenta probablemente como consecuencia de la menor utilización de la capacidad instalada, debido a que la planta industrial requiere de niveles mínimos independientemente del nivel de producción. Asimismo, se observa que en los años 1982-1983 mientras el PIB industrial crece a una tasa negativa de -8.5%, el consumo de energía en el sector crece en 6.36% lo que refleja un uso desproporcionado e irracional de la energía en esos años.

La explicación del incremento en términos absolutos y relativos del consumo energético industrial se encuentra en las características del proceso de desarrollo económico, que ante la existencia de grandes reservas petroleras se establece una política de extracción masiva a fin de obtener un excedente exportable y cubrir la demanda interna a precios subsidiados, originando un consumo excesivo principalmente de los petrolíferos.

En lo que se refiere a los precios de la energía durante los últimos años, se observa en el cuadro I-6 la evolución de estos en términos reales, es evidente la caída de los precios en todas las formas de energía utilizadas en la industria hasta el año de 1982, a partir del cual se inicia la política de ajuste de precios y tarifas del sector público. La relación de precios entre el combustible y el gas natural en el periodo 1970-1982 manifiesta un comportamiento que favorece la sustitución entre ambos energéticos, en virtud de que el precio del combustible representa entre el 64% y 77% del precio del gas natural, hecho que ante las características más adecuadas en la utilización de éste último (pureza, menor grado de contaminación etc.), minimiza las diferencias entre los precios ya de por sí poco significativas. No obstante la tendencia de sustitución entre ambos energéticos, este proceso depende en gran medida de la infraestructura tecnológica y de distribución que posee cada rama productiva o industria para intercambiar el uso de los energéticos.

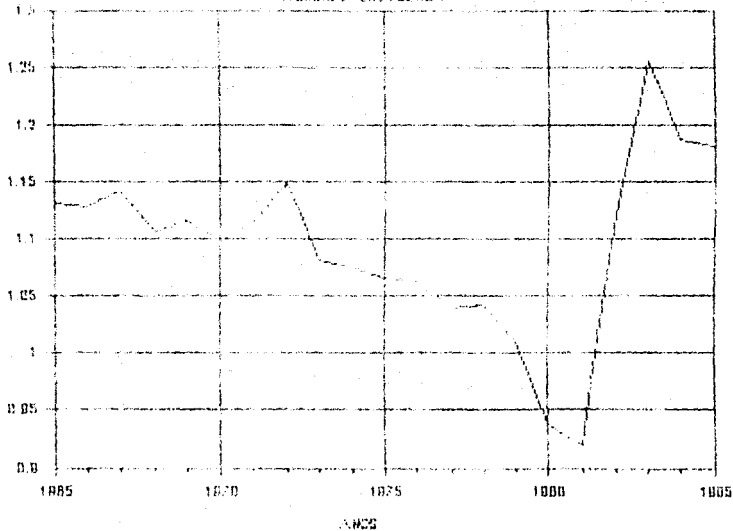
Con base en las apreciaciones anteriores pueden distinguirse a grandes rasgos dos períodos en los que la evolución del consumo energético y la del producto guardan una estrecha relación aunque en sentido diferente. En una primera etapa (1965-1975), la elasticidad-producto del consumo energético industrial es de 0.89, es decir, que ante un determinado incremento en el producto existe un incremento en el consumo de energía pero de menor magnitud, por el contrario, en el periodo 1976-1985, cuando prevalecen las condiciones de una oferta abundante a precios subsidiados la elasticidad crece a 1.14 donde el consumo de

ESTRUCTURA DE LA ENERGÍA EN LA INDUSTRIA  
 RESERVA DE 1970 POR MILLON DE KWH

AÑO	RESERVA MILLON KWH	RESERVA MILLON KWH	RESERVA MILLON KWH	RESERVA MILLON KWH	RESERVA MILLON KWH
1970	84.7	36.0	27.2	1.491	1.000
1971	87.1	37.6	27.7	1.511	1.000
1972	84.6	36.6	26.7	1.521	1.000
1973	77.0	30.7	23.2	1.531	1.000
1974	58.5	23.9	21.1	1.541	1.000
1975	72.5	30.1	21.1	1.551	1.000
1976	80.5	32.4	23.5	1.561	1.000
1977	127.9	50.3	27.1	0.494	0.522
1978	244.1	70.5	77.7	0.562	0.522
1979	252.7	67.5	117.0	0.557	0.577
1980	250.1	69.7	100.5	0.476	0.524
1981	200.4	50.2	100.2	0.249	0.503

(1) COMBUSTIBLES RESERVA  
 (2) RESERVA DE 1970 POR MILLON KWH  
 FUENTE: EVOLUCION DEL MERCADO ENERGETICO NACIONAL (BOGOTÁ)  
 1982. SUBDIRECCION DE PLANEACION Y COORDINACION. FEMER.  
 JUNIO 1982

SECTOR INDUSTRIAL  
 INTERIOR EN PORCENTO



energía se incrementa en proporciones mayores en relación al producto.

La importancia del control energético de la industria mexicana, la extrema dependencia de los hidrocarburos, el proceso de sustitución de combustibles por gas natural, y principalmente la acentuada ineficiencia del consumo aparecida durante los últimos años, producto de la crisis económica y de la política de precios bajos y oferta abundante de energía por otro, parecen ser las características más relevantes que presenta el consumo de energía en la industria que a nivel global manifiesta el análisis hasta aquí expuesto.

## II CONSUMO DE ENERGÍA EN LAS INDUSTRIAS GRANDES CONSUMIDORAS 1985

Si bien las consideraciones anteriores sobre el consumo de energía en la industria a nivel global especifican de manera clara el incremento de la insuficiencia en el consumo energético durante los últimos años y la estrecha dependencia de los hidrocarburos, se requiere del análisis detallado por rama o subsector industrial con el objeto de conocer el contenido energético de cada una de éstas y así poder determinar la magnitud del potencial de ahorro en la industria. Con base en el balance de energía se aprecia (cuadro II-1) que la industria mexicana depende en términos energéticos de varias ramas básicas intensivas en su consumo:

CUADRO II-1

### CONSUMO DE ENERGÍA FINAL EN LA INDUSTRIA

	KCAL E 12	%
Siderurgia	46.717	16.0
Petroquímica Básica	45.927	15.8
Azúcar	26.609	9.1
Cemento	25.739	8.8
Celulosa y Papel	11.573	4.0
Otras ramas	134.981	46.3
<b>Total Industrial</b>	<b>291.546</b>	<b>100.0</b>

Las cinco industrias señaladas de manera particular explican cerca del 54% del consumo energético industrial. Por tanto, una política que contemple un uso más eficiente y racional de la energía, debe orientarse principalmente hacia el logro de una mayor eficiencia en el uso de la energía en estas industrias, el cual se distribuye de manera diferente a lo largo de cada uno de los distintos procesos productivos. En la información

(1) Balance de energía 1985 SEMIP

contenida en la encuesta realizada por SEPAFIN (2). Pueden distinguirse las principales modalidades de los usos de la energía en la industria que aparecen en el cuadro II-2: son cuatro los rubros principales que pueden distinguirse:

- 1.- Combustibles de uso directo, cuyo uso se requiere para el calentamiento de gran variedad de hornos (altos hornos, de cimentación, de hogar abierto, etc.), que manejan temperaturas superiores a los 500 °C. Esta modalidad absorbe el 63% del total de la energía utilizada en la industria y para el caso de algunas ramas como el vidrio y el cemento representó un poco más del 90% del consumo de energía. En un porcentaje menor, pero no insignificante, está el uso directo de los combustibles en la siderurgia y la rama minera-metalúrgica con el 7% y 5%, respectivamente.
- 2.- Combustibles utilizados para generar vapor. En este rubro el uso de la energía depende del destino que se da al vapor: vapor para unidades productivas o para generación eléctrica. La primera se clasifica a su vez en vapor de alimentación directa (que se emplea exclusivamente para conducir calor con temperaturas de 100 °C a 300 °C) y vapor para tracción, principalmente en turbinas de vapor cuyos procesos requieren de temperatura inferior a los 100 °C. Las industrias química y papelería son las que utilizan la mayor cantidad de combustibles para generar vapor (36% y 62% del total de la energía respectivamente). Esta modalidad absorbe el 27% de la energía utilizada por la industria.
- 3.- Combustibles utilizados en generación eléctrica por combustión interna. Se refiere al uso de la energía principalmente en pequeñas plantas diesel y en grupos motores-generadores; y su participación resulta ser mínima en el total del consumo industrial y en todas las ramas productivas aquí consideradas.
- 4.- Electricidad comprada a la red nacional. De las necesidades de electricidad en la industria el 8.25% fue comprada directamente, en tanto que el resto fue cubierto mediante la autogeneración vía vapor que representa parte considerable en las industrias siderúrgica, papelería y química básica.

(2) MEXICO: Encuesta sobre consumo de energía en la industria en 1981 energéticos I-12 diciembre 1982.

NOTA: La encuesta abarcó a 298 industrias que tuvieron un consumo de 146.5 billones de kcal, en tanto el consumo total industrial - sin incluir petroquímica fué de 205 billones de kcal. Es decir, incluye el 71.5% del consumo total del sector.



CUADRO 11-2

USOS DE LA ENERGIA EN LA INDUSTRIA MEXICANA  
1961

(MILLAS DE EG9)

	Siderurgia	Minero Metalurgia	Cemento	Vidrio	Celulosas y papel	Quimica	Otros	Total
1. Combustibles de uso directo	46,389.8	10,162.4	18,788.0	6,146.6	575.5	7,239.2	3,235.5	92,537.1
2. Combustibles utilizados para generar vapor	7,621.1	4,125.0	68.8	69.5	3,351.4	14,765.8	3,988.3	39,970.9
2.1 Vapor para unidades productivas	4,169.3	2,939.8	68.8	69.5	6,673.2	13,525.0	3,622.7	31,065.3
2.1.1 Via de alimentacion 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 Via vapor de traccion	264.0	22.4	0.0	0.0	2,416.3	2,093.6	219.7	5,012.5
2.2 Generacion electrica	3,451.8	1,186.2	0.0	0.0	2,678.3	1,258.7	290.3	8,865.3
3. Combustibles utilizados en generacion electrica por combustion interna	1,572.3	168.4	0.1	0.4	0.0	126.3	34.7	1,914.2
4. Electricidad comprada	2,965.5	3,097.4	1,760.6	426.5	934.3	1,658.5	1,031.5	12,094.3
T O T A L	59,568.8	17,554.2	20,617.5	6,643.0	10,861.2	24,061.8	8,290.0	146,536.5

FUENTE: ENCUESTA SOBRE CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA EN 1961  
"ENERGETICOS" No. 12, DICIEMBRE 1962, SEPAPIN.

Las reedificaciones anteriores en torno a los usos de la energía en aquellas ramas con mayor peso en el consumo energético industrial, son de manifiesto. Aquellas fases de los diferentes procesos productivos que son susceptibles de analizar desde un punto de vista técnico con el objeto de concretizar ahorros de energía.

El contenido energético en cada una de las distintas ramas industriales depende de la elección tecnológica mediante la cual se lleva a cabo la producción y de las características económicas y sociales de esta última de tal manera que la interpretación acerca de la naturaleza de los consumos energéticos de las distintas industrias requiere del análisis detallado de las opciones tecnológicas y económicas establecidas en cada caso.

Resulta en este sentido, de particular importancia destacar las características económico-tecnológicas de cada rama industrial que tienen un peso significativo en el consumo energético del sector, además de establecer una visión de largo plazo acerca de la evolución de estos aspectos de acuerdo con las metas y previsiones oficiales, lo que servirá de base para la elaboración de escenarios consistentes aplicados a la metodología aquí utilizada para la previsión de la demanda energética en el sector industrial.

Puede apreciarse la importancia económica de las industrias grandes consideradas al observar su participación en el PIB industrial, que en conjunto representan el 8.5%, destacando la participación de la industria siderúrgica y del papel con 3.2% y 2.4% respectivamente. La participación de los sectores restantes se sitúa alrededor del 1% del valor del PIB industrial. Asimismo, se observa en el cuadro II-3 que con base en la clasificación industrial e puesta en el Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior, casi todas las industrias con excepción de la petroquímica básica y la celulosa, corresponden al sistema industrial endógeno (SIE) cuyas características principales radican en ser "menos vulnerable a los factores externos y está conformado por las ramas que han experimentado mayor grado relativo de integración y cuyo dinamismo es comparativamente más estable" (3). Por su parte, la producción de petroquímicos básicos se sitúa en el sector sustitutivo de importaciones (SESI), el que se constituye "por un conjunto de ramas que por su insuficiente integración han contribuido en menor grado al desarrollo autosostenido de la industria" (4), además de que en términos generales dependen del exterior en términos de insumos y tecnologías. Por lo que respecta al tipo de productos, la industria azucarera produce bienes de consumo, en tanto que las restantes son productoras de

-----  
(3) PRONAFICE pag.83

(4) op cit. pag. 85

insumos de amplia difusión, es decir, se trata de industrias básicas para el desarrollo económico, cuyos efectos multiplicadores al resto de la industria y de los demás sectores económicos son considerables.

La evolución del proceso de industrialización en México generó obstáculos y distorsiones en la conformación de la planta productiva, cuyas características principales al interior de su estructura radican en la incapacidad de la industria para autofinanciar su desarrollo, la falta de integración entre las diferentes ramas productivas que la conforman y con el resto de los sectores económicos, y el escaso desarrollo de una industria de bienes de capital, lo que genera una mayor dependencia con respecto al exterior dada la insuficiencia nacional para impulsar un verdadero desarrollo tecnológico.

A raíz de la crisis de la deuda externa y la baja en los precios del petróleo que pusieron de manifiesto la incapacidad del modelo de acumulación iniciado cuarenta años atrás para reproducir el sistema económico, el Estado se propone como una de las metas principales del desarrollo, abatir los desequilibrios y obstáculos que se presentan en el proceso de industrialización.

La estrategia emprendida tiende a modificar el patrón de industrialización vinculando el desarrollo del sector con el comercio exterior, de tal manera que logre abatirse el desequilibrio externo, y por tanto, pueda la industria financiar sus importaciones para lo cual "es necesario que las ramas de la industria manufacturera con mayor potencial exportador casi doblen su ritmo de crecimiento que las ramas que producen bienes e insumos básicos lo eleven significativamente, y que aquéllas que aún dependen del precio proceso sustitutivo de importaciones, crezcan a tasas menores que las históricas, de manera más selectiva" (5). En esta perspectiva se ubica al SIE como motor del desarrollo industrial el que deberá tener un papel mucho más activo y eficiente en los mercados internacionales.

Este hecho necesariamente implica una modernización de los procesos productivos a fin de abatir los costos reales que conjuntamente con una política de precios relativos que fomente las exportaciones, incrementará la participación del SIE en los mercados internacionales.

En este sentido, se prevé para las cinco ramas productivas aquí consideradas que logren un proceso desarrollo y reestructuración capaz de situarlas en el sector industrial

-----  
(5) op. cit. págs. 81-82

exportador (SIEP), constituido por aquellas ramas del SIE que pueden competir favorablemente en el mercado mundial.

El proceso de cambio en el patrón de crecimiento de estas industrias conlleva en sí mismo modernización tecnológica de las mismas, lo que se traduce en una mayor eficiencia en el aprovechamiento de los recursos, especialmente de los requerimientos energéticos.

La viabilidad de este proceso parece plausible si se observa la estrategia de modernización en cada una de las industrias. que para el caso de la siderúrgica el papel y el cemento, se plantea la imitación/asimilación como la forma más eficaz de adquirir nuevas tecnologías que han sido diseñadas en los países desarrollados bajo el criterio de optimizar y racionalizar los usos de la energía como consecuencia de la crisis petrolera de los años setentas. En el caso de las industrias de la petroquímica básica y la celulosa consiste en el desarrollo de nuevas tecnologías, que principalmente en la industria petroquímica básica deberán maximizar la eficiencia de los recursos energéticos.

CUADRO II-  
INDICADORES SOBRE LAS ILS (1)

SECTOR	PIB SECTORIAL	PARTI- CIPACION	CLASIFICACION PRONOSIS	IMAGEN- OBJETIVO	COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA	ESTRATEGIA
ENERGIA	1.421,5	0,19%	SIE	SIE	MEJIA	IMIT. ASIM.
PETROQUIMICA BASICA	1.421,5	0,21%	SESI	SIE	ALTA	OFENSIVA/INNOV.
CELULOSA Y PAPEL	1.111,1	0,43%	SESI/SIE	SIE/SIE	MEJIA/ALTA	IMIT. ASIM.
CEMENTO	1.111,4	0,41%	SIE	SIE	MEJIA	IMIT. ASIM.
ADICAR	1.177,4	0,72%	SIE	SIE	MEJIA	DEFENSIVA/IMIT.
SUBTOTAL ILS	55.495,7	0,48%				
TOTAL INDUSTRIA	100.000,0	100,0%				

(1) SE REFIERE A MANUFACTURAS Y CONSTRUCCION.

(2) INDICA LA UBICACION DE LOS ILS EN EL PAIS.

SIE = SECTORES INDUSTRIALES EXISTENTES

SESI = SECTORES INDUSTRIALES EN ESTADIO DE INNOVACIONES

SIE/SIE = SECTORES INDUSTRIALES EXISTENTES

SESI/SIE = SECTORES INDUSTRIALES EXISTENTES

ALTA = INDUSTRIA TRANSFORMADORA DE ALTA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA

MEJIA = INDUSTRIA TRANSFORMADORA DE BAJA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA

IMIT. ASIM. = INDUSTRIA TRANSFORMADORA DE BAJA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA

DEFENSIVA/IMIT. = INDUSTRIA TRANSFORMADORA DE BAJA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA

OFENSIVA/INNOV. = INDUSTRIA TRANSFORMADORA DE ALTA COMPLEJIDAD TECNOLÓGICA

### III MODELIZACIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA

#### 1. La Interfaz Economía-Energía:

##### a) Crecimiento Económico y Demanda de Energía

La previsión de la demanda de energía de los sectores productivos de una economía depende, básicamente de la evolución de dos variables: del nivel de actividad de cada sector, expresado mediante un indicador apropiado (valor agregado, producción bruta etc.), y de la intensidad energética o consumo específico, definida como la cantidad de energía necesaria para la producción de una unidad del indicador seleccionado.

Por consiguiente, los requerimientos energéticos son la resultante de dos factores: por una parte del crecimiento económico y de sus características (participación de los diferentes sectores) y por otra, de las condiciones y modalidades del aprovechamiento de la energía en los procesos productivos. Este último factor incluye, además de la estructura de los energéticos utilizados y sus posibilidades de sustitución, los cambios susceptibles de producirse en el uso de la energía, como resultado del progreso técnico en materia de ahorro y eficiencia.

El esquema resumido hasta aquí corresponde precisamente al enfoque adoptado por el modelo MEDEE-S para el análisis de la demanda futura de energía del sector industrial. En efecto, para cada uno de los subsectores o ramas consideradas, la relación básica que permite establecer la demanda de energía (DE) para cada período considerado está dada por la expresión:

$$DE = IE \cdot PIR$$

De acuerdo a la estructura del modelo, las dos variables señaladas son consideradas de manera exógena. El nivel de actividad sectorial se deduce a partir del producto interno bruto global (PIB) y de la fracción de cada sector en la estructura del PIB para cada uno de los períodos considerados. Por lo que refiere a la intensidad energética (IE), una vez conocido su valor para el año base, de acuerdo a la especificación del modelo, este evoluciona bajo la influencia de dos factores: el primero, efecto de estructura, tiene en cuenta los cambios de la intensidad energética debido a la composición o estructura de la producción; el segundo, efecto técnico, engloba los cambios en la intensidad debido a prácticas de conservación y ahorro de energía. Al igual que en el caso de las variables macroeconómicas, estos dos parámetros son considerados de manera exógena para cada período de previsión.

El hecho de considerar a estas dos variables de manera exógena e independiente presenta el riesgo de introducir cierto grado de inconsistencia e incoherencia en los estudios de previsión de la demanda de energía. Si bien el modelo MEDEE-S

parte del supuesto que las variables macroeconómicas (crecimiento de los sectores), son obtenidas a partir de los planes o estudios de crecimiento global, en la práctica, la aplicación del modelo, se confronta a los inconvenientes.

En primer lugar, la mayoría de previsiones macroeconómicas que sustentan los planes de desarrollo socioeconómico de los países son efectuadas dentro de una perspectiva de corto plazo. En segundo término, aun en el caso de que se disponga de previsiones a mediano y largo plazo, estas, por lo general, se refieren a macroagregados (crecimiento global del PIB, exportaciones, balanza de pagos etc.), a partir de los cuales no siempre es posible deducir directamente los valores de los indicadores necesarios para el estudio de previsión a largo plazo de la demanda de energía.

De aquí la necesidad de crear una interfase entre el análisis de la previsión de la demanda de energía y el crecimiento económico. El objetivo de esta interfase consiste en traducir, de una manera consistente y coherente, las implicaciones del desarrollo económico sobre las necesidades energéticas del sector productivo; permitiendo de esta manera, visualizar el impacto de las políticas alternativas de desarrollo sobre el crecimiento de la demanda de energía.

Bajo este criterio, el enfoque que se propone consiste en acoplar el modelo MEDEE-S un módulo macroeconómico que cumpliendo con los objetivos planteados, se adopte a las características y estructura de la metodología MEDEE-S. En resumen la función del submodelo macroeconómico es doble: En primer lugar, a partir de variables macroagregadas deducir el comportamiento de los sectores o subsectores productivos considerados en el modelo de demanda, y en segundo lugar, suministrar los indicadores pertinentes para el control de la evolución de otro tipo de parámetros que afectan el crecimiento de la demanda como, por ejemplo, las intensidades energéticas.

### b) Selección del Submodelo Macroeconómico

La selección de un submodelo macroeconómico que responda a los requerimientos señalados en el párrafo anterior se enfrentan a varias alternativas entre las cuales conviene señalar dos importantes: la utilización de un modelo de tipo econométrico, basado en el comportamiento de series históricas, y la aplicación de un modelo tipo insumo-producto.

En lo que se refiere a los modelos econométricos aun teniendo en cuenta su coherencia y sustento desde el punto de vista teórico y las ventajas operacionales de su utilización, conviene destacar ciertos aspectos que limitan su aplicación y la validez de sus resultados.

Primero, la rigidez de las relaciones en las que se basa

este tipo de modelos, no permiten incorporar al análisis la irrupción de nuevos factores que puedan afectar sensiblemente la evolución tendencial del fenómeno estudiado. En otras palabras, una vez definidas las variables e identificadas las ecuaciones del modelo, no es posible analizar el impacto de modificaciones de tipo cualitativo en el comportamiento de dichas variables.

Segundo, y como consecuencia de lo anterior, la invarianza estructural, característica de los modelos econométricos, conduce a postular implícitamente la permanencia de las relaciones de tipo estructural observadas en el pasado. Ahora bien, no existe ningún argumento que permita asegurar que esas relaciones se mantendrán en un futuro. Al contrario, los cambios radicales que han experimentado las economías de los países en los últimos años, han cuestionado seriamente ciertas relaciones consideradas hasta hoy como constantes dentro del sistema económico.

Por último, un aspecto que adquiere singular importancia en los momentos actuales es aquel que tiene que ver con las distorsiones producidas en las series históricas de agregados económicos, a causa de procesos de tipo inflacionario o hiperinflacionario, que en algunos casos, experimentan las economías de una gran parte de países.

Así por ejemplo, la evaluación de las Cuentas Nacionales tomando como referencia un año de base relativamente alejado, resulta inadecuada ya que los precios relativos pueden experimentar cambios bruscos de un año a otro. Los ponderadores relativos que incorporan la variación de los precios no son constantes a lo largo del tiempo, suponer que hay una constancia del período de base en adelante no es realista(1). En efecto, el crecimiento de la producción evaluada a precios de un año base, esta dada por:

$$y_t = \sum_{i,t-1} w_{i,t-1} * y_{i,t}$$

donde:

$y_t$  = crecimiento de la producción total

$y_{i,t}$  = crecimiento del i-ésimo exponente

$w_{i,t-1}$  = participación del componente i, en la producción total, en el período t-1, a precios del año base.

(1) García, P.; Serra, J. "Causas Y Efectos de la Crisis Económica en México"; El Colegio de México, 1985

El crecimiento de la producción entre los períodos  $t-1$  y  $t$  está dado por la expresión anterior y depende de los precios relativos prevaletientes en el año base. Los autores citados señalan que el efecto distorsionante de una elevada tasa de inflación hace que la planificación económica, en base a series históricas estructuradas bajo este criterio resulte prácticamente imposible, poner como ejemplo el cambio en la contabilidad nacional al modificar el año base de 1960 a 1970 ajustando drásticamente las estimaciones y por consiguiente, la mayor parte de los análisis económicos se vieron desprovistos de apoyo.

La segunda alternativa que se menciona al comienzo del presente apartado consiste en la implantación de un modelo de tipo insumo-producto. Aunque algunos de los problemas expuestos con anterioridad conciernen también al análisis insumo-producto; debe reconocerse sin embargo, que las propiedades estructurales de la matriz insumo-producto son menos sensibles ante los cambios coyunturales que experimentan las economías; especialmente en el caso de aquellas que se caracterizan por un alto grado de interdependencia entre los sectores productivos y con un nivel relativamente avanzado de desarrollo.

Dentro del contexto de aplicación y desarrollo de la metodología MEIEE-S para el caso de México, y como un primer intento por establecer una interfase directa entre la demanda de energía y el crecimiento económico, se ha incorporado al modelo un módulo macroeconómico, basado en el análisis insumo-producto.

### el El Análisis Insumo-Producto

El objetivo principal del análisis insumo producto consiste en traducir la demanda final de la economía en términos de la producción bruta de cada uno de los sectores productivos. El balance oferta-demanda para cada sector  $i$ ,  $i=1, \dots, n$  se expresa mediante la siguiente ecuación de equilibrio:

$$X_i + M_i = \sum_j x_{i,j} + C_i + G_i + I_i + E_i \quad (1.1)$$

en donde:

$X_i$  = producción bruta de la rama  $i$

$M_i$

= importaciones

$x_{i,j}$

= demanda intermedia del sector  $j$  proveniente de la rama  $i$

$C_i$  = consumo privado

$G_i$



- G = consumo del sector público
- I = inversiones (incluida la variación de inventarios)
- E = exportaciones

Bajo la hipótesis de una relación constante entre la producción bruta de cada sector y los insumos intermedios, es decir:

$$X = A \cdot X + G + I + E \quad (1.2)$$

la ecuación (1.1) se expresa, en notación matricial, mediante la relación.

$$(I - A) \cdot X + M = F \quad (1.3)$$

en donde X, M y F constituyen vectores que representan la producción bruta, las importaciones y la demanda final, respectivamente; A es la matriz de coeficientes técnicos, cuyos elementos se definen a partir de la relación (1.2), e I denota la matriz unitaria.

Considerando la demanda final y las importaciones como variables exógenas y asumiendo que existe la matriz inversa de la matriz (I-A), el modelo descrito por la ecuación (1.3) tiene una solución única:

$$X = (I - A)^{-1} \cdot (F - M) \quad (1.4)$$

Evidentemente la expresión (1.4) resulta indeterminada ya que una fracción de las importaciones M, constituye la demanda de importaciones para el consumo intermedio; cuyo valor puede ser conocido solamente con la previa la determinación del vector de la producción bruta, X.

La observación anterior conduce a considerar el vector de importaciones como una variable endógena del modelo. Dentro de la abundante literatura sobre el análisis insumo producto se distinguen dos enfoques alternativos para el tratamiento de las importaciones.

El primer enfoque consiste en clasificar las importaciones competitivas (Mc), y en importaciones no competitivas; de tal manera que únicamente las primeras intervienen como variables exógenas del modelo. En este caso, la producción bruta de los sectores se determina a partir de la expresión siguiente:

$$X = (I - A)^{-1} * (F + Mc) \quad (1.5)$$

La distinción entre importaciones no competitivas y no competitivas, en la mayoría de los casos no es evidente y plantea problemas de definición. En principio no se trata solamente de las importaciones de tipo alimentos y maquinaria, cuya producción doméstica es posible a mediano plazo y a costos comparables puede ser clasificada como competitiva. De todas maneras la identificación de cada categoría de importaciones exige de estudios detallados a nivel de cada una de las ramas que constituyen los diferentes sectores productivos.

Desde el punto de vista práctico, una solución posible consiste en definir las importaciones competitivas mediante la relación:

$$Mc = (I - D)^{-1} * A * X + (I - D)^{-1} * Fd \quad (1.5)$$

en donde  $Fd$  representa el vector de la demanda final proveniente de la producción doméstica (consumo privado + consumo público inversiones), y  $D$  es una matriz diagonal cuyos elementos constituyen la fracción de la oferta global de cada sector proveniente de la producción interna. De esta manera, los elementos de la matriz  $(I-D)$  denotan la fracción de la oferta proveniente de las importaciones competitivas.

Sustituyendo la expresión (1.5) en la ecuación de equilibrio (1.1) se tiene que:

$$X = D * A * X + D * Fd + E \quad (1.6)$$

y por lo tanto, la solución del modelo estará dada por la expresión:

$$X = (I - D * A)^{-1} * (D * Fd + E) \quad (1.7)$$

De esta manera, dadas la demanda final y la fracción de la oferta total proveniente de las importaciones, es posible determinar la producción bruta de cada uno de los sectores de la economía. Es importante señalar que los elementos de la matriz  $D$  reflejan los cambios en políticas de sustitución de importaciones. Teniendo en cuenta el impacto de estas políticas sobre el crecimiento de los países en vías de desarrollo estos parámetros constituyen un indicador importante en la definición de los escenarios macroeconómicos.

Una segunda alternativa utilizada en el presente trabajo, consiste en tratar las importaciones separadamente del resto de

las transacciones de la economía, lo que exige la disponibilidad de una matriz insumo producto de importaciones denotada por:

$A_d$  = matriz de coeficientes técnicos de la producción doméstica

$A_m$  = matriz de coeficientes técnicos de importaciones;

$F_m$  = vector de la demanda final importada;

el sistema de ecuaciones de equilibrio toma la forma:

$$X = A_d X + F_d + E; \quad (1.8)$$

cuya solución está dada por la expresión:

$$X = (I - A_d)^{-1} (F_d + E) \quad (1.9)$$

A partir del vector de la producción bruta  $X$ , y de la matriz de importaciones, la demanda total de importaciones se determina mediante el sistema de ecuaciones siguientes:

$$M = A_m X + F_m \quad (1.10)$$

Las expresiones (1.9) y (1.10) constituyen el sistema de ecuaciones que permite determinar la producción total de los sectores económicos a partir de una demanda final dada exógenamente.

El modelo insumo - producto constituye una herramienta que permite analizar las complejas interrelaciones del sistema productivo de una economía. Este enfoque basado, por un lado en la estructura de los requerimientos de insumos que los distintos sectores requieren para su actividad (funciones de producción), y por otro, en la demanda prevista de bienes finales, posibilita calcular los niveles de producción sectorial para la satisfacción de dicha demanda final. Sin embargo, es necesario puntualizar sobre las limitaciones y simplificaciones del modelo a fin de establecer con claridad de validez y alcance de los resultados que se obtienen bajo su aplicación.

Se debe tener presente que el análisis insumo-producto parte de funciones lineales de producción. Esta hipótesis, que resulta aceptable a corto plazo, puede conducir a la introducción de un

sesgo significativo en el análisis a largo plazo, al dejar a un lado los cambios en la estructura de la producción de los sectores; especialmente aquellos derivados del efecto de economías de escala.

Como consecuencia del punto anterior, la hipótesis de coeficientes técnicos de producción constantes, resulta bastante restrictiva. Entre las diversas alternativas propuestas, a fin de superar al menos parcialmente esta limitación, se presenta la actualización y proyección de la matriz insumo-producto, conjuntamente con la dinamización de aquellos coeficientes susceptibles de variar significativamente durante el período de tiempo analizado.

Por último, una hipótesis implícita en la especificación de la ecuación de equilibrio (1.1) consiste en suponer que cada sector produce un único bien homogéneo, que puede ser destinado ya sea al consumo interno, a la formación de capital o a la exportación. Frente a esta simplificación de carácter restrictivo que plantea la agregación sectorial, la única solución consiste en definir un esquema de desagregación que permita una correcta aprehensión de la dinámica de los sectores productivos, en función de los objetivos del análisis: en este caso, de la evolución futura de la demanda de energía.

### 5.1) La Demanda Final de la Economía

Bajo el esquema del análisis insumo-producto, la demanda final de la economía constituye el factor que dinamiza el comportamiento de los sectores productivos. En efecto, de acuerdo al modelo especificado en el párrafo anterior, el crecimiento de cada uno de los sectores depende de las expectativas de crecimiento y patrones de consumo de cada uno de los componentes que conforman la demanda final.

Teniendo en cuenta el peso del consumo de los hogares o consumo privado en el total de la demanda final (en general más del 60%), especial atención merece el tratamiento de este componente dentro de la previsión de la demanda final. En el presente estudio, se calcula el consumo sectorial privado a partir de series históricas sobre el consumo total, correlacionándolo a través de elasticidades con el consumo sectorial. Setiene que:

$$\frac{C_i(t)}{P(t)} = K_i \frac{\sum_{j=1}^n C_j(t)}{\sum_{j=1}^n P_j(t)} \quad ; \quad i = 1, \dots, n \quad (2.1)$$

donde:

$P(t)$  = población total en el periodo  $t$ ;  
 $C(t)$  = consumo privado total;  
 $e_i$  = elasticidad de Engel;  
 $K_i$  = Constante.

La ecuación (2.1) establece que el consumo privado de bienes del sector  $i$ , depende del consumo privado total, de la población dependiente e expresada mediante las elasticidades del consumo sectorial con respecto al consumo total. De esta manera, mediante el empleo de series históricas sobre la estructura del consumo privado es posible determinar el valor de los parámetros  $e_i$  y  $K_i$ .

En general, la expresión (2.1) puede conducir a estimaciones del consumo sectorial, cuya suma no coincida con el total del consumo privado; es decir, esta ecuación no garantiza la condición de aditividad:

$$\sum_i C_i(t) \neq C(t) \quad (2.2)$$

A fin de asegurar el cumplimiento de esta última condición, resulta más conveniente linearizar (descomposición en serie de Taylor) la función (2.1) alrededor de un año de base ( $t = t_0$ ) y establecer las previsiones a partir de este año de referencia.

La expresión resultante es la siguiente:

$$C_i(t) = e_i \frac{C_i(t_0)}{C(t_0)} C(t) + (1-e_i) \frac{C_i(t_0)}{P(t_0)} P(t) \quad (2.3)$$

A partir de esta última expresión se deduce que la condición de aditividad (2.2) implica que las elasticidades  $e_i$  deben satisfacer la condición de normalización:

$$\sum_i \frac{C_i(t_0)}{C(t_0)} e_i = 1 \quad (2.4)$$

En resumen se tiene que: dados para cada periodo de previsión, el consumo privado total  $C(t)$ , la población  $P(t)$  y las elasticidades  $e_i$ , obtenidas a partir de series históricas (Cuentas Nacionales), es posible estimar las previsiones del consumo privado para cada uno de los sectores económicos

considerados.

Respecto a la estimación del resto de componentes de la demanda final, en el contexto del presente análisis no se ha incluido un tratamiento formal y detallado que permita prever su comportamiento futuro. La demanda de exportaciones está sujeta a sensibles variaciones de orden coyuntural que escapan del control y de la decisión de los países. Por otra parte, el gasto público así como las inversiones responden a estrategias concretas dentro de una política de desarrollo económico. Por lo tanto, el enfoque adoptado en el presente estudio consiste en postular exógenamente la evolución del total de inversiones, exportaciones y consumo del gobierno (variables de escenario) y su desagregación en demanda sectoriales de efectos de acuerdo a la estructura de la matriz de la demanda final del año de referencia. De todas maneras se deja abierta la posibilidad de modificar dicha estructura de la demanda de cada uno de los componentes.

## 2. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL MODELO MEIEE-S Y DEL SUBMODELO MACROECONÓMICO

### a) Modelo MEIEE-S

El modelo MEIEE-S (Modelo de evaluación de la demanda de energía para los países del sur 2/), fue creado con el propósito de evaluar la demanda de energía en los países en desarrollo. Es un modelo tecnicoeconómico de tipo contable, es decir, que la evolución de los determinantes de la demanda de energía se definen de manera estricta. Entre este tipo de determinantes pueden citarse, la evolución de los niveles de satisfacción de las necesidades de los individuos, los niveles de actividad económica, la distribución de la población en diferentes grupos, los cambios tecnológicos y los procesos de sustitución entre las diferentes formas de energía, etc.

En términos generales, la forma de operar del modelo se efectúa mediante la transformación de la demanda de energía final, (carbón, electricidad, gas, etc.), en energía útil (calor de un proceso, energía mecánica, etc.), cuya intensidad depende de las tecnologías utilizadas para satisfacer las necesidades sociales o para realizar las actividades productivas.

Son principalmente factores de índole socioeconómico y tecnológico los que determinan de manera directa la demanda de energía final, por tanto, una adaptación correcta de la metodología MEIEE-S al caso de las industrias grandes consumidoras mexicanas, implica necesariamente un estudio detallado del impacto de los cambios estructurales en el desarrollo socioeconómico y tecnológico que inciden sobre la demanda de energía en una perspectiva de corto y mediano plazos; asimismo, es necesario la desagregación de dichos elementos a fin de conformar y contabilizar adecuadamente la evolución de determinantes de la demanda energética.

La metodología MEIEE-S puede resumirse en los siguientes puntos:

- Desagregación de la demanda total de energía en módulos homogéneos, cuya clasificación depende de los objetivos de la investigación y de la disponibilidad de información.

- Análisis de los elementos sociales, económicos y tecnológicos que determinan la demanda de energía a largo plazo, así como la identificación de las interrelaciones existentes entre ellos.

(2) Fue diseñado en el Instituto Económico y Jurídico de la Energía y en el Centro Universitario de Cálculo Grenoble, Francia (CICG), por Bruno Lapillone.

- Organización de los elementos que determinan la demanda de energía por orden de importancia, desde el análisis macro hasta el microeconómico.

- Construcción de un modelo de simulación, de insumo producto en este caso, y un escenario asociado para simplificar la estructura socioeconómica del sistema haciendo una selección de los elementos que pueden calcularse de manera exógena.

- Del análisis de la demanda de energía en cada uno de los sectores o subsectores económicos puede conocerse claramente cuáles son las variables que determinan dicha demanda, y por consiguiente, el modelo especifica aquellas que pueden ser consideradas de control de política energética.

- Este modelo puede ser usado para la construcción de balances de consumo de energía por diferentes usos, con base a interacciones sucesivas con el objeto de obtener el consumo por sectores característicos de los balances clásicos de energía.

- Permite cuantificar en forma rápida y clara las implicaciones de ciertos cambios o de escenarios de desarrollo sobre la evaluación de la demanda de energía.

El Modelo MEDEE-5 presenta ciertas ventajas desde el punto de vista de su formulación matemática, que justifican su utilización en la presente investigación (3).

El esfuerzo por establecer una interfase entre el análisis de la demanda de energía y la evolución de la economía (submodelo macroeconómico) así como los cambios en el cálculo de las intensidades energéticas han obligado a modificar sensiblemente la configuración original del modelo MEDEE-5, la cual comprende los siguientes programas:

- un programa interactivo MAP MEDEE-5;
- un programa principal MEDEE-5;
- un subprograma para la modelización de las variables microeconómicas; constituido por varias subrutinas algunas de utilización opcional;
- una serie de subprogramas que constituyen los módulos de base para la modelización de los cinco sectores considerados en el modelo: agricultura, industria, transporte, servicios y sector residencial;
- un conjunto de subrutinas o módulos anexos cuya

-----  
(2) La forma de cálculo de la demanda de energía para los sectores productivos aquí considerados se especifica en las ecuaciones del Anexo I.



utilización es opcional y depende de la configuración del modelo, definida mediante el programa MAP-MEDEE.

El modelo requiere cuatro tipos de variables (Ver Anexo 1):

- 1.- Las variables de comando que definen la configuración deseada del modelo: características generales de ejecución (Número de periodos de simulación, selección de la unidad para la edición de los resultados), configuración del módulo macroeconómico, selección de los sectores a ser modelizados, opciones de cálculo, utilización de los módulos anejos. A cada configuración de las variables el programa MAP-MEDEE tiene como función generar los archivos correspondientes mediante una lectura interactiva de las variables de comando.
- 2.- Las variables iniciales o variables del año de base: que constituyen una descripción completa del consumo de energía en el año de referencia.
- 3.- Las variables exógenas, que representan los valores de ciertos determinantes de la demanda, sujetos a variaciones limitadas dentro del horizonte de tiempo considerado.
- 4.- Las variables de escenario que constituyen los indicadores de los diferentes escenarios analizados.

Bajo el criterio de una mayor flexibilidad en el manejo de la información, los archivos de datos han sido organizados de acuerdo a los diferentes sectores, como se indica en el cuadro III-1.

CUADRO III 1  
ARCHIVOS DE DATOS DEL MODELO MEDEE-S

Nombre del archivo	Contenido
COMAND.DAT	Variables de Comando
POBMAC.DAT	Variables demográficas y económicas
INDUST.DAT	
RESIDE.DAT	Variables de base, endógenas y de escenario para los sectores industria
SERVIS.DAT	
TRANSP.DAT	Trasl. residencial, servicios transporte y servicio tur.
AGRICUL.DAT	

El algoritmo de ejecución del modelo comprende las siguientes etapas (ver figura III-1):

- La primera fase consiste en la lectura de las variables de comando.

- En segundo lugar, el programa principal MEDEE-S llama al submodelo macroeconómico, cuya ejecución para todos los periodos de simulación, da como resultado las variables macroeconómicas a ser utilizadas, por las subrutinas correspondientes en la modelización de la demanda de energía de los sectores considerados.

- En base a las variables de comando y a los subprogramas respectivos, el programa principal procede a la lectura de las variables en cada sector.

- A continuación empieza el cálculo de la demanda de energía para cada uno de los periodos analizados mediante la utilización de módulos de base y de los submódulos opcionales.

- El algoritmo termina con la edición de los resultados previamente almacenados para cada uno de los periodos en archivos temporales, a fin de reducir la memoria central del computador.

#### b) Submodelo Macroeconómico

Al igual que el resto del modelo los datos de entrada del submodelo macroeconómico comprenden cuatro tipos de variables (Cuadro III-2):

- a) Variables de Comando, cuya entrada se efectúa de manera interactiva mediante el sub-programa MAP-MEDEE. Estos comandos permiten estructurar el archivo de datos (POBMAC.DAT), de acuerdo a las características siguientes:

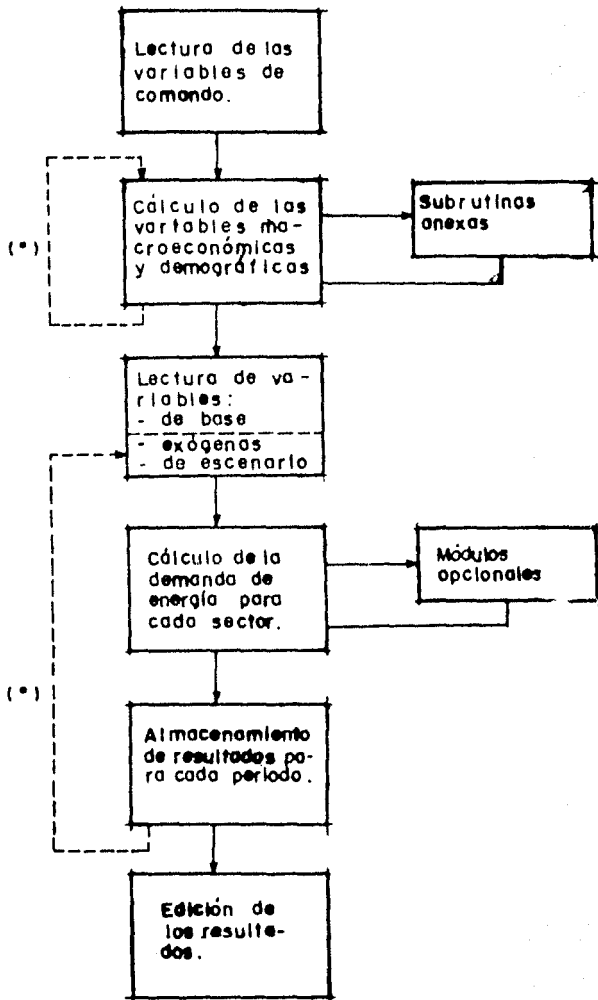
- nivel de desagregación de los sectores;
- número de componentes de la demanda final;
- utilización de sub-modelos anejos.

- b) Variables del año base: matriz de insumo-producto y matriz de importaciones.

- c) Variables exógenas: elasticidades del consumo privado sectorial con respecto al consumo total.

- d) Variables de escenario: variables demográficas, tasa de crecimiento de los componentes de la demanda final y fracción de la demanda importada.

FIGURA III - 1  
 ALGORITMO DEL MODELO MEDEE-S



(\*) Iteración para cada año de simulación

El programa está estructurado en forma modular y su algoritmo de ejecución comprende las siguientes etapas:

- A partir de programa principal (MEDEES), se procede a la lectura de variables de comando:

- la ejecución del submodelo macroeconómico empieza con la lectura de variables según los formatos definidos por el programa MAP-MEDEE;

- de acuerdo a los valores de las variables de comando IPRIV, se procede al cálculo de la demanda privada por sectores;

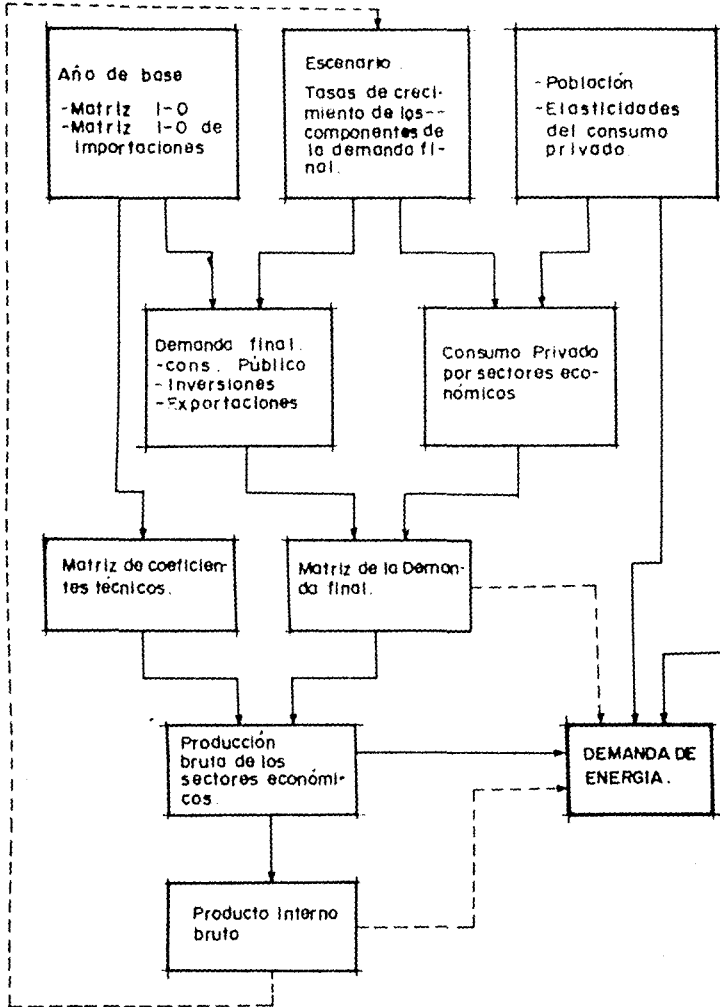
- posteriormente el modelo calcula la matriz de coeficientes técnicos y la matriz inversa de Leontief;

- en base a la matriz de demanda final y a la matriz inversa se determinan los niveles de actividad de los sectores productivos;

- finalmente, el programa procede a la edición de los resultados para cada año de simulación. Los resultados que son requeridos para el cálculo de la demanda de energía son almacenados en un bloque de datos (COMMON/MEDEE/), de donde son leídos directamente por las subrutinas correspondientes (ver fig. III-2).

FIGURA III - 2

ALGORITMO DEL MODULO MACROECONOMICO



CUADRO III 2  
LISTA DE VARIABLES MACROECONOMICAS

Nombre	Unidad	Definición y comentarios
<b>1. VARIABLES DE COMANDO</b>		
NSUBST	(1,6)	Número de sectores industriales de base.
NBIGCE	(0,6)	Número de industrias intensivas en energía.
OPSTEE	Binaria	Se considera o no la siderurgia. Nota: Independientemente de los sectores definidos por las variables anteriores el modelo considera para todos los casos los cuatro sectores: Agricultura, energía, construcción, servicios. El número total de sectores es igual a: $N = 4 + NSUBST + NBIGCE + OPSTEE$
MDEM	(1,4)	Número de componentes de la demanda final (consumo privado, consumo público, inversiones, export.)
IRAST	Binaria	Opción para la actualización de la matriz de transacciones.
IPRIV	Binaria	Opción para el cálculo del consumo privado.
<b>2. VARIABLES DE BASE</b>		
A(I, J)	Unidad Monetaria	Matriz de transacciones interindustriales (n sectores)
AI(I, J)	Unidad Monetaria	Matriz de importaciones (n sect.)
D(I, J)	Unidad Monetaria	Matriz de la demanda final (n sectores, m componentes)
DI(I, J)	Unidad Monetaria	Matriz de la demanda final import.

CUADRO III-2 (continuación)

3. VARIABLES EXOGENAS

ELAST(I)		Elasticidades del consumo privado (caso IPRIV = 1)
TOTI(I)*	Unidad Monetaria	Márgenes por filas para la actualización de la matriz (IRAS 1)
TOTJ(J)*	Unidad Monetaria	Idem por columnas (IRAS 1)

4. VARIABLES DE ESCENARIO

PPIMP	Fracción	Fracción de importaciones en la demanda final total.
TCPRIV	%	
TCPUBL	%	Tasas de crecimiento anual del consumo privado, consumo público, inversiones y exportaciones.
TCINVE	%	
TCEXPO	%	

\* variables que corresponden a la opción de utilizar el método de actualización de insumo producto, que en la presente investigación se aplica.

### 3. CASO DE APLICACION

A partir de la exposición desarrollada a lo largo del presente capítulo, pueden distinguirse dentro de la metodología utilizada para el cálculo de la demanda de energía dos casos de aplicación: el submodelo Macroeconómico y el modelo MEDEE-S. El primero representa un instrumento de apoyo al modelo MEDEE-S suministrando los indicadores económicos pertinentes. La parte restante del capítulo se limita a señalar las especificaciones de la aplicación del submodelo macroeconómico, en virtud de que el análisis prospectivo correspondiente a la demanda de energía, se realiza conjuntamente con el análisis de los determinantes energéticos de cada industria en el capítulo siguiente.

#### al La Matriz del Año de Base

La aplicación del submodelo macroeconómico se basó en la matriz de insumo-producto del año 1980 (3), la cual tiene como objetivos básicos actualizar a 1980 las funciones de producción, y por tanto, servir de marco de referencia para analizar el conjunto de las relaciones interindustriales de la economía mexicana, conocidas a través de las matrices de 1970, 1975 y 1978; de esta manera, una nueva base de cálculo para las cuentas nacionales a precios corrientes y constantes, para el periodo que inicia en 1980.

La matriz 1980 está integrada dentro del Sistema de Cuentas Nacionales mediante la utilización de la información correspondiente a los datos macroeconómicos que conforman el sistema de Cuentas Consolidadas de la Nación, las Cuentas de Producción y los Cuadros de Oferta y Utilización de Bienes y Servicios. Estos macroagregados constituyen el marco de referencia de la matriz.

La matriz en su versión original presenta un nivel de desagregación de 72 ramas de actividad. La submatriz de la demanda final está constituida por cinco componentes: consumo privado, consumo público, formación bruta de capital, variación de existencias y exportaciones. Las cifras están valoradas a precios corrientes de producción. Es necesario señalar que las cifras de la matriz de 1980 no son comparables con las correspondientes a las matrices anteriores, debido a modificaciones sustanciales introducidas a nivel de la evaluación de ciertas actividades y por el hecho de haber considerado que algunas otras no habían sido especificadas anteriormente.

-----  
(3) MATRIZ DE INSUMO PRODUCTO 1980: INEGI-FNUD,S.A.P. 1986.



Para fines del presente estudio, la matriz ha sido agregada a nivel de 11 ramas o sectores productivos (cuadro III-3), dentro de los cuales el sector industrial abarca nueve: cuatro sectores de base (Minería y Metales no metálicos, Alimentos y Bebidas, Química y Manufacturas) y cinco industrias grandes consumidoras de energía (Azúcar, Papel, Petroquímica Básica, Cemento y Siderurgia). En cuanto a la demanda final, esta ha sido agregada a nivel de cuatro componentes, considerando en forma conjunta la formación bruta de capital y la variación de existencias. Los cuadros III-4 y III-5 presentan las matrices de insumo-producto de transacciones nacionales y de importaciones respectivamente.

### El Nivel de la Demanda Final

El cuadro III-6 presenta una serie histórica de los componentes de la demanda final de la economía mexicana de acuerdo con la desagregación utilizada en esta investigación, y puede apreciarse que el consumo final privado constituye para casi todos los años cerca de los 2/3 partes de la demanda final total. Por esta razón para la estimación de dicho componente se ha utilizado la metodología descrita en el primer apartado de este capítulo.

Las previsiones del consumo privado se basan en las estimaciones de las elasticidades del consumo sectorial con respecto al consumo total. Las series históricas corresponden a las cuentas nacionales del periodo 1970-1980.

Respecto a la estimación de las elasticidades conviene destacar los siguientes aspectos:

- Las series históricas utilizadas están expresadas en moneda constante (pesos de 1970) a precios de comprador.
- El nivel de desagregación de las series históricas no coincide en algunos casos con la desagregación sectorial de la matriz insumo-producto. Este hecho obligó en algunos casos, a tomar las elasticidades de sectores similares en cuanto al producto y al comportamiento de los consumidores. Así por ejemplo, para el sector Azúcar se tomó la elasticidad del sector sector Alimentos, Bebidas y Tabaco. De igual manera se procedió con los sectores Refinación de Petróleo y Papel, para los cuales se utilizaron las elasticidades de los sectores Química-Refinación y Textil, Madera y Papel, respectivamente.
- Una primera estimación de las elasticidades dió como resultado que no cumplían con la condición de aditividad (expresión 2.2), por lo cual se procedió a su normalización con base en las fórmulas 2.3 y 2.4.

CUADRO III-3  
AGREGACION DE LA MATRIZ DE INSUMOS PRODUCTO

SECTOR	A A M H S
1. AGRICULTURA	agricultura (1), ganadería (2), silvicultura (3), caza y pesca (4).
2. PETROLEO GAS	extracción de petróleo y gas, refinación de petróleo (3).
3. CONSTRUCCION	construcción e instalaciones (6).
4. MINERIA + MINERALES NO METALICOS	carbón y derivados (5), mineral de hierro (7), minerales metálicos no ferrosos (8), canteras y arena (9), otros minerales no metálicos (10), vidrio y sus productos (43), otros productos de minerales no metálicos (45).
5. ALIMENTOS, BEBIDAS Y TABACO	productos cárnicos y lácteos (1), envasado de frutas y legumbres (2), productos de trigo (13), néctar, productos de maíz (14), procesamiento de café (15), otros productos alimenticios (19), bebidas alcohólicas (2), cerveza (21), refrescos (22), tabaco y sus productos (23).
6. QUIMICA	química básica (35), otros y fertilizantes (36), resinas y fibras (27), productos medicinales (38), jabones y cosméticos (39), otras industrias químicas (40), productos de hule (41), artículos de plástico (42).
7. OTRAS MANUFACTURAS	hilado fibras blandas (24), hilado fibras duras (25), otras industrias textiles (26), prendas de vestir (27), cuero y sus productos (28), aserraderos (29), otras industrias de la madera (30), imprentas editoriales (32), metales no ferrosos (47), accesorios metálicos (48), estructuras metálicas (49), otros productos metálicos (50), maquinaria y equipo no eléctrico (51), maquinaria y aparatos eléctricos (52), aparatos electrónicos (53), equipos electrónicos (54), otros equipos electrónicos (55), vehículos (56), carrocerías (57), material de transporte (58), otras manufacturas (59).
8. AZUCAR	azúcar y subproductos (16)
9. PAPEL	papel y cartón (31)
10. PETROQUIMICA	petroquímica básica (14)

CUADRO III-3 CON TUBACION

11. CEMENTO	Cemento (44)
12. SIDERURGIA	Industrias básicas del hierro y acero (46)
13. SERVICIOS	servicios de educación (69), servicios médicos (70), servicios de hospedaje (71), otros servicios (71)

FUENTE: MATRIZ DE INGRESO PRODUCTO 1980. INEGI SFP 1986.

NOTA: Los números encerrados entre paréntesis indican el número del sector en la matriz original.

CUADRO 111-3 COMPARACION

11. CEMENTO	Cemento (44)
12. SIDERURGIA	Industrias básicas del hierro y acero (46)
13. SERVICIOS	Servicios de educación (69), servicios médicos (70), servicios de esparcimiento (71), otros servicios (71)

FUENTE: MATRIZ DE INGRESO-PRODUCTO 1980. INEGI SPP 1986.

NOTA: Los números encerrados entre paréntesis indican el número del sector en la matriz original.

CUADRO III.4  
MATRIZ DE INSUMOS PRODUCTOS 1990  
(Millones de pesos a precios de producción)

SECTOR	SECTOR												15 INTERMEDIA	CONSUMO PRIVADO	CONSUMO PUBLICO	FABRIL ESTOQUES	EXPORTA- CIONES	DEMANDA FINAL	PRODUCCION BRUTA	
	1	2*	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12								
1. AGRICULTIVO	45,070	0	0	22	204,691	24,990	1,990	220	1,360	0	0	0	1,744	288,057	170,445	39	37,074	13,355	222,467	510,524
2. PETROLIO Y REF.	4,438	39,279	7,608	1,085	2,461	816	829	1,133	216	8,534	281	247	45,744	112,681	7,648	1,620	2,311	30,611	50,180	162,861
3. CONSTRUCCION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	609,297	0	609,297	609,297
4. MINERIA Y MET.	666	830	45,384	34,399	6,219	640	5,201	20,241	29	9	1,721	12,634	6,337	134,212	25,917	1,103	6,735	24,749	58,554	192,766
5. ALTA TENS. TRAF.	29,196	1	0	1	21,693	4,814	4,999	8	0	5	0	0	3,446	114,143	569,399	632	14,189	25,108	159,378	673,521
6. PROD. EN TORAF.	4,279	271	26,414	1,965	11,367	1,440	9,730	11,214	79	8	1,738	447	46,745	219,665	239,255	6,177	16,771	17,946	179,449	499,114
7. QUIMICA	29,355	1,673	12,861	5,514	9,160	35,347	31,418	16,810	132	161	269	308	47,846	177,343	90,992	2,658	4,337	6,768	101,275	278,818
8. PAPEL Y CARTON	6,779	370	41,856	3,923	3,737	1,997	3,677	72,823	611	22	1,224	5,620	59,746	212,654	138,768	4,342	167,597	37,376	344,303	556,957
9. AZUCAR	46	0	0	0	9,197	1,666	1,186	0	583	0	0	0	199	12,799	18,499	25	1,654	537	20,415	33,214
10. PETROLIO Y REF.	503	1,586	0	17	0	391	14,356	493	0	37	8	0	205	17,583	0	0	1726	3,243	2,517	20,105
11. CEMENTO	312	15	19,766	395	0	0	2	0	0	6	143	23	567	21,223	0	1,394	1295	231	1,332	21,555
12. SIDERURGIA	736	806	62,578	693	1,670	421	69	23,169	0	2	29	43,038	205	133,733	0	44	1,470	1,325	3,347	137,280
13. SERVICIOS	25,690	13,161	64,088	26,321	79,552	66,911	36,994	81,430	1,658	4,332	5,321	13,369	424,290	899,526	1,618,170	297,306	176,333	267,670	2,359,679	5,219,405
INSUMOS MC.	136,263	57,444	300,545	69,276	399,715	247,400	112,359	230,241	12,688	13,112	10,734	25,915	677,374	2,304,024	2,916,947	303,230	1,051,045	453,161	4,611,361	6,415,401
TOT. IMPORTACIONES	4,442	6,312	20,578	5,662	50,697	19,182	42,309	76,919	566	1,173	11	14,124	35,585	276,780	69,879	5,040	156,536	0	251,285	528,065
TOTAL INSUMOS	142,475	63,756	321,123	74,938	450,412	266,582	154,668	307,160	13,254	14,285	19,745	40,019	672,959	2,580,604	2,986,856	313,270	1,207,581	453,161	4,862,646	7,443,422
VALOR AÑADIDO	365,649	95,105	287,164	115,468	233,119	232,424	124,150	249,757	26,010	5,820	11,810	47,241	2,546,446	4,334,603	0	135,674	0	0	155,474	4,479,077
PRODUCCION BRUTA	510524	162961	609297	192766	633521	499114	278818	556957	33214	20105	22555	13280	3219405	6915407	1968656	448744	1207581	433161	4958142	11913549

FUENTE: AGREGADA CONFORME A LA MATRIZ DE INSUMOS PRODUCTOS S.F.F.

CUADRO III-3  
MATRIZ DE INFORMACIONES (MI)  
Millones de pesos a precios de producción

SECTOR	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	DEMANDA				TOTAL			
													DEMANDA DE INTERMEDIOS FABRICADOS	CONSUMO FINAL INDIVIDUAL	CONSUMO FINAL GOBIERNO	INVENTA- RIOS FINALES				
1 AGRICULTIVO	1,313	0	0	3	32,554	983	1,794	13	1	0	0	0	4	56,172	7,934	0	602	0	6,843	63,015
2 PETROLIO Y GAS	0	1,432	23	8	0	0	55	327	0	81	0	543	1,984	4,469	4,507	0	142	0	4,652	9,111
3 CONSTRUCCION	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4 MADERA Y MADERA	0	510	1,130	2,536	16	37	438	1,947	0	0	1	2,859	752	11,767	0	19	394	0	626	12,453
5 ALIMENTOS Y BEBIDAS	493	0	0	0	8,337	1,513	591	55	0	0	0	0	0	10,389	7,184	0	0	0	7,184	17,573
6 PRODUCTOS QUIMICOS	52	27	334	124	173	15,353	361	259	17	0	0	0	415	17,237	7,173	56	473	0	7,704	25,491
7 QUIMICA	2,363	1,155	87	572	863	271	26,982	2,316	13	337	0	373	1,486	36,464	24,751	44	3,905	0	6,700	43,366
8 MAQUINARIA Y EQUIPO	43	2,575	5,182	1,012	546	472	563	55,238	24	1	0	1,574	8,939	76,124	15,179	663	146,842	0	162,884	238,808
9 AZUCAR	0	0	0	0	8,119	0	0	0	568	0	0	0	0	8,687	4,436	0	0	0	4,436	13,123
10 TEXTIL Y PAPIER	0	223	0	195	50	12	12,208	162	0	754	0	0	0	13,407	0	0	328	0	328	15,935
11 CEMENTO	0	36	397	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	450	0	67	0	0	67	517
12 ELECTRICIDAD	0	129	15,497	175	75	4	87	17,830	1	0	0	7,173	172	37,058	0	182	3,469	0	3,651	40,709
13 SERVICIOS	0	221	14	23	0	0	0	0	0	0	0	0	22,647	22,305	43,161	4,011	121	0	44,293	66,596
TOTAL	4,192	6,312	29,578	5,062	59,487	15,282	42,359	76,819	366	1,173	13	14,114	35,985	236,780	89,739	5,040	156,536	0	251,235	523,062

FUENTES: ADECSA CONFORME A LA MATRIZ DE INFORMACIONES S.I.P.

cuadro III-6  
 COMPONENTES DE LA DEMANDA FINAL EN MEXICO  
 (MILES DE MILL. DE PESOS)  
 precios de comprador

	consumo privado	consumo publico	inversion + stocks	expor- taciones	total
1970	319.52	32.24	100.89	34.43	487.08
1971	336.22	55.67	96.04	25.79	503.72
1972	358.91	40.65	106.15	41.67	547.38
1973	382.72	44.52	122.33	47.37	596.94
1974	402.45	47.33	143.62	47.46	640.86
1975	425.44	54.02	150.85	43.23	673.54
1976	444.76	57.45	147.4	50.41	700.02
1977	453.82	56.8	146.94	57.8	715.36
1978	490.81	62.45	164.47	64.5	782.23
1979	534.22	68.43	193.4	72.33	868.38
1980	574.50	74.96	235.97	76.75	962.18
1981	616.71	82.5	272.78	81.5	1053.49
1982	623.36	84.44	194.48	92.64	994.92
1983	576.61	83.24	146.05	103.27	909.17
1984	591.02	88.99	157.08	114.13	951.22
1985	603.23	90.19	178.25	111.21	982.88

FUENTE: Sistema de Cuentas Nacionales SPP.

Se adjuntó a los criterios usados en la elaboración de la matriz de insumo producto, las elasticidades de los sectores construcción, petroquímica, cemento, siderurgia (bronce) y otros, que se igualan a cero.

- Los resultados obtenidos muestran un nivel de ajuste satisfactorio desde el punto de vista estadístico, como puede apreciarse en el cuadro III-7.

La estimación del consumo sectorial para el resto de los componentes de la demanda final (consumo público, inversiones y exportaciones), se efectuó tomando como base la matriz de insumo-producto del año de referencia.

CUADRO III-7

ELASTICIDADES DEL CONSUMO SECTORIAL PRIVADO

SECTOR	ELASTI- CIDAD	R. CUA- DRADA	D-W	ELASTI- CIDAD*
Agricultura	0.655	0.84	2.01	0.633
Minería	0.566	0.734	1.78	0.573
Alimentos	0.721	0.982	1.21	0.729
Text. madera y Papel	0.934	0.925	1.36	0.945
Química	1.936	0.960	0.861	1.958
Maq. y equipo	1.26	0.995	0.950	1.259
Servicios	0.990	0.960	0.868	1.007

\* Valores normalizados

FUENTE: Estimaciones Propias.



## A. ELABORACIÓN DE ESCENARIOS

### el Sector de la Energía

La planificación entendida como el proceso de definición de acciones futuras orientadas hacia el logro de ciertos objetivos que se derivan a partir de la necesidad de corregir desajustes o imperfecciones que se perciben de la realidad, resulta un proceso dinámico y de constante evaluación, ajustando las metas y objetivos a la continua transformación del universo estudiado. En este sentido, cualquier análisis con carácter prospectivo representa una guía para la toma de decisiones, y de ninguna forma, un elemento predictivo que anticipe la realidad de manera certera.

La elaboración de escenarios tendiente a realizar el análisis prospectivo de la demanda de energía en las industrias grandes consumidoras de energía con base en la metodología MEDEE-S y el submodelo macroeconómico, se inscribe dentro de un proceso de planificación, cuyo objetivo principal radica en sensibilizar y despertar interés acerca de los diversas implicaciones que pueden tener diferentes estrategias de desarrollo económico y una política que desde el punto de vista energético orienta hacia una mayor eficiencia del consumo.

Como ha podido observarse, la metodología aquí utilizada para la proyección de la demanda de energía, se esfuerza por establecer una interacción directa entre economía y energía, de tal manera que pueden elaborarse los escenarios alternando opciones de orden económico y energético. Los que aquí se presentan tienen como base las alternativas de desarrollo económico que son factibles de instrumentarse a través de la política económica en el corto y mediano plazos. Asimismo por lo que respecta al campo de la energía, los escenarios toman como parámetros de referencia la viabilidad de medida en la eficiencia del consumo energético.

La profunda crisis económica con la que ha venido transitando la economía mexicana a partir de 1982, y cuyas raíces se encuentran en el modelo de crecimiento económico impulsado desde la década de los cuarenta, obliga al Estado Mexicano a replantear los objetivos y la estrategia en materia económica, a fin de corregir los desequilibrios macroeconómicos que se presentan principalmente al tener a terra y en las finanzas públicas. El crecimiento acelerado de la deuda externa y la inestabilidad del mercado petrolero internacional han puesto en entredicho la capacidad de la economía y particularmente del sector industrial para financiar su desarrollo.

La drástica caída del producto, un proceso de inflación acelerada, los déficit crónicos en el sector público y en la balanza de pagos con las manifestaciones más claras y agudas de

la crítica, y en la consecuencia de estos desequilibrios de mantener la política de estabilización.

No es el objetivo de este estudio realizar la crítica y por tanto someter a un juicio certero la viabilidad o imposibilidad de los diferentes enfoques de política económica que pueden implantarse, sino que el objetivo radica en aplicar a la metodología utilizada las dos principales alternativas de política económica que destacan a la luz de la discusión económica contemporánea.

Las dos dimensiones de política económica que se presentan tienen como objetivo principal la estabilización de la inflación, y corresponden por un lado, al logro de esta meta mediante la aplicación de una política de ingresos (controlación de precios, salarios y tipo de cambio, a la par de una remuneración), reconociendo la necesidad de mantener la austeridad fiscal. Esta alternativa que comúnmente se le ha denominado Estabilización Heterodoxa tiene sus casos de aplicación principales en Argentina, Israel y Brasil(4). Por otro lado, la segunda alternativa considerada la constituye la Estabilización Ortodoxa, que corresponde al esquema tradicional del Fondo Monetario Internacional (FMI), y comprende la austeridad fiscal sin contemplar una política de ingresos como parte fundamental, salvo en el caso de la restricción salarial.

En el submódulo macroeconómico el escenario que representa la política económica de corto heterodoxo se denomina escenario MACRO1, y la estabilización ortodoxa MACRO2, cuyos variables se especifican en los cuadros III-3 y III-4, respectivamente.

Resulta importante aclarar que los enfoques de política económica que se presentan corresponden a una perspectiva de corto plazo, lo que puede interpretarse en el caso de la estabilización heterodoxa, como una posibilidad de alcanzar cierta estabilidad de precios sin una reforma profunda en virtud de que los problemas que presenta la economía mexicana son de carácter estructural (5), cuya solución requiere principalmente de una política de industrialización con objetivos encaminados hacia la transformación de la oferta productiva a niveles de mayor eficiencia y competitividad. Sin embargo, la problemática de corto plazo resulta de tal magnitud, que de su solución dependerá la dinámica y estructura de la economía mexicana en el largo plazo.

(4) Véase Dornbusch R. y Simonsen H. "ESTABILIZACION DE LA INFLACION CON EL APOYO DE UNA POLITICA DE INGRESOS" El trimestre Económico CEI.

(5) En este aspecto pueden consultarse las interpretaciones sobre la crisis de la economía mexicana de Hector Guillén Romo y Arturo Huerta (ver Bibliografía).

La coordinación entre el sector, a mediano y largo plazos, en la elaboración de los escenarios asociados al submodelo macroeconómico, se elaboró para el periodo 1990-1995 (que se considera como corto y mediano plazos), con base en las proyecciones dadas en el proyecto "Econometría CIEME-WHARTON (6)", en tanto que para los periodos 1995-1999 y 1999-2000, se aplica para cada uno de los componentes de la demanda final la tasa promedio de crecimiento habida en el periodo 1976-1990, lo que de alguna forma supone que la economía retoma su nivel medio de crecimiento, al mismo tiempo que se considera el impacto de cada una de las políticas de estabilización arriba estrictas.

En los cuadros III.1, III.2 se aprecia como el escenario MACRO1 implica un mayor dinamismo del mercado interno derivado del crecimiento de la inversión pública y privada, en tanto el escenario MACRO2, tiene un efecto recesivo manifiesto en el escaso crecimiento de la inversión y del consumo privado.

### b) Perspectiva Energética

Desde el punto de vista energético, la elaboración de los escenarios se sitúa en torno a la posibilidad de lograr una mayor eficiencia del consumo en los sectores productivos analizados. Para cada escenario macroeconómico existe una perspectiva del consumo de energía que se ha denominado lago de Bage, y supone las mejoras en la eficiencia del consumo energético medidas a través del consumo específico e intensidad energética, la cual, ante una mayor eficiencia tiende a decrecer dependiendo de la combinación de tres variables fundamentales: la tasa de depreciación sectorial, que expresa en cierto sentido la renovación del equipo, el valor óptimo que podría alcanzar el consumo específico al final del periodo y la tasa de crecimiento del producto de cada sector (7).

Es posible anticipar el hecho de que el mayor dinamismo del crecimiento económico que presenta el escenario MACRO1 a diferencia del MACRO2, implica un nivel superior de producción en cada rama productiva considerada, propiciando de manera directa un consumo energético también mayor en relación al que se necesita para satisfacer los niveles de producción del escenario MACRO2. Sin embargo, la diferencia en el consumo energético que en términos absolutos se da de un escenario a otro, no se traduce en una mayor eficiencia, sino que solamente significa un consumo menor en el escenario MACRO2 derivado del menor nivel de

(6) CIEME-WEFA: "PERSPECTIVAS ECONÓMICAS DE MÉXICO" Febrero 1987.

NOTA: el escenario MACRO1 corresponde a la proyección básica y el escenario MACRO2 a la proyección alternativa 1.

(7) Véase Anexo 1.

actividad. También puede ser en todo caso de un menor consumo de energía que se obtiene a partir del sacrificio del ritmo de crecimiento de cada industria.

Resulta inconveniente desde el punto de vista de la economía en su conjunto considerar el ahorro de energía desde ángulo. A partir de una nueva versión del modelo MICEES para cada escenario macroeconómico denominada caso de Referencia, en donde la evolución de las intensidades energéticas no se modifica (permanece conforme a su valor de año base 1985), puede obtenerse el potencial de ahorro calculando la diferencia de los consumos energéticos de esta corrida menos los obtenidos en el Caso de Base para un mismo nivel de producción en cada industria.

CUADRO III-8  
VARIABLES DE ESCENARIO  
ESCENARIO MACRO1

	85-90	90-95	95-2000
CONSUMO PRIVADO	2.3	3.5	4.0
CONSUMO PUBLICO	2.4	3.0	3.5
INVERSION	4.6	4.5	5.0
EXPORTACIONES	3.6	5.0	6.0

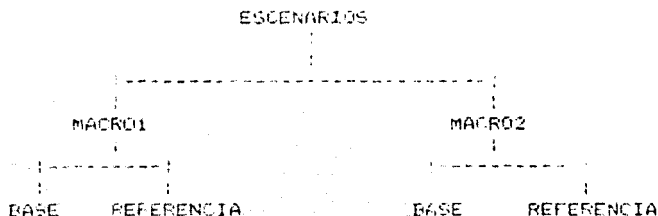
NOTA: Las cifras expresan tasa medias de crecimiento anual.

CUADRO III-9  
VARIABLES DE ESCENARIO  
ESCENARIO MACRO2

	85-90	90-95	95-2000
CONSUMO PRIVADO	1.1	2.5	3.0
CONSUMO PUBLICO	0.0	1.2	2.0
INVERSION	0.0	2.5	3.5
EXPORTACIONES	3.2	4.8	5.5

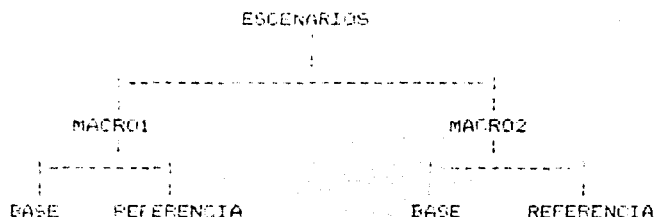
NOTA: Las cifras expresan tasas medias de crecimiento anual.

El objetivo de la elaboración de los escenarios consiste en determinar diferentes alternativas de orden energético deseado, y determinar linealmente el espectro de la demanda industrial de energía, y cuantificar el ahorro energético que puede obtenerse a partir de incrementar la eficiencia del sistema. Así son los escenarios MACRO1 y MACRO2 las posibles formas de producción para cada industria, y a su vez, para cada una de estas se calcula la demanda de energía bajo la hipótesis de un consumo más eficiente en el Caso de Base. Finalmente, el potencial de ahorro se calcula tomando en consideración de la manera citada el caso de referencia.



CASO DE BASE - CASO DE REFERENCIA = POTENCIAL DE AHORRO

El objetivo de la elaboración de los escenarios consiste en evaluar diferentes alternativas de orden energético-económico, considerando: la línea de prospectiva de la demanda industrial de energía, y determinar el ahorro energético que puede obtenerse a partir de incrementar la eficiencia de consumo. Así son los escenarios MACRO1 y MACRO2 las posiciones de producción para cada industria, y a su vez, para cada uno de estos se calcula la demanda de energía bajo la hipótesis de un consumo más eficiente en el Caso de Base. Finalmente, el potencial de ahorro se calcula tomando en consideración de la manera citada el caso de referencia.



**CASO DE BASE - CASO DE REFERENCIA = POTENCIAL DE AHORRO**

## IV. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

### 1. LA INDUSTRIA DEL CEMENTO EN MEXICO

La rama manufacturera del cemento en México es considerada como una de las principales industrias a nivel nacional, en virtud de su importancia estratégica en la composición de la inversión bruta fija al absorber el 55% de la misma.

La producción del cemento en México se ha caracterizado durante el periodo 1972-1985 por su constante incremento, y en varios años ha logrado que su valor agregado crezca en una proporción mayor que el PIB total. En el periodo 1970-1981 la tasa media de crecimiento anual (f.m.c.a) PIB del cemento fué de 6.9%, en tanto que la del producto nacional fué de 4.6%.

Como consecuencia del colapso sufrido por la industria de la construcción, la producción de cemento se contrajo drásticamente alcanzando una tasa de crecimiento negativa en el año de 1983, esta situación pareció revertirse desde 1984 al frenarse los efectos de la crisis que provocaron la caída de la producción a nivel nacional, incrementándose la producción de cemento en 8% y las ventas en 3% con respecto del año anterior.

Por el lado de la demanda, la producción se caracterizó en años anteriores por estar orientada preferentemente hacia el mercado interno, y en caso de existencias deficitarias o superavitarias, se compensaban con importaciones o exportaciones, según el caso. Aunque estas últimas eran limitadas por la capacidad de embarque del producto y por la composición de los mercados externos.

Actualmente, ante la política gubernamental de fomento a las exportaciones no petroleras apoyadas en el margen de subvaluación que existe en la paridad cambiaria, la industria del cemento ha tratado de colocar su producto en el mercado de los Estados Unidos en virtud de que éste ofrece mayores perspectivas a las exportaciones medianas de cemento. Los resultados en este aspecto han sido positivos a pesar de los obstáculos que se presentan, tales como la ley "Buy American" y los impuestos a la importación. Así en 1984 y 1985 se colocaron en el exterior excedentes por 1 millón 619 mil y 1 millón 745 mil toneladas respectivamente, al mismo tiempo que fue abastecido en su totalidad el mercado interno (cuadro IV-1).

La industria nacional del cemento está integrada por 29 fábricas que forman 9 grandes grupos productores, cuya capacidad de producción anual total es actualmente de 30 millones 942 mil toneladas. Cabe señalar que ha venido incrementándose de manera significativa, ya que por ejemplo, la capacidad instalada en el periodo 1978-1985 se duplicó (cuadro IV-2).

Cuadro IV

## CONSUMO NACIONAL APARENTE DE CEMENTO GRIS

(MILES DE TONELAJAS)

AÑOS	VENTAS	IMPORTACION	EXPORTACION	CONSUMO APARENTE
1970	7,126	3	86	7,033
1971	7,372	4	159	7,217
1972	8,598	3	267	8,334
1973	9,743	1	168	9,576
1974	10,595	1	196	10,402
1975	11,612	117	212	11,521
1976	12,907	114	409	12,613
1977	13,227	1	1,197	12,031
1978	14,135	10	985	13,160
1979	15,365	84	537	14,912
1980	16,425	250	26	16,449
1981	16,224	312	76	16,452
1982	17,257	245	202	17,300
1983	17,449	9	365	16,194
1984	18,278	1	1,612	16,667
1985	20,755	1	1,748	19,010

FUENTE: CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO.

Cuadro IV-B

## CAPACIDAD PRODUCTIVA INSTALADA DE CEMENTO GRIS

(MILES DE TONELAJAS)

AÑOS	No. DE PLANTAS	CAPACIDAD TOTAL	INCREMENTO ANUAL	CAPACIDAD PROMEDIO POR PLANTA
1970	27	1,006		299
1971	27	8,978	11,0	330
1972	26	9,665	1,7	345
1973	26	11,630	20,3	415
1974	26	12,750	9,8	430
1975	26	13,855	13,3	468
1976	26	15,345	14,4	494
1977	26	16,345	1,0	494
1978	26	17,345	7,2	500
1979	26	18,410	10,5	566
1980	26	19,710	13,9	602
1981	26	20,245	5,3	614
1982	26	20,245	0,0	614
1983	29	30,644	19,5	1,057
1984	29	30,342	-2,9	1,067
1985	30	32,539	2,2	1,085

FUENTE: CÁMARA NACIONAL DEL CEMENTO.



Ante la crítica situación que presentó la economía mexicana en 1982, se operó una sensible disminución de la actividad en la industria de la construcción y el consiguiente detrimento de la demanda de cemento. La producción en 1984 fue sólo de 18 millones 436 mil toneladas aprovechando únicamente el 60% de la capacidad instalada, aunque parece haber una recuperación paulatina.

Un examen de la producción de cemento por planta indicaría una baja concentración de la industria; pero si se analiza por grupo corporativo se observa que tan sólo tres grupos (Cemento Anáhuac, S.A., Grupo Apasco, S.A., y Cementos Mexicanos, S.A.), participaron con cerca del 50% de la producción total en 1984 y contribuyeron con el 60% de la capacidad instalada en el mismo año. Esto parece indicar que a pesar del carácter regional del mercado del cemento en México, debido a la baja densidad económica del producto que propicia una estrecha vinculación de las zonas de consumo con las de producción (1), este tiene un comportamiento de tipo oligopólico en la producción y la distribución.

El consumo de cemento está directamente relacionado con varios factores, como son: su precio, el dinamismo de la industria de la construcción y el precio de otros materiales, como el acero, que son necesarios para la construcción.

El desglose de los distintos conceptos del balance físico (cuadro IV-1) muestra lo que se había observado para el agregado, cuya evolución muestra tasas de crecimiento más o menos constantes hasta el año de 1982, y a partir del año siguiente el consumo nacional aparente disminuye de manera drástica.

La distribución geográfica del consumo presenta una fuerte concentración en cinco entidades federativas: Distrito Federal, Estado de México, Jalisco, Veracruz y Nuevo León; que consumen el 41% del total de la producción.

Finalmente es importante destacar que en 1983, 1984 y 1985 el consumo nacional fue abastecido únicamente con producción nacional, sin que hubiera necesidad de importaciones.

Las características de la industria del cemento mencionadas anteriormente permiten afirmar que esta industria se encuentra actualmente en una situación que si bien no es crítica, si presenta riesgos de estancamiento y de escaso aprovechamiento de los recursos potenciales con que cuenta. Su reactivación dependerá en alto grado de la eficiencia de las medidas de política económica aplicadas por el Gobierno tendientes a abatir la inflación, incrementar la productividad y fortalecer los mercados interno y externo, y por otro lado, dependerá también

-----  
(1) El cemento es un bien con un precio muy bajo por unidad de peso, por tanto, la localización del producto y del consumidor final se relaciona íntimamente con su precio efectivo.

del volumen de producción destinado a la exportación, colocados principalmente en el mercado norteamericano. Aunque el potencial de ese rubro es limitado por el factor valor-peso antes aludido.

## 2. PROCESO DE PRODUCCIÓN DE CEMENTO

El proceso de producción de cemento se realiza mediante dos vías principales que dependen de la naturaleza y utilización de las materias primas. Por un lado, la vía húmeda que utiliza la materia prima en forma de pasta, y por otro, la vía seca, en la que se trabaja con la materia prima en forma de polvo. Existe una marcada tendencia hacia el fortalecimiento de la producción mediante el proceso seco, el cual ha venido incrementando su participación en el total como se observa en el cuadro IV-3.

Actualmente la producción por vía seca es la que más se utiliza debido a la naturaleza de las materias primas con que se cuenta (piedra caliza y arcilla), y al menor consumo energético de este proceso. Asimismo, se ha venido dando desde 1950 el perfeccionamiento del proceso seco al instalarse sistemas de precalentamiento que permiten utilizar el contenido energético de los gases de combustión provenientes de los hornos para precalentar mezcla cruda.

La producción de cemento puede sintetizarse en las siguientes etapas:

- 1.- Obtención de materias primas.
- 2.- Preparación de materias primas.
- 3.- Producción de clínquer.
- 4.- Molienda de clínquer con yeso y en ocasiones con extensores puzolánicos, para obtener cemento.

El principal producto de la industria es el cemento gris o "portland", el cual se elabora a partir del clínquer y la agregación del yeso en una proporción de 7%. Últimamente se ha empezado a producir el cemento puzolánico que se elabora con clínquer, yeso en 7%, y el extensor puzolánico en un 13%. En 1981, la producción nacional estimada fue de 65% de cemento gris y 35% de cemento puzolánico. Además, de las puzolanas existen otros extensores como las escorias de alto horno y las cenizas volcánicas.

Las principales materias primas utilizadas en la producción de cemento son la piedra caliza y la arcilla. En las canteras de estos materiales se emplean explosivos con el objeto de originar voladuras de 15 a 20 mil toneladas, para luego triturarse en trozos de tamaño más o menos uniforme. El siguiente paso consiste en deshidratar la materia prima mediante secadores rotatorios, para luego trasladarla a dosificadores que regulen la proporción de los materiales en función de su composición y del tipo de cemento que se desea obtener. Al dosificarse la materia prima, pasa a molerse con el fin de obtener la harina cruda, la cual se almacena en silos para luego ser calcinada.

La etapa de calcinación se realiza en grandes hornos rotatorios, cuya forma es cilíndrica, provistos en uno de sus extremos de quemadores especiales para combustóleo o para gas natural. En esta etapa es en donde se lleva a cabo el mayor consumo energético, en virtud de que la producción de clínquer requiere de altas temperaturas (aproximada a los 1100 C.); al salir el clínquer de los hornos pasa a un proceso de enfriamiento. Después se combina con yeso y/o los extensores en las proporciones ya mencionadas, realizándose así la molienda final.

### 3. CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

El consumo de energía en la industria del cemento se caracteriza por su uso intensivo principalmente de gas natural, combustóleo, electricidad y de manera marginal el diesel.

Este último se utiliza generalmente para el sistema de bombeo y para el calentamiento del combustóleo. La participación de cada uno de éstos energéticos se muestra en los cuadros IV-4 y IV- 5.

Se observa también un proceso de sustitución entre los combustibles, incrementándose la participación del combustóleo de 46.26% a 67.9% asimismo, disminuye la participación del gas natural de 44.64% a 21.3% mientras que en la electricidad permanece más o menos al mismo nivel dentro de la estructura del consumo energético.

Un análisis de la evolución de los consumos energéticos específicos de la electricidad y los combustibles, refleja que ha venido mejorándose la eficiencia con respecto al consumo de combustibles (cuadro IV 6).

El consumo específico de combustibles en la industria ha venido disminuyendo a una tasa media anual de 0.99% mientras que la electricidad ha mostrado un crecimiento promedio anual de 1.94%, al mismo tiempo que la producción se incrementa anualmente a una tasa promedio de 7.32%. Por el lado de los combustibles, la disminución en el nivel de intensidad energética refleja una mejor utilización y un mayor aprovechamiento del uso de éstos energéticos, lo cual se debe a la modernización del proceso productivo al incluirse los sistemas de precalentamiento y suspensión de cuatro etapas y al incremento de la producción de puzolánico.

El incremento del consumo específico de la electricidad no necesariamente significa un aumento de la ineficiencia sino que más bien se debe a una mayor electrificación del proceso.

Sin embargo, para el periodo 1981-1985 parece revertirse la tendencia mostrada en años anteriores que reflejaba una caída del

cuadro IV-3

PRODUCCION DE CEMENTO POR PROCESO  
(PARTICIPACION PORCENTUAL)

ANO	PROCESO HUMEDO	PROCESO SECO
1965	22.8	77.2
1970	15.0	85.0
1975	11.9	88.1
1978	8.3	91.7
1980	7.3	92.7

FUENTE: CANACER

cuadro IV-4  
CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO  
1981

	KCAL X EJ	%
GAS NATURAL	9,203.7	44.64
COMBUSTOLEO	9,520.1	46.26
DIESEL	100.9	0.50
ELECTRICIDAD	1,760.6	8.54
OTROS	5.9	0.03
TOTAL	20,617.4	100.00

FUENTE: ENCUESTA SOBRE CONSUMO DE ENERGIA EN LA  
INDUSTRIA 1981. BOLETIN ENERGETICOS, DTC, 1982  
SEPAFIN.

cuadro IV-5

CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO  
1985

	KCAL X EJ	%
GAS NATURAL	5.5	21.25
COMBUSTOLEO	17.5	67.92
ELECTRICIDAD	2.0	10.83
TOTAL	25.7	100.00

FUENTE: BALANCE DE ENERGIA 1985 SEMCIP.

consumo específico, incrementándose en un 6.2%, al mismo tiempo que se modifica la estructura del consumo con la sustitución entre los combustibles antes mencionada. El incremento en el nivel de intensidad energética puede explicarse por la caída en el ritmo de crecimiento de la producción debido al impacto de la crisis económica que determinó la contracción de la industria de la construcción y por tanto de la producción de cemento (figura IV-1). Por otro lado, el ritmo de crecimiento del consumo de energía en la industria del cemento también se contrae, pero contrariamente a lo sucedido en el periodo 1968-1981, en donde la tasa promedio de crecimiento anual se sitúa en 7.1% inferior al promedio de crecimiento de la producción de 8.06%, para el periodo 1982-1985 el consumo de energía crece a un ritmo promedio anual de 4.2% superior al del producto de 2.4%. El hecho de que el consumo de energía crezca a tasas superiores que las de la producción implica necesariamente el incremento de la intensidad energética, esta inversión en los ritmos de crecimiento obedece a que si bien la producción puede disminuir al grado de desaparecer, el consumo de energía solo lo puede hacer hasta cierto punto, dado que existe un nivel mínimo dentro de la planta para satisfacer las necesidades de la producción, por ejemplo, un horno de calcinación debe mantener una determinada temperatura independientemente del nivel de producción de que se trate.

Por lo que se refiere al consumo específico por etapa de cada proceso se observa que la etapa de calcinación es la que mayor parte del consumo energético de los diferentes procesos, en el húmedo abarca el 94%, en el seco el 90% y en el seco con precalentador el 86%. El proceso húmedo es el más intensivo en el consumo energético, seguido el proceso seco sin precalentador. La mayor eficiencia se encuentra en el seco con precalentador, ya que consume un 30% menos de energía que el proceso seco sin precalentador y casi la mitad de lo que se consume en el proceso húmedo. La participación de los combustibles en el consumo total es semejante en los tres procesos que para la electricidad oscila entre el 7% y el 9%, y para los combustibles la participación está entre el 90% y 93% como se muestra en los cuadros IV-7 y IV-8.

Cuadro IV-6

CONSUMOS TOTALES Y ESPECÍFICOS DE HIDROCARBUROS Y  
ELECTRICIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE CEMENTO (1968-1985)

AÑOS	PRODUCCIÓN MILES DE TONS (1)	CONSUMO TOTAL DE ENERGÍA (Tons. 1000/ año)			CONSUMO ESPECÍFICO (kcal/kg)		
		electricidad	combustibles	total	electricidad	combustibles	total
1968	6,308	6,605	6,118	6,785	100,699	1,361,518	1462,217
1969	6,674	6,665	8,395	8,613	99,341	1,341,025	1440,366
1970	7,191	6,782	9,475	10,352	100,914	1,318,942	1427,855
1971	7,322	6,790	9,577	10,360	107,308	1,299,919	1407,226
1972	8,662	6,896	11,000	11,896	104,162	1,278,772	1382,934
1973	9,789	7,027	12,300	13,147	104,914	1,258,556	1363,469
1974	10,590	7,063	13,110	14,183	100,320	1,238,320	1338,650
1975	11,612	7,170	14,116	15,339	100,753	1,219,426	1320,196
1976	12,584	7,310	15,110	16,410	104,100	1,199,936	1304,037
1977	13,227	7,470	16,010	16,500	111,136	1,176,312	1287,448
1978	14,056	7,559	16,300	17,990	110,273	1,163,204	1273,478
1979	15,178	7,696	17,300	19,050	111,345	1,143,761	1255,106
1980	16,243	7,767	18,270	20,087	110,817	1,124,792	1234,809
1981	17,971	7,869	19,600	21,820	111,290	1,102,888	1214,178
1985	19,958	8,708	20,950	25,738	139,693	1,149,915	1289,606
T.M.C.A.	7,322	9,440	6,120	6,530	1,94	-0,99	-0,74

FUENTE: ELABORADO CON BASE DATOS CONTABLES DEL BALANCE DE ENERGÍA 1985, SEMPR  
Y EN OSCAR M. SUAZNAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACIÓN DE LA ENERGÍA  
EN MÉXICO: DIAGNÓSTICOS Y PERSPECTIVAS" (1984).

Cuadro IV-7

CONSUMOS ESPECÍFICOS DE ENERGÍA POR PROCESOS  
ENERGÉTICOS Y DEPARTAMENTO (KCAL/TON DE CEMENTO)

TIPO DE PROCESO	ETAPAS INICIALES	SEMI-MOLIENDA HOMOGENIZACIÓN	CALCINACIÓN	MOLIENDA FINAL	TOTAL
<b>HUMEDO</b>					
electricidad	2,004	71,422	20,912	38,109	135,352
combustibles			1,874,680		1,874,680
otros	10,310				10,310
subtotal:	10,310	71,422	1,911,492	38,109	2,023,375
<b>SECO</b>					
electricidad	3,774	31,171	24,021	40,027	98,993
combustibles		66,020	1,219,442		1,285,463
otros	4,586				4,586
subtotal:	8,360	97,191	1,243,464	40,027	1,388,042
<b>PREALTAJADO</b>					
electricidad	3,774	31,171	24,482	40,027	98,454
combustibles		66,020	901,178		967,198
otros	4,586				4,586
subtotal:	8,360	97,191	924,660	40,027	1,070,238

FUENTE: CAPACERO

INDUSTRIAS Y SERVICIOS ENERGÉTICOS  
 CEMENTO 100% CEMENTO

	HEMBIDO	EDIC	CONCRETO ESTADON
Electricidad	0.69	7.11	9.20
Industriales	0.165	92.58	90.37
Otros	0.66	0.33	0.43
<b>total</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>

-----  
 CANACERO Y ELABORACION PROPIA.

cuadro IV-9

CONSUMOS ESPECIFICOS DE CEMENTO POR TIPO  
 (ESTANDARES INTERNACIONALES)

TIPO DE CEMENTO	VALOR MINIMO KCAL/KG	VALOR MEDIO KCAL/KG	VALOR MAXIMO KCAL/KG
CLINQUER	890	950	2200
PORTLAND PURO	800	870	1500
PORTLAND CON EXTENSORES	650	750	1200

FUENTE: GORDIAN ASSOCIATES 1976.

#### 4. PERSPECTIVAS DEL CONSUMO ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL CEMENTO

En términos generales el consumo de energía en la industria del cemento tiende a ser más eficiente dada la disminución del nivel de intensidad energética observada en el periodo de análisis 1968-1976. Lo cual obedece al gran dinamismo en el crecimiento de la industria que motivó constantes incrementos en la capacidad instalada y su consecuente modernización tecnológica. No obstante los avances obtenidos por la industria en términos de la eficiencia energética, todavía es posible incrementar el ahorro en este rubro.

La optimización en el uso de los energéticos depende en gran medida del proceso de producción empleado. Se observa en el cuadro IV-3 que el proceso seco ha venido incrementando su participación en el total, al grado de absorber la mayor parte de la producción. Debido a la ineficiencia de los procesos seco sin precalcinador común. Es previsible que en el mediano y largo plazos toda la industria emplee este último proceso. Evidentemente, estos cambios tecnológicos modificarán los niveles de intensidad energética de los combustibles principalmente. Así es posible suponer que si se logran los objetivos de convertir a la industria a niveles de producción más eficientes, los consumos específicos llegarán a los estándares internacionales mínimos señalados en el cuadro IV-9.

##### a) Elaboración de Escenarios

La afirmación anterior referente a las posibilidades de incrementar la eficiencia en el consumo de energía en la industria del cemento sirve de base para la elaboración de los casos de base y de referencia de los distintos escenarios macroeconómicos planteados. En el caso de base se plantea la gradual e paulatina del proceso seco sin precalcinador al total de la producción para el año 1985. Así se ve, el consumo específico de combustibles disminuirá por el efecto del establecimiento de mejores técnicas. La factibilidad de este hecho se hace patente debido a que se están desarrollando disponibles en el mercado internacional principalmente en Japón y Europa que incluso se han empezado a utilizar en México), capaces de incrementar la eficiencia en el consumo energético (2). Para 1985 la intensidad energética de los combustibles es de 1149.92 kcal/ka de cemento considerando todos los procesos de producción; el consumo

(2) Como es el caso del sistema de precalcinación en cuatro etapas cuya eficiencia llega a duplicar a la de los precalcinadores comunes.



específico para el proceso seco con precalentador es actualmente de 1070,0 kcal/tn. Considerando los valores internacionales del cuadro IV-9 y después de ajustar los consumos específicos mínimos del mismo cuadro a un nivel de producción de 65% con cemento Portland puro y 35% con cemento Portland con electros, se obtiene una estimación del máximo nivel de intensidad energética de 774 kcal/tn que puede obtenerse a partir de las tendencias tecnológicas anteriormente señaladas. Siguiendo la misma mecánica en todos los sectores, el caso de base estima la demanda de energía para cada escenario macroeconómico en función del posible ahorro de energía considerando una tasa media de depreciación anual de 3,1% (2) y el nivel de intensidad máxima para los combustibles arriba señalados; asimismo el consumo específico de electricidad crece acorde la tendencia histórica manifiesta en el período de análisis. Los casos de referencia por su parte, mantienen constantes las condiciones bajo las cuales se efectúa el consumo operático durante 1985.

## b) Resultados

De la aplicación de la metodología MEDEE-S y del modelo macroeconómico adaptado a la misma, se obtuvieron por un lado, las estimaciones de la producción de cemento acorde con las especificaciones de política económica implícitas en cada escenario, y por otro las estimaciones de la demanda de energía a partir de los casos de base y de referencia para cada escenario macroeconómico.

### b.1) Escenario MACRO1

Si bien la industria del cemento ha mostrado un gran dinamismo en su producción, no es posible negar que los efectos de la actual crisis económica influyen de manera negativa en la industria mexicana, principalmente en aquellas que como la de la construcción dependen directamente de los montos de inversión pública y privada, además del efecto multiplicador que tiene sobre otros sectores igualmente importantes de la economía. En este sentido, la estrecha interrelación que existe entre el crecimiento de la economía y el crecimiento de la industria de la construcción se refleja a lo largo de todo el período histórico analizado, al mismo tiempo que esta relación, tiene un impacto decisivo sobre la producción de cemento (fig. IV-1).

-----  
(3) Banco de México, Dirección de Investigación Económica, "Acervos y Formación de Capital de las Empresas Mexicanas".

CUADRO IV-10  
C.E.M.E.N.T.O.  
\*\*\*\*\*

ESCENARIO MACRO				
PERIODO	1965	1970	1985	2000
PRODUCCION (MILLONES DE TON. CEMENTO ANUAL)	3,900	54,717	1,114	311
		5,12	111,0	4,725
CARGO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (MILLONES DE TON. EQUIVALENTES)	25,700,0	31,200,0	31,700,0	39,270,0
COMBUSTIBLES	17,490,0	18,370,0	20,000,0	24,544,0
ENERGIA HIDROELECTRICA	5,400,0	10,700,0	10,700,0	10,700,0
ELECTRICIDAD	2,810,0	2,130,0	1,000,0	4,544,0
INTENSIDADES ENERGÉTICAS				
ELECTRICIDAD (MILLONES DE EVOLUCION)	109,7	155,6	165,0	171,3
	11,0	11,0	11,0	11,0
COMBUSTIBLES (MILLONES DE EVOLUCION)	1,149,9	1,120,0	1,14,7	356,5
	11,0	11,0	11,0	11,0
CARGO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (MILLONES DE TON. EQUIVALENTES)	25,700,0	31,200,0	31,700,0	39,270,0
COMBUSTIBLES	17,490,0	21,200,0	21,174,0	21,455,0
ENERGIA HIDROELECTRICA	5,400,0	10,700,0	10,700,0	10,700,0
ELECTRICIDAD	2,810,0	2,130,0	1,000,0	5,137,0
INTENSIDADES ENERGÉTICAS (MILLONES DE EVOLUCION)				
ELECTRICIDAD (MILLONES DE EVOLUCION)	109,7	155,6	165,0	171,3
	11,0	11,0	11,0	11,0
COMBUSTIBLES (MILLONES DE EVOLUCION)	1,149,9	1,120,0	1,149,9	1,149,9
	11,0	11,0	11,0	11,0

FUENTE: OBRAS Y MODELO NEPES-5

CUADRO IV-11  
**C E M E N T O**  
 \*\*\*\*\*

-----				
ESCENARIO MACRO2				
PERIODO	1965	1990	1995	2000
PRODUCCION (10**6 TON.)	19.958	19.853	22.127	25.878
(CRECIMIENTO ANUAL %)		-0.11	1.19	3.18
-----				
CASO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (kcal y e09)	25.738.0	24.605.0	25.722.0	25.333.0
-COMBUSTIBLEO	17.486.0	16.284.0	16.719.0	18.083.0
-GAS NATURAL	5.462.1	5.427.9	5.573.1	6.027.7
-ELECTRICIDAD	2.788.0	2.893.5	3.430.0	4.222.5
-----				
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	139.7 1.0	145.8 1.0	155.0 1.1	163.2 1.2
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	1.149.9 1.0	1.093.5 1.0	1.307.5 0.9	931.7 0.8
-----				
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA	25.738.0	25.602.0	26.505.0	33.373.0
-COMBUSTIBLEO	17.486.0	17.122.0	19.853.0	22.318.0
-GAS NATURAL	5.462.1	5.707.2	6.361.0	7.459.5
-ELECTRICIDAD	2.788.0	2.773.3	3.091.0	3.615.0
-----				
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	139.7 1.0	139.7 1.0	139.7 1.0	139.7 1.0
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	1149.9 1.0	1149.9 1.0	1149.9 1.0	1149.9 1.0
-----				

FUENTE: CORRIAS MODELO MEDECS-5

De esta manera, el escenario MACRO1 que conlleva a un mayor dinamismo del mercado interno, manifiesta un crecimiento mucho mayor en la industria de la construcción en comparación con el escenario macroeconómico alternativo en el período 1985-2000, lo cual se traduce en un incremento sustancial de la producción de cemento que para el último año de proyección alcanza la cifra de 38.1 millones de toneladas que representan un 100% de incremento con respecto a la producción de 1985 (cuadro IV-10).

#### b.2) Escenario MACRO2

En el caso del escenario MACRO2 el cuadro IV-11 muestra las distintas producciones de cemento en cada año de cálculo, y se observa un lento crecimiento de este rubro en todo el período, incluso existe una leve contracción entre los años 1985-1990, lo que indica un estancamiento en el nivel de producción durante cinco años. Para todo el período en se observa un crecimiento anual de 1.7% muy por debajo del nivel histórico en el período 1970-1985 de 6.91%.

La diferencia que existe en el volumen de producción entre los dos escenarios macroeconómicos, refleja su carácter interno en virtud de que una política económica tendiente a deprimir el mercado interno (como es el caso MACRO2), contrae más que proporcionalmente la producción de cemento.

#### b.3) Potencial de ahorro

En los cuadros IV-10 y IV-11 además de la producción se detallan los posibles consumos de energía para los casos de base y de referencia. Por lo que se refiere a los primeros, se observa que en ambos escenarios macroeconómicos, la demanda de energía crece a un ritmo de crecimiento medio anual muy por debajo del promedio de crecimiento anual de la producción, que para el caso del escenario MACRO1 ésta última tiene una T.M.C.A. del 4.2% y la energía crece a un ritmo de 2.9%; en el escenario MACRO2 las T.M.C.A. son de 1.7% y 3.64% respectivamente. Por lo que se refiere a los casos de referencia se observa que en los dos escenarios macroeconómicos la demanda de energía y la producción crecen a una misma T.M.C.A.

De la diferencia del caso de base y de referencia en cada escenario macroeconómico se obtiene el potencial de ahorro. En el cuadro IV-12, se observa que este rubro en el contexto de un fuerte dinamismo de la producción manifiesta también un crecimiento bastante significativo que puede expresarse en la participación del potencial de ahorro con respecto al consumo de energía en los casos de referencia. Así el potencial de ahorro en 1990 representa 10.2% para el escenario Macro1 y un 3.9% en el escenario Macro2; y para el final del período la participación

cuadro IV-12

POTENCIAL DE AHORRO			
ESCENARIO MACRO1			
	(1)	(2)	
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	3,257	2,141,022	31.04
1995	6,370	4,187,384	60.72
2000	10,007	6,578,203	95.38

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR

cuadro IV-13

POTENCIAL DE AHORRO			
ESCENARIO MACRO2			
	(1)	(2)	
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	997	655,388	9.5
1995	2,813	1,849,154	26.81
2000	5,040	3,313,095	48.04

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR

asciende a 20.30% y 15.1% respectivamente. En términos absoluto y considerando que el potencial de ahorro calculado para cada año es el mismo para los cuatro años anteriores el escenario Macro1 tiene un ahorro equivalente a 306 millones de dólares y el escenario Macro2 equivale a 422 millones de dólares.

#### B.4) Intensidades Energéticas

El hecho de que la proporción del ahorro energético se incremente de manera progresiva y en forma aun más acentuada en el escenario Macro1, obedece principalmente a la evolución de las intensidades energéticas, las que dependen como se ha visto del nivel de producción y del parámetro máximo que se ha propuesto como meta para la óptima utilización de los recursos energéticos (774 kcal/kg. de cemento para los combustibles). Resulta entonces evidente que un mayor dinamismo de la producción intensifique la utilización de la planta, y por tanto, una mayor depreciación, al mismo tiempo que se origina una reposición más rápida del equipo, y en consecuencia una mayor eficiencia del consumo energético dada la nueva tecnología incorporada. Se explica así el hecho de que ante un mayor nivel de producción el potencial de ahorro se incrementa en términos absolutos y relativos. La evolución de las intensidades energéticas puede apreciarse en los cuadros IV-10 y IV-11, en los casos de base (4), y se observa su disminución más rápida en el escenario Macro1 alcanzando la cifra de 856.5 kcal/Ton., a diferencia de la alcanzada en el otro escenario de 931.7 kcal/Ton., lo cual obedece a la relación existente entre el consumo de energía y el nivel de actividad económica antes aludida.

El análisis anterior permite caracterizar el consumo de energía en la industria del cemento, a diferencia de otras industrias (que manifiestan una creciente ineficiencia), como un proceso tendiente a utilizar los recursos, ya que posee amplias posibilidades de obtener ahorros mayores. Las proyecciones de demanda mostradas anteriormente, permiten confirmar este hecho, aunque por un lado, ello dependerá en gran medida de la evolución de la actividad económica de la industria. En este sentido, parecen poco probables las expectativas propuestas para el escenario Macro2, dada la importancia de la industria de la construcción a nivel nacional, aunque las especificaciones ahí señaladas sirven como marco de referencia para observar el impacto de una política económica que plantee una restricción todavía mayor del mercado interno sobre el consumo de energía; y que como se ha visto, produzca un menor grado de eficiencia en el consumo energético medido a través del nivel de intensidad energética a diferencia del escenario alternativo.

- 
- (4) En los casos de referencia el nivel de intensidad energética permanece constante.

## V. LA DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA

La industria siderúrgica en México, juega un papel fundamental en el desarrollo económico, en virtud de que su producción resulta indispensable para la realización de la inversión bruta fija, así como insumo para la fabricación de bienes de capital, de uso intermedio y uso final, del mismo modo, es clara la importancia que tiene esta industria en materia de empleo, inversiones y producción. En general, esta rama de producción es considerada como vital por ser un sector sustitutivo de importaciones y por sus efectos dinamizadores en el desarrollo económico.

Actualmente la situación de la industria siderúrgica mexicana puede caracterizarse como difícil dadas las condiciones que prevalecen tanto en el contexto nacional como internacional. La contracción del mercado interno, el proteccionismo a nivel internacional, la falta de financiamiento interno y el endeudamiento externo son los problemas que aquejan al sector siderúrgico mexicano y que lo han sumergido en un verdadero cuello de botella.

### 1. El Contexto Internacional

La crisis de la producción de acero en México se encuentra inmersa en la evolución de los mercados internacionales, los que en los últimos años han mostrado una fuerte contracción, principalmente en las economías desarrolladas.

El cuadro V-1, señala la evolución de la producción mundial de acero. A diferencia del crecimiento constante ocurrido desde fines de la segunda guerra mundial, a partir de los últimos años de la década de los setenta se da una tendencia a la caída de la producción (mientras que de 1974 a 1984 la producción no creció). Los países industrializados, particularmente Estados Unidos, fueron los países que más sintieron la contracción mundial de la industria siderúrgica.

A diferencia de este fenómeno se observa en el cuadro V-2, que los países en desarrollo han mantenido un crecimiento positivo durante los últimos años.

La crisis mundial de la producción de acero bien puede deberse a tres factores fundamentales característicos en la década de los setentas: la crisis energética, la disminución de la actividad económica, y la sustitución del acero por otros productos. A raíz del incremento de los precios de los energéticos se inició un proceso tendiente a incrementar la eficiencia de los procesos de aceración, al mismo tiempo que cambian los patrones de consumo disminuyendo los mercados, sin embargo, la caída de la producción en los países industrializados fue compensada por el crecimiento habido en los países en desarrollo.

CUADRO V-1  
 PRODUCCION MUNDIAL DE ACERO  
 (Millones de toneladas de acero bruto)

ANOS	PRODUCCION
1960	346
1973	703
1974	710
1975	643
1978	716
1979	749
1982	645
1983	663
1984	710

FUENTE: SIDERURGIA LATINOAMERICANA No. 316  
 AGOSTO DE 1986.

CUADRO V-2  
 PRODUCCION Y CONSUMO APARENTE POR REGIONES  
 (MILLONES DE TONELADAS)

años	ESTADOS UNIDOS		CEE		JAPON		CAME		PAISES EN DESARROLLO	
	produccion	consumo	produccion	consumo	produccion	consumo	produccion	consumo	produccion	consumo
1974	132.1	144.1	156.3	125.1	117.0	77.0	165.0	188.9	55.0	99.1
1975	105.8	116.9	128.3	99.3	102.0	63.0	132.6	135.1	59.3	100.3
1976	116.1	129.9	134.7	117.2	102.0	65.0	199.9	200.9	60.6	101.9
1977	113.7	133.9	126.7	106.4	102.0	63.0	204.1	204.0	71.2	116.0
1978	124.3	146.4	133.2	103.3	102.0	67.0	211.0	212.0	84.9	139.3
1979	123.6	140.9	141.3	113.5	112.0	78.0	209.9	210.9	94.3	146.3
1980	101.4	115.5	128.7	105.7	111.0	79.0	205.1	209.1	99.7	152.7
1981	109.6	128.7	128.4	94.1	102.0	71.0	206.1	205.3	99.3	150.0
1982	67.6	84.2	111.4	91.4	100.0	70.0	203.4	204.1	103.1	140.7
1983	76.7	94.5	109.5	85.0	97.0	66.0	210.1	210.9	109.3	140.1
1984	85.0	114.0	119.0	90.0	106.0	74.0	212.0	213.0	119.0	153.7

FUENTE: SIDERURGIA LATINOAMERICANA, núm. 316, agosto de 1986.



Las tendencias mundiales, particularmente en los países industrializados indican que la industria siderúrgica enfrenta una profunda transformación tecnológica cuyos objetivos se canalizan hacia el logro de una mayor calidad de los productos terminados (ofreciendo mayor resistencia y menor peso)(1), al mismo tiempo que se busca incrementar la productividad y reducir los costos de producción.

Durante los años setentas en la región de los países latinoamericanos, la industria siderúrgica observa un crecimiento vertiginoso en los renglones de producción y capacidad instalada, no sólo en términos cuantitativos sino también cualitativos, en virtud de que las plantas instaladas son de lo más modernas y productivas del mundo. Al mismo tiempo que la producción pasó de 17.8 millones de toneladas en 1974 a 33.0 millones en 1984. Igualmente, el consumo aparente se incrementó de 17.3 millones de 1970 a 37.2 millones en 1980. Sin embargo, es a partir de este último año cuando debido a los procesos de ajuste económico y a la crisis de la deuda externa que sufrieron los países latinoamericanos, estos se vieron en la necesidad de buscar mercados de exportación a fin de conseguir las divisas necesarias y compensar los excedentes derivados de la contracción del mercado interno.

La participación de la siderurgia latinoamericana en el mercado mundial del acero tuvo efectos positivos en los años de 1983 y 1984 debido a las condiciones de competitividad bajo las cuales prevaleció la industria (modernidad tecnológica, disponibilidad de materia prima y mano de obra barata), logrando incrementar en el primer año sus exportaciones en 100% con respecto a 1983.

No obstante el éxito alcanzado en la exportación de acero por los países latinoamericanos, la repercusión en el mercado externo ha enfrentado serias restricciones de corte proteccionista impuestas por los países desarrollados, principalmente por los Estados Unidos. Como consecuencia de estas medidas, se ofreció a los tres países latinoamericanos (México, Brasil y Venezuela) que exportan acero a los Estados Unidos, una cuota conjunta de exportación que resultó menor en casi el 50% de su participación que tuvieron en 1983.

Es así como en el contexto del comercio exterior, la industria siderúrgica latinoamericana no ha podido adaptarse de manera eficaz al mercado, debido que por un lado, la coyuntura en la que se plantea introducir al sector manifiesta una crisis y una profunda transformación del mismo a nivel mundial, y por otro, la falta de experiencia y de especialización de una industria que responde al exterior como consecuencia de la contracción de los propios mercados internos.

(1) La industria automotriz por ejemplo, ha disminuido su consumo de acero por unidad de producto. En los Estados Unidos se requieren 1,800 lbs. de acero por auto, la proporción disminuye a 325 lbs./auto.

## 2. ORGANIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA MEXICANA

La industria siderúrgica se clasifica en función del grado de transformación de la materia prima utilizada durante proceso de producción.

Las empresas integradas son aquellas que realizan todo el proceso de producción; las semi-integradas realizan la producción de bienes siderúrgicos a partir del hierro primario y/o la chatarra; y por último las relaminadoras que parten del lingote de acero para laminar productos.

Hasta mediados de 1980 eran cinco las empresas integradas:

- Altos hornos de México S.A. (AHMSA)
- Fundidora Monterrey S.A. (FUMOSA)
- Siderúrgica Lázaro Cárdenas - Las Truchas S.A. (SICARTSA)
- Hojalata y Lámina, S.A. (HYLSA)
- Tubos de acero de México S.A. (TAMSA)

Las tres primeras corresponden al sector paraestatal y forman el consorcio denominado SIDERMEX; mientras que HYLSA y TAMSA constituyen empresas de capital privado.

Las tres empresas que conforman SIDERMEX se caracterizan por utilizar el proceso de producción de alto horno para la obtención de arrabio, mientras que HYLSA y TAMSA utilizan el método de reducción directa para obtener el hierro esponja.

En las empresas semi-integradas el proceso de aceración se lleva a cabo a través del Horno Eléctrico de Arco (en el cuadro V-3 se muestran las características de las plantas integradas y semi-integradas). Asimismo, existen una gran cantidad de pequeñas y medianas industrias, que se dedican a laminar productos.

La evolución de la siderurgia mexicana en el periodo 1970-1985 puede dividirse en dos grandes periodos dentro de los cuales la producción nacional y el consumo aparente parecen ir a la par de la evolución de la industria a nivel mundial particularmente en el caso de la industria latinoamericana mencionado con anterioridad.

De 1960 a 1980 la participación de la siderurgia en el PIB pasó de 1.01% a 1.18%. asimismo, de 1970 a 1980 la industria tuvo un crecimiento medio anual 7.5%, que resultó superior al

## 2. ORGANIZACION Y CLASIFICACION DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA MEXICANA

La industria siderúrgica se clasifica en función del grado de transformación de la materia prima utilizada durante el proceso de producción.

Las empresas integradas son aquellas que realizan todo el proceso de producción; las semi-integradas realizan la producción de bienes siderúrgicos a partir del hierro primario y/o la chatarrá; y por último las relaminadoras que parten del lingote de acero para laminar productos.

Hasta mediados de 1980 eran cinco las empresas integradas:

- Altos Hornos de México S.A. (AHMSA)
- Fundidora Monterrey S.A. (FUMOSA)
- Siderúrgica Lázaro Cárdenas - Las Truchas S.A. (SICARTSA)
- Hojalata y Lámina S.A. (HYLSA)
- Tubos de acero de México S.A. (TAMSA)

Las tres primeras corresponden al sector paraestatal y forman el consorcio denominado SIDERMEN, mientras que HYLSA y TAMSA constituyen empresas de capital privado.

Las tres empresas que conforman SIDERMEN se caracterizan por utilizar el proceso de producción de alto horno para la obtención de arrabio, mientras que HYLSA y TAMSA utilizan el método de reducción directa para obtener el hierro esponja.

En las empresas semi-integradas el proceso de aceración se lleva a cabo a través del Horno Eléctrico de Arco (en el cuadro V-3 se muestran las características de las plantas integradas y semi-integradas). Asimismo, existen una gran cantidad de pequeñas y medianas industrias, que se dedican a laminar productos.

La evolución de la siderúrgica mexicana en el periodo 1970-1985 puede dividirse en dos grandes periodos dentro de los cuales la producción nacional y el consumo aparente parecen ir a la par de la evolución de la industria a nivel mundial particularmente en el caso de la industria latinoamericana mencionado con anterioridad.

De 1960 a 1980 la participación de la siderurgia en el PIB pasó de 1.01% a 1.18%. Asimismo, de 1970 a 1980 la industria tuvo un crecimiento medio anual 7.5%, que resultó superior al

CARGO V-2  
ESTRUCTURA DE LA INDUSTRIA SIDERURGICA MEXICANA  
EMPRESAS INTEGRADAS Y SEMI-INTEGRADAS  
1966

EMPRESA	CAPACIDAD DE PRODUCCION MILES DE TONS.	HOGAR ABIERTO	HORNO ELECTRICO	CONVERTIDOR AL OXIGENO
SIDERURGIA INTEGRADA	11170	15	15	10
ALTOS HORNOS DE MEXICO	5260	11		5
FUNDIDORA MANTERKEY (paralizada)	1500	4		2
HYLSA	2000		10	
SICARTSA	1350			3
TAMSA	960		5	
SIDERURGIA SEMI-INTEGRADA	7616		36	
ACERO SOLAR	15		2	
ACEROS DE CHIHUAHUA	110		3	
ACEROS ECATEPEC	100		3	
ACEROS INDUSTRIALES	36		1	
ACEROS NACIONALES	350		3	
ACEROS SAN LUIS	120		2	
CTA. SIDERURGICA DE GUADALAJARA	300		3	
FUNDICIONES DE HIERRO Y ACERO	20		4	
INDUSTRIAS C. A.	210		2	
LAMINADORA AZCAPOTZALCO	88		1	
METALURGICA VERACRUZANA	80		3	
OMEGA MANUFACTURERA	36		2	
PACAS DE METAL Y LAMINACION	10		1	
SIDERURGICA YUCATAN	120		2	
SIDERURGICA NACIONAL	21		4	

FUENTE: SIDERURGIA LATINOAMERICANA, num. 316, agosto de 1966.

crecimiento de la industria en general, y al del conjunto de la economía (7.1% y 6.6% respectivamente).

Para 1986 la capacidad instalada fue de 12.8 millones de toneladas de acero y se utilizó en un 72%. Sin embargo, a pesar de los constantes incrementos en la producción observados hasta 1981 (Cuadro V-4), la producción acerera tuvo un déficit creciente en relación a la demanda que pasó de 84,000 toneladas en 1970 a 3.6 millones de toneladas en 1980. Este rezago creciente de la oferta para abastecer la demanda interna de productos siderúrgicos, impulsó a la industria a elaborar una serie de planes y programas tendientes a impulsar su expansión productiva.

La planificación de la industria siderúrgica mexicana a principios de los años ochentas se realizó bajo el supuesto de un constante crecimiento del producto de la economía nacional, dadas las perspectivas que se tenían principalmente con respecto a los altos precios del petróleo en el mercado internacional. Por otra parte, el largo tiempo de maduración de las inversiones en el sector (más de tres años), y el continuo crecimiento de la demanda, obligaron a la industria a incrementar su capacidad productiva a un ritmo acelerado; de lo contrario, se incurriría en un freno al crecimiento industrial, ó a un incremento sustantivo de las importaciones. Así en 1980, se inicia la construcción de la segunda etapa de SICARTISA, tendiente a incrementar la capacidad de producción en 2 millones de toneladas de acero por la vía de reducción directa - horno eléctrico. Igualmente las empresas privadas HYLISA y TAMSA realizaron fuertes inversiones para incrementar su capacidad de producción en 1.5 millones y 40 mil toneladas respectivamente. AHMSA realizó modificaciones productivas instalando una planta peletizadora, un segundo convertidor al oxígeno y una línea de colada continua llegando su capacidad de producción a 4.2 millones de toneladas al año. Finalmente las plantas semi-integradas también incrementaron su capacidad en aproximadamente 315 mil toneladas anuales.

Sin embargo, a raíz de la baja en los precios del petróleo, la crisis de la deuda externa y la puesta en marcha de los programas de estabilización, la demanda de acero se redujo drásticamente. El consumo nacional aparente pasó de 12.49 millones de toneladas en 1981 a 3.04 millones en 1982 (27.6% menos) y al año siguiente siguió disminuyendo a una tasa de 27.9% con un consumo de 6.52 millones, cifra inferior a la consumida en 1977 y casi la mitad de la alcanzada en 1981. En 1984 y 1985 parece haber una ligera recuperación en el consumo al crecer en un 18.7% en 1984 con respecto del año anterior, y para 1985 sigue creciendo pero a una tasa mucho más moderada de 1.6% alcanzando la cifra de 7.86 millones de toneladas (Cuadro V-5).

CUADRO V-4  
 PRODUCCION DE ACERO POR EMPRESAS  
 (MILES DE TONELADAS)

ANOS	AMSA	HYLSA	FUNDIDORA MONTERREY	TAMSA	SICAPSA	SEMI- INTEGRALAS	TOTAL
1976	2,062	1,275	765	349	5	514	5,298
1977	2,197	1,273	671	367	263	302	5,601
1978	2,547	1,411	949	420	586	340	6,775
1979	2,541	1,541	958	421	646	1,173	7,117
1980	2,775	1,581	974	377	792	1,179	7,196
1981	2,423	1,775	961	492	314	1,207	7,663
1982	2,275	1,879	817	353	829	1,109	7,656
1983	2,027	1,642	537	356	1,011	1,172	6,978
1984	2,462	1,617	551	343	1,113	1,226	7,560
1985(a)	2,693	1,631	441	299	813	1,234	7,303

(a) cifras preliminares.  
 FUENTE: CANACERO, DIEZ AÑOS DE ESTADISTICA SIDERURGICA, 1976-1985.

CUADRO V-5  
 CONSUMO NACIONAL APARENTE DE ACERO  
 (MILES DE TONELADAS)

ANOS	ACERO	VARIACION (%)	PLANOS	VARIACION (%)	NÓ PLANOS	VARIACION (%)
1976	5,951	-7.7	2,159	-11.2	2,038	-4.2
1977	7,118	19.5	2,332	79.6	1,919	-5.8
1978	6,053	-14.7	1,845	-21.3	2,292	14.7
1979	9,175	51.5	3,286	77.6	2,755	21.1
1980	11,412	24.4	4,934	24.3	3,500	27.0
1981	12,435	9.5	4,145	-1.6	3,890	11.1
1982	9,046	-27.6	3,183	-23.7	2,914	-25.1
1983	6,524	-27.9	2,225	-29.7	2,525	-13.3
1984	7,743	18.7	2,563	15.2	2,923	15.8
1985(a)	7,665	1.6	2,685	4.9	3,015	3.1

(a) cifras preliminares.  
 FUENTE: CANACERO, DIEZ AÑOS DE ESTADISTICA SIDERURGICA, 1976-1985.

No obstante el repunte alcanzado durante estos últimos dos años, el consumo sigue siendo insuficiente con respecto a las expectativas que se tenían hasta antes de la crisis de la industria.

La alternativa a la crisis de sobreproducción de la siderúrgica mexicana fue la búsqueda de mercados de exportación para colocar el excedente contracción del mercado interno. Las exportaciones tuvieron un incremento notable, en 1982 se colocaron en el mercado e ternó 351,000 toneladas de productos siderúrgicos contra 103,000 toneladas en 1981. Como consecuencia de la firma del convenio establecido por el gobierno mexicano con el de Estados Unidos que restringe la ventas mexicanas a 0.3% del consumo estadounidense, las ventas mexicanas en 1985 se desplomaron al nivel de 457,000 toneladas, después de los incrementos significativos de 1983 y 1984.

Las importaciones por su parte, en 1981 fueron de 3.7 millones de toneladas, en 1982 se redujeron a 1.5 millones de toneladas, en 1983 a 490,000 toneladas y en 1985 751,000 toneladas. La balanza comercial muestra un superávit solamente en los años de 1983 y 1984, mientras que en 1985 se convierte en un déficit de 137,000 toneladas.

De esta manera, con las fuertes limitaciones que presenta la colocación de productos siderúrgicos en el exterior y la drástica contracción del mercado interno, los proyectos de expansión de la industria han sido paralizados, y dado que la mayoría de las expansiones y nuevas plantas han sido financiadas con endeudamiento externo, la siderúrgica ha caído en una situación financiera verdaderamente difícil considerándose incluso que cerca del 50% de los ingresos actuales de las empresas se dedican al servicio de la deuda.

Como se ha visto, la industria siderúrgica enfrenta problemas de gran envergadura que han obligado al gobierno a establecer programas tendientes a convertir a la industria, maximizando su eficiencia con la finalidad de lograr una mayor participación en los mercados externos y saneando su difícil situación financiera.

En este contexto, se plantea el proceso de conversión o reconversión industrial para el caso del sector siderúrgico. En el sector paraestatal ha realizado ajustes con un alto costo social, como lo demuestra el cierre de Fundidora Monterrey, el cierre de Aceros Planos de Chihuahua, la cancelación del proyecto para ampliar HYSLA, la suspensión del proyecto de la etapa dos de SICARTSA, absorción de los pasivos de AHMSA y SICARTSA, la apertura del comercio exterior y el cierre del horno 2 de AHMSA.

CUADRO V-6  
EXPORTACION DE PRODUCTOS SIDERURGICOS, 1976-1985  
(MILES DE TONELAJAS)

PRODUCTOS	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985(a)
Acrabio	-	-	46	1	24	-	-	48	23	-
Ferrosaleaciones	7	27	35	39	40	51	47	73	57	13
Rescastes	-	3	3	-	-	-	51	44	1	7
Total materias primas y prod. semiterminados	7	3	84	40	64	51	99	165	81	20
Planos(1)	15	31	14	13	3	3	15	259	261	111
No planos	23	91	252	158	21	5	175	463	360	140
Tubos	96	104	84	73	34	31	45	220	256	156
Varios	20	35	32	25	18	13	15	34	34	30
Total prod. terminados y elaborados	154	257	380	269	78	52	253	976	913	437

(a) Cifras preliminares.

(1) Incluye algunos productos derivados.

FUENTE: CANACERO. "DIEZ AÑOS DE ESTADÍSTICA SIDERURGICA, 1976-1985.

CUADRO V-7  
IMPORTACION DE PRODUCTOS SIDERURGICOS, 1976-1985  
(MILES DE TONELAJAS)

PRODUCTOS	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985(a)
Acrabio	112	25	53	70	137	152	43	4	6	20
Ferrosaleaciones	11	2	9	13	11	28	5	1	8	5
Planquilla planchon y desbastes de acero	50	26	37	26	381	400	92	40	18	162
Total materias primas y prod. semiterminados	173	53	99	169	529	580	140	45	32	187
Planos(1)	202	369	458	483	1168	1180	666	187	334	276
No planos	147	79	129	263	589	815	215	61	100	183
Tubos	61	825	569	594	666	985	419	171	284	62
Varios	57	43	66	93	102	112	78	34	60	40
Total prod. terminados y elaborados	467	1255	1229	1433	2514	3392	1378	453	778	564

(a) Cifras preliminares.

(1) Incluye algunos productos derivados.

FUENTE: CANACERO. "DIEZ AÑOS DE ESTADÍSTICA SIDERURGICA, 1976-1985.



### 3. PROCESO DE PRODUCCIÓN EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA

El proceso de producción de acero y bienes siderúrgicos comprende desde la preparación de las materias primas necesarias para la producción de acero, la transformación de éste en laminados, y finalmente, el acabado de éstos últimos en productos terminados. Asimismo, existen diferentes formas de producir acero que varían en función de la materia prima utilizada.

Es posible distinguir o grandes rasgos, cuatro etapas del proceso de producción:

1. Preparación de las materias primas (carbón todo uno, minerales de hierro y piedra caliza).
2. Producción de hierro primario o de primera fusión para obtener arrabio o hierro esponja, según el proceso tecnológico utilizado.
3. Producción de acero para laminación, fundición y forja.
4. Laminación en diferentes etapas hasta el producto final.

El mineral de hierro, el carbón todo uno y la piedra caliza son las materias primas utilizadas en la producción de acero. El primero, es concentrado para después sufrir un proceso de aglomeración a través del sinterizado o peletizado; asimismo se transforma hasta convertirse en coque; finalmente, la piedra caliza se transforma en cal.

Para la producción de acero líquido se emplean cuatro procedimientos:

- a) Alto Horno - Hogar Abierto
- b) Alto Horno - Convertidor al Oxígeno
- c) Reducción Directa - Horno Eléctrico
- d) Chatarra - Horno Eléctrico

La producción por medio de alto horno, utiliza como materias primas el coque, el sinter y el pélet a fin de obtener arrabio, el cual pasa al proceso de aceración tanto en el horno de hogar abierto como de convertidor al oxígeno.

El proceso de reducción directa, como su nombre lo indica efectúa en forma directa la reducción del mineral de hierro ya peletizado, empleando para ello gas natural y obteniendo como producto hierro esponja, el que alimenta al horno eléctrico de arco para la producción de acero.

El último proceso citado emplea como materia prima la chatarra que alimenta al horno eléctrico para la aceración. El proceso hasta aquí descrito puede observarse en la figura V-1.

Después de la obtención de acero, el proceso de producción adopta dos técnicas alternativas de vaciado: por colada continua y por lingotes. De aquí se obtiene el planchón, el tocho y la palanquilla, los cuales pasan a los hornos de recalentamiento para posteriormente laminarse, ya sea en frío o en caliente, y ser transformados en productos finales.

De la palanquilla se obtienen los productos no planos como el alambre, la varilla corrugada, las barras macizas, perfiles livianos y pesados; con el planchón es posible obtener la placa de acero o bien transformarlo en tubos con costura; y por último, de los tochos se extraen formas estructurales, rieles o tubos sin costura. (figura V-2).

La producción de bienes requiere bajo el esquema arriba analizado, una amplia infraestructura que para las plantas integradas representa un acervo de capital bastante considerable cuyos montos principales se encuentran distribuidos de la siguiente forma.

- COQUIZADORAS.- El sector paraestatal de la industria siderúrgica dispone de cuatro plantas coquizadoras con recuperación de subproductos con una capacidad de 3.6 millones de toneladas de coque metalúrgico, suficiente para abastecer las necesidades para la producción de arrabio. Asimismo, el sector privado cuenta con una planta coquizadora con una capacidad de 495 mil toneladas incrementando la capacidad nacional de producción a 4.1 millones de toneladas/año.

- PELETIZADORAS.- Son siete las plantas peletizadoras con una capacidad anual de producción de 11.55 millones de toneladas de pélet.

- ALTOS HORNOS.- Existen actualmente nueve Altos Hornos para la producción de arrabio, todos ellos propiedad del sector paraestatal. la capacidad instalada conjunta asciende a 5.7 millones de toneladas anuales, que se distribuyen en 59.2% para AHMSA, 22.8% a FUMOSA (cerrada) y 18% a SICARTSA.

- REDUCCION DIRECTA.- Son seis las plantas de reducción directa que existen en el país y casi todas están bajo control del sector privado, cinco son propiedad de HYLSA y otra pertenece a AHMSA, con una capacidad instalada de 2 mil 25 millones de toneladas anuales de fierro esponja de los cuales el 86.1% corresponde a HYLSA y el restante 13.9% a TANSA.

- ACERIAS.- El equipo de aceración de la siderurgia mexicana cuenta con 15 hornos de hogar abierto, 10 hornos de convertidor al oxígeno y 56 hornos eléctricos con una capacidad de producción de acero líquido de 12.786 millones de toneladas (cuadro V-3).

FIGURA X-1  
 PROCESO DE PRODUCCION DE ACERO

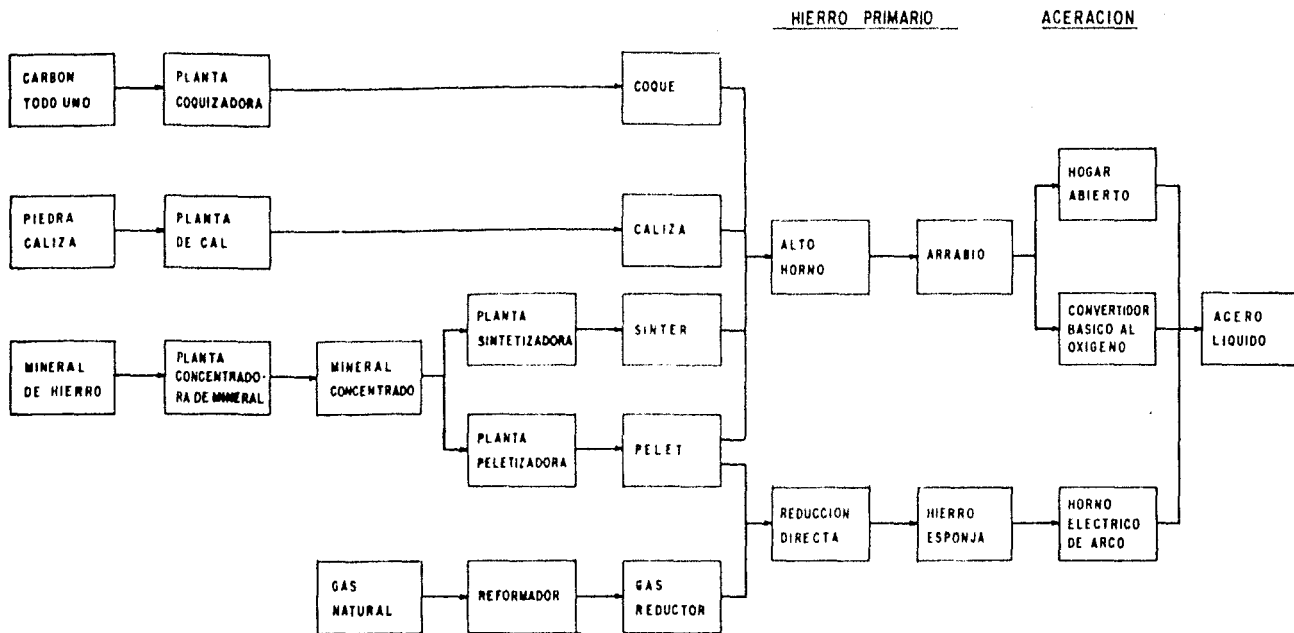
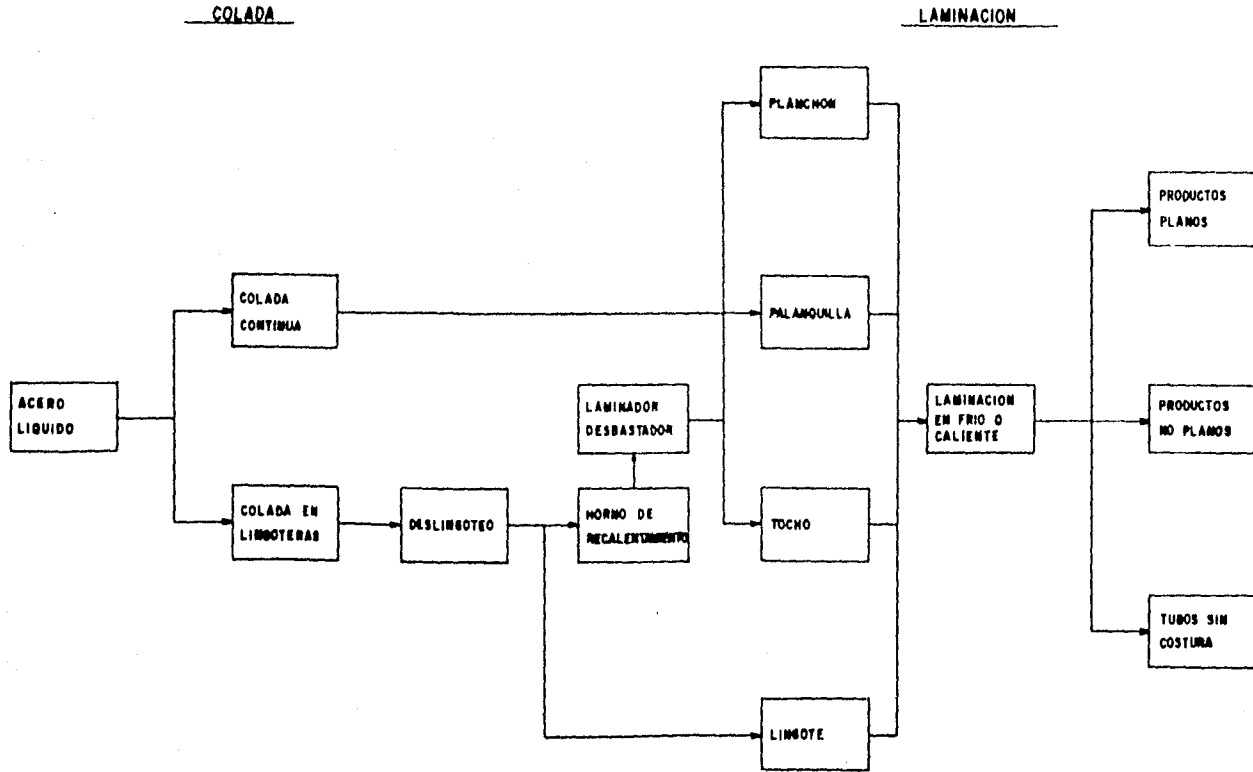


FIGURA II-2  
PRODUCCION DE BIENES SIDERURGICOS



#### 4. CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA

El consumo de energía en la producción de bienes siderúrgicos se distingue por ser altamente intensivo en el uso de hidrocarburos, coque y en menor medida de electricidad. Como se observa en el cuadro V-8 la evolución del consumo energético en la industria siderúrgica no muestra un comportamiento uniforme, se da un crecimiento hasta el año de 1981 en el consumo específico de los principales energéticos utilizados, y para 1985 el nivel de intensidad energética disminuye a un nivel cercano, al de 1970, el alto crecimiento registrado en 1981 bien pudiera deberse a la gran disponibilidad y bajos precios de la energía habidos en esa época, aunque la heterogeneidad de las fuentes de información pudiera ser un factor determinante en las desviaciones encontradas en el cuadro señalado.

En el presente capítulo se analizan las características de la evolución de la producción y de los consumos de energía por tipo de energético en la industria, y posteriormente se analizará con base en la información disponible los consumos de energía por proceso de producción de acero (convertidor al oxígeno, hogar abierto y horno eléctrico), en virtud de que los consumos específicos de cada uno de ellos difieren significativamente en términos de la cantidad y tipo de energéticos.

#### a) PRODUCCION DE ACERO POR PROCESO

Como se analizó en el capítulo anterior la producción de acero en México ha estado sujeta a factores que tienen que ver con características de la demanda interna y externa, sin embargo, la producción de acero por proceso depende de las condiciones tecnológicas bajo las cuales prevalece la producción, es decir, que la distribución de la producción en cada uno de los tres procesos de aceración utilizados en la industria siderúrgica en México, depende de la eficiencia de cada uno de ellos. En este sentido, se muestra en los cuadros V-10 y V-11 la evolución en términos absolutos y relativos de la producción de acero por proceso en México. Se observa que en el periodo 1971-1985, el proceso hogar abierto ha disminuido drásticamente su participación al pasar del 58.7% 1971 a 13.9% en 1985, al mismo tiempo que la vía de aceración por medio del convertidor al oxígeno se ha incrementado notablemente al pasar del 7.97% en 1982 al 42.7% en 1985. Por su parte, la participación del horno eléctrico ha permanecido casi constante. Es posible esperar en el futuro un incremento sustancial del uso de horno eléctrico y una eliminación gradual del horno de hogar abierto.

#### b) CONSUMO DE HIDROCARBUROS EN LA PRODUCCION DE ACERO

Los hidrocarburos constituyen una de las dos fuentes energéticas principales en el consumo de la industria. En 1985 el gas natural, el combustóleo y el diesel absorbieron de manera conjunta el 50.4% del consumo total energético.

### 4. CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA

El consumo de energía en la producción de bienes siderúrgicos se distingue por ser altamente intensivo en el uso de hidrocarburos, coque y en menor medida de electricidad. Como se observa en el cuadro V-8 la evolución del consumo energético en la industria siderúrgica no muestra un comportamiento uniforme, se da un crecimiento hasta el año de 1981 en el consumo específico de los principales energéticos utilizados, y para 1985 el nivel de intensidad energética disminuye a un nivel cercano al de 1970. el alto crecimiento registrado en 1981 bien pudiera deberse a la gran disponibilidad y bajos precios de la energía habidos en esa época, aunque la heterogeneidad de las fuentes de información pudiera ser un factor determinante en las desviaciones encontradas en el cuadro señalado.

En el presente capítulo se analizan las características de la evolución de la producción y de los consumos de energía por tipo de energético en la industria, y posteriormente se analizará con base en la información disponible los consumos de energía por proceso de producción de acero (convertidor al oxígeno, hogar abierto y horno eléctrico), en virtud de que los consumos específicos de cada uno de ellos difieren significativamente en términos de la cantidad y tipo de energéticos.

#### a) PRODUCCION DE ACERO POR PROCESO

Como se analizó en el capítulo anterior la producción de acero en México ha estado sujeta a factores que tienen que ver con características de la demanda interna y externa, sin embargo, la producción de acero por proceso depende de las condiciones tecnológicas bajo las cuales prevalece la producción, es decir, que la distribución de la producción en cada uno de los tres procesos de aceración utilizados en la industria siderúrgica en México, depende de la eficiencia de cada uno de ellos. En este sentido, se muestra en los cuadros V-10 y V-11 la evolución en términos absolutos y relativos de la producción de acero por proceso en México. Se observa que en el periodo 1971-1985, el proceso hogar abierto ha disminuido drásticamente su participación al pasar del 58.7% 1971 a 13.9% en 1985, al mismo tiempo que la vía de aceración por medio del convertidor al oxígeno se ha incrementado notablemente al pasar del 7.97% en 1982 al 42.7% en 1985. Por su parte, la participación del horno eléctrico ha permanecido casi constante. Es posible esperar en el futuro un incremento sustancial del uso de horno eléctrico y una eliminación gradual del horno de hogar abierto.

#### b) CONSUMO DE HIDROCARBUROS EN LA PRODUCCION DE ACERO

Los hidrocarburos constituyen una de las dos fuentes energéticas principales en el consumo de la industria. En 1985 el gas natural, el combustóleo y el diesel absorbieron de manera conjunta el 50.4% del consumo total energético.

CUADRO V-8  
CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA  
(KCAL X E12)

ANO	PRODUCCION*	ELECTRICIDAD*	COQUE	HIIDROCARBUROS	TOTAL ENERGIA*	CONSUMO ESPECIFICO(1)
1970	3881	1.43	9.14	15.12	25.69	6.62
1975	5272	2.11	11.72	17.71	31.54	5.98
1981	7663	2.98	17.62	34.00	54.60	7.13
1985	7202	3.31	19.35	23.55	46.72	6.40

\* Miles de Ton.  
(1) (Kcal) E98/TON

FUENTE: ELABORADO CON DATOS DE CANACERO, BALANCE DE ENERGIA  
1985 SEMIP Y SEPAPIN.

CUADRO V-9  
EVOLUCION DEL CONSUMO DE HIIDROCARBUROS EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA  
(1970-1985)

	PRODUCCION DE ACERO*	CONSUMO DE HIIDROCARBUROS		TOTAL	CONSUMO ESPECIFICO*
		GAS	COMBUSTIBLE		
1970	3,881	13.42	1.70	15.12	3.90
1971	3,821	14.23	1.48	15.48	4.05
1972	4,431	13.96	1.81	15.77	3.56
1973	4,760	14.30	1.96	16.76	3.52
1981	7,663	30.90	3.10	34	4.44
1985	7,202	19.10	4.45	23,546	3.22

FUENTE: ELABORADO CON DATOS DE CANACERO, ENCUESTA SEPAPIN Y BALANCE DE  
ENERGIA 1985 SEMIP.

cuadro V-10  
 PRODUCCION DE ACERO POR PROCESO  
 (MILES DE TONELADAS)

ANOS	HOGAR ABIERTO	CONVERTIDOR AL OXIGENO	HORNO ELECTRICO	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	1,318	2,971	3,374	7,663
1982	1,080	2,905	3,071	7,056
1983	811	2,966	3,201	6,978
1984	932	3,422	3,206	7,560
1985	1,019	3,139	3,145	7,303

FUENTE: CANACERO

cuadro V-11  
 PRODUCCION DE ACERO POR PROCESO  
 (ESTRUCTURA PORCENTUAL)

ANOS	HOGAR ABIERTO	CONVERTIDOR AL OXIGENO	HORNO ELECTRICO
1971	58.76	0.00	41.30
1972	51.49	7.97	40.54
1973	49.06	8.82	42.10
1974	45.38	12.34	42.28
1975	41.45	13.03	45.52
1976	40.66	13.27	46.07
1977	29.06	26.85	44.09
1978	22.23	36.55	41.23
1979	20.61	36.64	42.74
1980	18.87	37.56	43.57
1981	17.20	38.77	44.03
1982	15.31	41.17	43.52
1983	11.62	42.51	45.87
1984	12.33	45.26	42.41
1985	13.95	42.98	43.06

FUENTE: CANACERO



Dentro de la estructura de los hidrocarburos el gas natural representa el principal energético, mientras que el consumo de combustóleo y diesel, principalmente de este último es marginal. Esto se debe a que la utilización de gas natural está dada en todas las vías de producción. En el alto horno se consume gas y combustóleo, en los hornos de hogar abierto, y convertidor al oxígeno y las formas de laminación, ya sea en frío o en caliente, el gas es el principal energético. De la misma forma en los procesos de reducción directa-horno eléctrico y chatarra-horno eléctrico el gas natural es ampliamente utilizado.

El cuadro V-9 muestra la evolución de los consumos específicos para los hidrocarburos (combustóleo y gas natural) con respecto a la producción de acero. Se observa que hay un crecimiento de 14.9% en el nivel de intensidad energética para el periodo 1970-1981, mientras que en el periodo 1981-1985 existe un decremento considerable del orden de 28.4% que explica en buena medida la caída en el nivel general del consumo específico en el mismo periodo.

#### CI CONSUMO DE COQUE EN LA PRODUCCIÓN DE ACERO

El coque tiene una importancia significativa en el consumo de energía de la industria siderúrgica, en virtud de que su utilización en el alto horno representa el principal insumo energético. Por otra parte, la producción de arrabio a través de alto horno se caracteriza por ser la etapa más intensa en consumo energético de la producción. Además del coque, el mineral de hierro sintetizado y pelletizado alimenta al alto horno. Desde el punto de vista energético la relación que interesa analizar es la que se refiere al consumo de coque por tonelada de arrabio producida, sin embargo, el coque también se utiliza para la producción de sinter, aplicando en consecuencia un fuerte contenido energético (alrededor de 1100 lbs de coque por tonelada de sinter). El cuadro V-10 señala la producción de arrabio y el consumo de coque, observándose que el consumo específico de este último medido en millones de kilocalorías por tonelada de arrabio ha permanecido prácticamente constante en el periodo 1970-1985, situándose en un valor de alrededor de 5.4 millones de kilocalorías por tonelada. Sin embargo en el periodo 1978-1984, el consumo específico de coque sufrió una caída al pasar a un valor promedio de 4.6 millones de kcal/ton, pudiéndose interpretar este hecho como un incremento en la eficiencia del consumo energético del coque, tendencia que desaparece a partir de 1985.

#### DI CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN LA PRODUCCIÓN DE ACERO

El consumo de electricidad en la industria siderúrgica tiende a ser cada vez más intenso debido a la mayor utilización de los procesos productivos con crecientes requerimientos de electricidad y al mismo incremento de la producción. El consumo

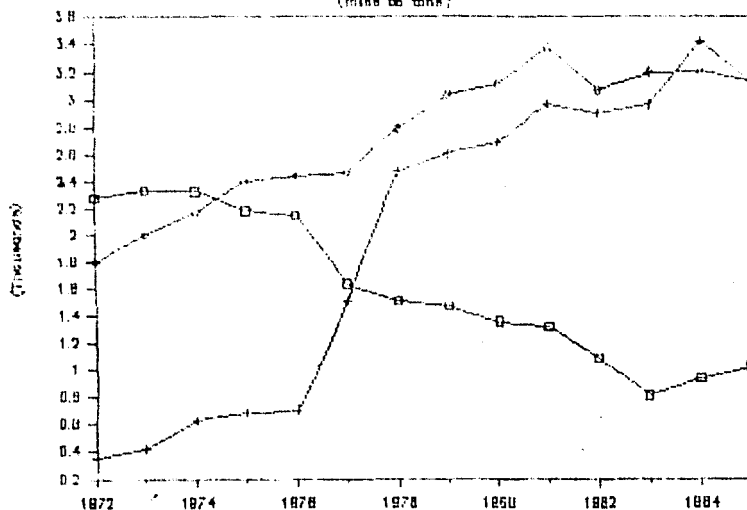
CUADRO N-12  
EVOLUCION DEL CONSUMO ESPECIFICO DE COQUE  
EN LA INDUSTRIA SIDERURGICA

AÑO	ARRABIO PROD. NAC. MILES DE TON.	COQUE (1) MILES DE TON.			COQUE* KCAL. X E12	CONSUMO ESPECIFICO KCAL. X E12/TON
		TOTAL	ALTO HORNO	SEXTER		
1970	1645	1344	1262	82	8.96	5.45
1971	1683	1374	1290	84	9.16	5.44
1972	1890	1547	1453	94	10.32	5.46
1973	2021	1701	1597	104	11.34	5.61
1974	2304	1827	1725	112	12.25	5.32
1975	2456	1924	1819	105	11.50	4.77
1976	2413	1927	1809	118	12.15	5.32
1977	3099	2405	2258	147	16.04	5.33
1978	3569	2420	2272	148	16.14	4.60
1979	3520	2552	2296	156	17.02	4.83
1980	3639	2468	2320	145	16.44	4.52
1981	3767	2559	2378	161	17.06	4.53
1982	3598	2533	2375	158	16.89	4.69
1983	3537	2617	2351	156	16.72	4.73
1984	3926	2637	2479	158	17.58	4.48
1985	3530	2901	2727	174	19.35	5.48

\* TONS. DE COQUE X 8667920 (PODER CALORICO BALANCE)

PRODUCCION DE ACERO POR PROCESO

(miles de toneladas)



□ horno abierto

+ conv. al. aci.

◇ h. eléctrico

de electricidad se ha venido incrementando en términos absolutos y relativos. Se observa en el cuadro V-13 un aumento constante en el consumo específico de electricidad al pasar de 299.5 miles de kilocalorías por tonelada de acero en 1963 a 523 miles de kilocalorías en 1985. lo que representa un incremento del 80.7% en este rubro. Por otra parte, una fracción de las necesidades de energía eléctrica de la industria es autogenerada por ella misma y se sitúa en alrededor del 7% observándose una tendencia decreciente en relación a los requerimientos totales de electricidad debido a que en 1963 la industria generaba cerca del 11% del total de energía eléctrica consumida y para 1985 la relación disminuye a 7.4%.

Las consideraciones anteriores se refieren al consumo de electricidad para todo el proceso de producción, sin embargo, los consumos específicos difieren significativamente de una a otra fase del proceso y dependiendo también de la vía de producción de que se trate. El cuadro V-14 señala como el horno eléctrico y la laminación en frío representan las fases más intensas del consumo eléctrico en el proceso siderúrgico.

#### e) CONSUMO DE ENERGÍA POR PROCESO DE PRODUCCIÓN

El análisis detallado del consumo energético en cada una de las fases de las distintas vías de producción se elabora a partir de la información proporcionada en la investigación directa realizada y publicada por el Colegio de México (3), en donde se detallan los consumos específicos para la producción de bienes siderúrgicos. Cabe aclarar que dicha información fue comparada con datos de un análisis realizado por la SEMIP (4) observando resultados coincidentes en ambos casos.

Con base en la descripción realizada del proceso de producción, es posible distinguir cinco vías de elaboración de acero y productos terminados, al mismo tiempo que éstos últimos se subdividen principalmente en productos planos y no planos. Las vías analizadas desde el punto de vista del consumo energético en las plantas integradas son:

- Convertidor básico al oxígeno con colada continua.
- Convertidor básico al oxígeno sin colada continua.
- Horno de hogar abierto sin colada continua.
- Reducción directa horno eléctrico con colada continua.
- Reducción directa horno eléctrico sin colada continua.

En el cuadro V-15 se sintetizan los consumos específicos para cada uno de los procesos, destacando el menor consumo energético para los productos no planos con respecto a los planos en una misma vía productiva, lo cual se debe a que la elaboración de productos no planos no requiere de la fase de horno de

(3) OSCAR GUZMAN Y OTROS OP.CIT.

(4) Análisis del consumo y racionalización de los energéticos en la industria siderurgia SEMIP.

CUADRO V-13  
 CARACTERISTICAS DEL CONSUMO DE ELECTRICIDAD EN  
 LA INDUSTRIA SIDERURGICA  
 (\*KCAL X E12)

ANO	COMPRADA	PART. (%)	AUTOGENERADA	PART. (%)	TOTAL
1963	0.5232	89.19	0.0634	10.81	0.5866
1970	1.3269	93.11	0.1963	6.89	1.4272
1975	1.9435	92.10	0.1666	7.90	2.1101
1981	1.7650	92.62	0.1200	7.36	1.9850
ANO	PRODUCCION MILES DE TON	TASA DE CRECIMIENTO	CONS. DE ELECTRICIDAD	TASA DE CRECIMIENTO	CONSUMO ESPECIFICO*
1963	2.102		0.5866		289.536
1970	3.891	91.56	1.4272	143.3	367.740
1975	5.272	35.84	2.1101	74.43	403.246
1981	7.663	45.35	1.9850	41.46	389.534
1985	7.293	-4.76	3.8209	27.97	525.072

\* KCAL/TON  
 FUENTE: ELABORADO CON DATOS DE CFE, SERAFIN Y BALANCE DE ENERGIA 1985  
 SEMIF.

CUADRO V-14  
 CONSUMOS ESPECIFICOS DE ELECTRICIDAD EN LAS  
 PRINCIPALES ETAPAS DEL PROCESO SIDERURGICO

ETAPA DEL PROCESO	consumo especifico	
	kcal/ton	kwh/ton
Sinterizacion	38,700	45
Alto horno	30,100	35
Convertidor al oxigeno	25,800	30
Hogar caliente	60,200	70
Horno electrico	559,000	650
Laminacion en caliente	73,100	85
Laminacion en frio	129,000	150

FUENTE: CANACERO

CUADRO V-15  
 CONSUMOS ESPECÍFICOS DE PRODUCTOS PLANOS Y NO PLANOS  
 DE ACUERDO A LOS DIFERENTES PROCESOS (1963)

TOTAL > ELEVÓN

PROCESO	PRODUCTO PLANO	PRODUCTO NO PLANO
AH-HOGAR ABIERTO-SIN COLADA CONTINUA	8.25	7.78
A-CONVERTIDOR-SIN COLADA CONTINUA	7.80	7.37
A-CONVERTIDOR-CON COLADA CONTINUA	6.43	5.69
RD-HORNO ELECTRICO- SIN COLADA CONTINUA	8.78	8.3
RD-HORNO ELECTRICO- CON COLADA CONTINUA	7.26 (9.06)*	6.45 (7.3)*
CHATARRA-HORNO ELECTRICO- SIN COLADA CONTINUA	2.14	1.89
CHATARRA-HORNO ELECTRICO- CON COLADA CONTINUA	1.55	1.24

\* AL INCLUIRSE LA EFICIENCIA DEL PARQUE ELECTRICO.

AH = ALTO HORNO

RD = REDUCCION DIRECTA

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE  
 LA ENERGIA EN MEXICO" ENIA, COLOMEN.

recobido. Se aprecia también que el proceso de alto horno convertidor al oxígeno con colada continua resulta ser el más eficiente desde el punto de vista energético tanto para productos planos como no planos.

Por otra parte, en los cuadros V-16 al V-20 se señalan los consumos específicos de energía requeridos para la producción de una tonelada de producto. Se observa que la etapa más intensa en el consumo de energía se da en la producción de hierro de primera fusión ya sea bajo la forma de arrabio o hierro esponja a través de alto horno o reducción directa respectivamente. Para el primero el energético principal es el coque y representa aproximadamente el 80% de la energía consumida en todo el proceso, mientras que para la reducción directa se utiliza el gas y también absorbe un 80% de la energía consumida en el proceso.

En lo que se refiere al proceso de aceración, la producción por medio del horno de hogar abierto es la más ineficiente en virtud de que para la producción de 1450 lbs. de acero requiere de 1.810,5 miles de kilocalorías que representan un monto superior en 1785,7% a las necesidades que para la misma cantidad de acero requiere el convertidor al oxígeno ya que éste solo necesita 101,5 miles de kcal; por su parte, el horno eléctrico consume de 810,55 miles de kcal para la producción de 1450 kgs. de acero, pero a diferencia de los otros dos procesos que utilizan el gas como energético fundamental, el horno eléctrico requiere como su nombre lo indica, de energía eléctrica.

La utilización de la colada continua presenta dos ventajas fundamentales debido a que por un lado, el consumo energético disminuye en todas las vías de producción, y para el caso del convertidor al oxígeno y de la reducción directa representa un ahorro energético de 17% y 10% respectivamente. Por otro lado, la producción que se realiza con la colada continua es más eficiente en el aprovechamiento de la materia prima ya que de no utilizarse se requieren 1450 lb. de acero para producir una tonelada de producto plano, mientras que por el contrario, al utilizarse la proporción disminuye a 1250 lb. por tonelada de producto plano.

Son notorias las diferencias arriba expuestas en lo que se refiere al consumo energético en cada una de las alternativas de producción, lo que ha tenido un impacto significativo en la estructura de la producción al configurarse las tendencias señaladas en la sección en donde se analizó la producción de acero por proceso, y se advierte que la producción via horno de hogar abierto ha venido perdiendo participación dentro de la producción total en el periodo 1981-1985, en virtud de que como se ha visto representa el proceso de aceración más intensivo en el consumo energético, en contrapartida, la producción por convertidor al oxígeno incrementa su participación notablemente dada su alta eficiencia en este rubro.

CUADRO V-16  
CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA TONELAJA DE UN PRODUCTO  
A TRAVÉS DE CONVERTIDOR AL OXÍGENO Y SIN  
COLADA CONTINUA

FASE DEL PROCESO	CONSUMO ENERGÉTICO KCAL. Y E.P.C.			PRODUCTO (KGS.)		
	PLANO	NO PLANO	ENERGÉTICO	PLANO	NO PLANO	
SINTERIZADO	426.2	457.947	COQUE	SINTER	511.0	496.9
ALTO HORNO	5,957.8	5742.746	COQUE	ARRABIO	1,067.0	1,057.5
CONVERTIDOR	101.5	26.7	HIDROCARBUROS	ACERO	1,450.0	1,410.0
FOSAS	500.0	490.21	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECALENT	600.0	583.45	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECOCCIO	250.0	-	HIDROCARBUROS	-	-	-
TOTAL	7,625.4	7,368.2		1 TON DE PRODUCTO		

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO EDIT. COLUMEX. Y ELABORACION PROPIA.

CUADRO V-17  
CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA TONELAJA DE UN PRODUCTO  
A TRAVÉS DE CONVERTIDOR AL OXÍGENO Y CON  
COLADA CONTINUA

FASE DEL PROCESO	CONSUMO ENERGÉTICO KCAL. Y E.P.C.			PRODUCTO (KGS.)		
	PLANO	NO PLANO	ENERGÉTICO	PLANO	NO PLANO	
SINTERIZADO	425.1	371.7	COQUE	SINTER	525.0	483.2
ALTO HORNO	5,094.3	4,682.0	COQUE	ARRABIO	1,175.0	1,081.0
CONVERTIDOR	80.3	76.7	HIDROCARBUROS	ACERO	1,250.0	1,150.0
HORNO RECALENT	600.0	552.0	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECOCCIO	250.0	-	HIDROCARBUROS	-	-	-
TOTAL	6,439.6	5,662.1		1 TON DE PRODUCTO		

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO EDIT. COLUMEX. Y ELABORACION PROPIA.

CUADRO V-18  
CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA TONELADA DE UN PRODUCTO  
A TRAVÉS DE REDUCCIÓN DIRECTA Y HORNO  
ELECTRICO SIN COQUE CONTINUA

FASE DEL PROCESO	CONSUMO ENERGÉTICO KCAL. Y EQ			PRODUCTO (Kgs.)		
	PLANO	NO PLANO		ENERGETICO	PLANO	NO PLANO
RED. DIRECTA	6,614.2	441.4	GAS NATURAL	FIERRO ESPONJA	1,300.0	1,264.1
HORNO ELECTRICO	810.6	788.2	ELECTRICIDAD	ACERO	1,450.0	1,410.0
FOSAS	500.0	480.1	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECALENT.	600.0	500.5	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECOCIDO	250.0	-	HIDROCARBUROS	-	-	-
TOTAL	8,724.7	8,210.3		1 TON DE PROD. PLANO		

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO" EDIT. COLMEX. Y ELABORACION PROPIA.

CUADRO V-19  
CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA TONELADA DE UN PRODUCTO  
A TRAVÉS DE REDUCCIÓN DIRECTA Y HORNO  
ELECTRICO CON COQUE CONTINUA

FASE DEL PROCESO	CONSUMO ENERGÉTICO KCAL. Y EQ			PRODUCTO (Kgs.)		
	PLANO	NO PLANO		ENERGETICO	PLANO	NO PLANO
RED. DIRECTA	5,710.5	-	GAS NATURAL	FIERRO ESPONJA	1125	1035
HORNO ELECTRICO	406.9	-	ELECTRICIDAD	ACERO	125	1150
HORNO RECALENT.	600.0	-	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECOCIDO	250.0	-	HIDROCARBUROS	-	-	-
TOTAL	7,259.3	-		1 TON DE PROD. PLANO		

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO" EDIT. COLMEX. Y ELABORACION PROPIA.



CONSUMO ENERGETICO  
 CONSUMO ENERGETICO PARA LA TONELADA DE UN PRODUCTO  
 A TRAVES DE HOGAR ABIERTO SIN COLADA  
 CONTINUA

FASE DEL PROCESO	CONSUMO ENERGETICO KCAL X TON			PRODUCTO (KGS.)	PRODUCTO (KGS.)	
	PLANO	NO PLANO	ENERGETICO		PLANO	NO PLANO
SINTERIZADO	274.0	364.5	COQUE	SINTER	511.0	496.9
ALTO HORNO	4,714.2	4,589.0	COQUE	ARRABIO	1,087.0	1,057.5
HOGAR ABIERTO	1,912.5	1,792.5	HIIDROCARBUROS	ACERO	1,450.0	1,410.0
FGSAS	500.0	482.2	HIIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECALENT	600.0	583.5	HIIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECOCCITO	250.0		HIIDROCARBUROS	-	-	-
TOTAL	8,251.5	7,780.0		1 TON DE PROD. PLANO		

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO" EDIT. COUNEX. Y ELABORACION PROPIA.

CUADRO N.º 20  
 CONSUMO ENERGÉTICO PARA LA TONELAJADA DE UN PRODUCTO  
 A TRAVÉS DE HOGAR ABIERTO SIN COLADA  
 CONTINUA

FASE DEL PROCESO	CONSUMO ENERGÉTICO KCAL X TON				PRODUCTO (kgs.)	
	PLANO	NO PLANO	ENERGÉTICO		PLANO	NO PLANO
SINTERIZADO	374.0	364.5	COQUE	SINTER	511.0	496.9
ALTO HORNO	4,714.0	4,580.0	COQUE	ARRABIO	1,087.0	1,057.5
HOGAR ABIERTO	1,812.5	1,762.5	HIDROCARBUROS	ACERO	1,450.0	1,410.0
FOSAS	500.0	482.2	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECALENT	600.0	580.5	HIDROCARBUROS	-	-	-
HORNO RECOCIDO	250.0		HIDROCARBUROS	-	-	-
TOTAL	9,251.5	7,780.0		1 TON DE PROD. PLANO		

FUENTE: OSCAR GUTMAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO" EDIT. COMEX, Y ELABORACION PROPIA.

## 5. PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

Las características del consumo de energía en la industria siderúrgica que se han analizado con anterioridad permiten observar una heterogeneidad en lo que a este rubro se refiere, debido a la coexistencia de diferentes tecnologías en el proceso productivo, las cuales en algunos casos manifiestan un atraso en términos de la eficiencia del consumo energético; sin embargo, también existen procesos y mecanismos (convertidor al oxígeno y la colada continua) que mejoran el consumo específico e incrementan la productividad de la industria. Este hecho se hace patente en el aumento de la participación de éstos procesos más eficientes a la luz del crecimiento económico derivado de las condiciones económicas nacionales e internacionales expuestas en un principio.

Con el objeto de medir la eficiencia del consumo de energía de la industria mexicana se han considerado algunos parámetros internacionales que se muestran en los cuadros V-21 y V-22, en donde se mide el potencial de ahorro que México tiene con respecto al promedio internacional.

Las primeras estadísticas señalan una fuerte diferencia en los consumos específicos de la industria en México principalmente en lo que se refiere al consumo energético en el alto horno, reducción directa, en el sinterizado y en las fosas de recalentamiento. A nivel global, el consumo específico en México para la producción de acero se encuentra por debajo de los niveles de consumo en los países industrializados, por ejemplo, con respecto al Japón, México posee un potencial de ahorro cercano al 45% y de 50% con referencia a Italiana (cuadro V-22), lo cual implica un fuerte grado de ineficiencia del consumo energético en la industria siderúrgica mexicana.

### a) ELABORACION DE ESCENARIOS

El potencial de ahorro mencionado pueda distribuirse dentro del proceso productivo en las siguientes etapas:

- Sinterizado
- Fosas de recalentamiento
- Horno de hogar abierto
- Consumo de coque en alto horno
- Consumo de electricidad en horno eléctrico

Por lo que respecta al sinterizado y a las fosas de recalentamiento, son dos fases del proceso productivo que tienden a ser sustituidas por el peletizado y la colada continua respectivamente, y por lo tanto, tienden a desaparecer en la escala internacional. Igualmente el horno de hogar abierto por su ineficiencia en el consumo energético tiene una importancia relativa cada vez menor en la producción total de acero.

## 5. PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA SIDERÚRGICA

Las características del consumo de energía en la industria siderúrgica que se han analizado con anterioridad permiten observar una heterogeneidad en lo que a este rubro se refiere, debido a la coexistencia de diferentes tecnologías en el proceso productivo, las cuales en algunos casos manifiestan un atraso en términos de la eficiencia del consumo energético; sin embargo, también existen procesos y mecanismos (convertidor al oxígeno y la colada continua) que mejoran el consumo específico e incrementan la productividad de la industria. Este hecho se hace patente en el aumento de la participación de estos procesos más eficientes a la luz del crecimiento económico derivado de las condiciones económicas nacionales e internacionales espuestas en un principio.

Con el objeto de medir la eficiencia del consumo de energía de la industria mexicana se han considerado algunos parámetros internacionales que se muestran en los cuadros V-21 y V-22, en donde se mide el potencial de ahorro que México tiene con respecto al promedio internacional.

Las primeras estadísticas señalan una fuerte diferencia en los consumos específicos de la industria en México principalmente en lo que se refiere al consumo energético en el alto horno, reducción directa, en el sinterizado y en las fosas de recalentamiento. A nivel global, el consumo específico en México para la producción de acero se encuentra por debajo de los niveles de consumo en los países industrializados. Por ejemplo, con respecto al Japón, México posee un potencial de ahorro cercano al 45% y de 50% con referencia a Italiana (cuadro V-22), lo cual implica un fuerte grado de ineficiencia del consumo energético en la industria siderúrgica mexicana.

### a) ELABORACIÓN DE ESCENARIOS

El potencial de ahorro mencionado puede distribuirse dentro del proceso productivo en las siguientes etapas:

- Sinterizado
- Fosas de recalentamiento
- Horno de hogar abierto
- Consumo de coque en alto horno
- Consumo de electricidad en horno eléctrico

Por lo que respecta al sinterizado y a las fosas de recalentamiento, son dos fases del proceso productivo que tienden a ser sustituidas por el peletizado y la colada continua respectivamente, y por lo tanto, tienden a desaparecer en la escala internacional. Igualmente el horno de hogar abierto por su ineficiencia en el consumo energético tiene una importancia relativa cada vez menor en la producción total de acero.

CUADRO V-21  
 POTENCIAL DE AHORRO EN LAS PRINCIPALES  
 ETAPAS DEL PROCESO SIDERURGICO

ETAPA DE PROCESOS	CONSUMOS ESPECIFICOS KCAL x E/ET		POTENCIAL DE AHORRO
	MEXICO	INTERNACIONAL	
SINTERIZADO	0.75	0.45	40%
ALTO HORNO	4.50	3.00	34%
POSA DE RECALENT.	0.50	0.30	40%
HORNO DE RECALENT.	0.60	0.50	17%
HORNO DE RECOCTIO	1.15	0.20	83%
REDUCCION DIRECTA	5.10	3.50	30%
MANO ELECTRICO	1.50	0.40	73%

FUENTE: OSCAR GUZMAN Y OTROS "USO EFICIENTE Y CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO" ELI, COOMEX.

CUADRO V-22  
 CONSUMO ESPECIFICO EN LA PRODUCCION DE  
 ACERO EN DIVERSOS PAISES  
 (1965)

PAIS	CONSUMO DE ENERGIA(1)	PRODUCCION DE ACERO*	CONSUMO (1) ESPECIFICO	POTENCIAL DE AHORRO
JAPON	303.07	106	3.61	43.59%
ITALIA	76.45	24	3.19	50.16%
ALEMANIA FED.	165.92	39	4.24	33.75%
INGLATERRA	69.52	15	4.64	27.50%
MEXICO	46.12	7.4	6.40	-

(1) kcal x E06/ton acero

(2) billones de kcal

\* millones de tons

FUENTE: ELABORADO CON LOS BALANES DE ENERGIA DE CADA PAIS.

Se considera que las etapas principales susceptibles de concretizar ahorros energéticos significativos están dadas en la producción de arrabio mediante alto horno y en la producción de fierro esponja mediante reducción directa, lo que obedece en primer lugar, a que es en estas fases en donde se consume la mayor parte de energía, y segundo, existe un potencial de ahorro mínimo de aproximadamente un 30% para cada una de las fases.

En la aplicación de la metodología MEPEE-S al caso de la siderurgia mexicana y de acuerdo a las consideraciones anteriores se establecen los niveles actuales y máximos de los consumos específicos del coque en alto horno y del gas natural en reducción directa de la siguiente forma:

- El consumo específico de coque por tonelada de arrabio producido es actualmente de 4,960,60 kcal y se establece como nivel máximo de intensidad energética de 3,500,000 kcal.

Para la producción de una tonelada de fierro esponja se requieren en la actualidad 5,985,600 kcal de gas natural, dicho consumo puede reducirse a un nivel de 3,500,000 kilocalorías.

## **b) RESULTADOS**

En la elaboración de los escenarios bajo las consideraciones de política económica expuestas anteriormente se obtuvieron las proyecciones de producción de acero. La especificación MACRO 1 (que supone una política económica de corte heterodoxo), se observa un crecimiento de la producción de casi un 100% en el periodo 1985-2000, lo que obedece al mayor dinamismo de la producción para el mercado interno. La proyección bajo el escenario MACRO 2 muestra una tasa de crecimiento mucho menor al haber un incremento de la producción de solo 2.4 millones de toneladas en el mismo periodo a diferencia de los 6.5 millones habidos en el escenario MACRO 1. Las diferencias expuestas dan una idea de las posibles consecuencias que sobre la producción se derivan a raíz de las diferentes alternativas de política económica expuestas.

Siguiendo el esquema de escenarios de demanda propuestos para todos los grandes consumidores, se tiene que para cada perspectiva de producción (MACRO1-MACRO2), existe un escenario base que calcula la demanda de energía en función del potencial de ahorro en las más importantes fases del proceso productivo y un escenario de referencia que mantiene las intensidades energéticas constantes. En los cuadros V-23 y V-24 se dan los resultados del modelo MEPEE-S para cada uno de los distintos escenarios.

### **b.1) Escenario MACRO1**

Los resultados arrojados por el modelo desde el punto de vista energético muestra una tasa media de crecimiento anual

CUADRO V-20  
SIDERURGIA

ESCENARIO MACRO				
PERIODO	1985	1990	1995	2000
PRODUCCION (1000 TON.)	7,067	9,024	11,006	13,975
(CRECIMIENTO ANUAL %)	1.0	4.141	4.262	4.741
CASO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (kcal x e09)	45,260.6	49,665.6	57,933.0	65,795.0
-COMBUSTIBLEO	2,329.0	2,703.6	3,130.3	3,761.2
-GAS NATURAL	16,967.0	21,239.0	26,131.0	32,680.0
-DIESEL	1,644.0	1,938.4	2,209.6	2,654.9
-COQUE	18,643.0	19,262.0	19,724.0	21,136.0
-ELECTRICID.	3,656.6	4,551.5	5,838.0	7,674.9
INTENSIDADES ENERGETICAS (miles de kcal/ton)				
-COQUE	4,960.6	4,960.6	4,960.6	4,960.6
(INDICE DE EVOLUCION)	1.000	0.874	0.801	0.757
-COMBUSTIBLES	1,250.5	1,250.5	1,250.2	1,250.1
(INDICE DE EVOLUCION)	1.0	1.0	1.0	1.0
-GAS	5,085.6	4,407.9	4,014.6	3,777.3
(INDICE DE EVOLUCION)	1.000	0.887	0.799	0.743
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (kcal x e09)	45,260.6	55,190.0	67,645.0	85,745.0
-COMBUSTIBLEO	2,329.0	2,703.6	3,130.3	3,761.2
-GAS NATURAL	16,967.0	23,991.0	32,057.0	43,736.0
-DIESEL	1,644.0	1,938.4	2,209.6	2,654.9
-COQUE	18,643.0	22,025.0	24,610.0	27,921.0
-ELECTRICID.	3,656.6	4,551.5	5,838.0	7,674.9
INTENSIDADES ENERGETICAS (miles de kcal/ton)				
-COQUE	4,960.6	4,960.6	4,960.6	4,960.6
(INDICE DE EVOLUCION)	1.0	1.0	1.0	1.0
-COMBUSTIBLES	1,250.5	1,250.5	1,250.2	1,250.1
(INDICE DE EVOLUCION)	1.0	1.0	1.0	1.0
-GAS	5,085.6	5,085.6	5,085.6	5,085.6
(INDICE DE EVOLUCION)	1.0	1.0	1.0	1.0

FUENTE: CORRIDAS MODELO MEDEES-3





(T.M.C.A.) de la demanda de energía de 2.84% en el caso de base, mientras que la producción crece a una tasa muy superior de 4.36% lo que implica una mayor eficiencia en el consumo en comparación con el caso de referencia cuyo crecimiento promedio anual de la demanda de energía es similar al de la producción.

#### b.2) Escenario MACR02

Bajo el supuesto de que la política económica continúa con los criterios fundamentales de austeridad y contracción del mercado interno, se ha visto que la producción en el caso de la industria siderúrgica crece a un ritmo mucho menor en comparación con el escenario macroeconómico alternativo, esto se refleja en el promedio anual de crecimiento de la producción que para el escenario MACR01 es de 4.36% y para el MACR02 solo de 1.9% la evolución de la demanda de energía bajo los criterios de producción de este último marco macroeconómico refleja una T.C.M.A. de solo 0.73% para el caso de base, inferior al promedio de crecimiento de la producción, mientras que en el caso de referencia la demanda de energía crece a un promedio anual de 1.9% igual al de la producción.

#### b.3) Potencial de ahorro

De la diferencia de las demandas de energía señaladas en el caso de base con respecto al caso de referencia se obtiene el potencial de ahorro posible. Puesto que los resultados del escenario de referencia conllevan la hipótesis de invariabilidad de las condiciones del consumo energético en todas las etapas del proceso de producción, y por otro lado, el caso de base supone una tendencia hacia un mejor aprovechamiento en el uso de la energía, medida en los consumos específicos principalmente del coque y el gas señalados con anterioridad es fácil observar dicho potencial de ahorro.

Los cuadros V-25 y V-26 muestran el potencial de ahorro para cada uno de los escenarios macroeconómicos y se observa que en el caso MACR01 es muy superior en todos los años con respecto al escenario MACR02, lo que obedece a dos cuestiones fundamentales: al crecimiento de la producción y a la evolución de las intensidades energéticas en cada escenario. Es evidente que un menor nivel de producción implica un menor consumo energético hasta cierto punto, lo que no significa necesariamente una mayor eficiencia en el mismo.

Si se considera que el potencial de ahorro estimado para cada año de cálculo en el modelo es el mismo para los cuatro años anteriores, se puede obtener un potencial de ahorro total promedio para cada escenario. Para el MACR01 representa 10 millones 904 mil barriles de petróleo que representan 1,581 millones de dólares. Por el lado del escenario MACR02 el potencial de ahorro disminuye casi en un 50% en comparación con los datos anteriores puesto que es términos de barriles de

cuadro V-25  
 POTENCIAL DE AHORRO

ESCENARIO MACRO1

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	5,525	3,631,915	52.663
1995	10,812	7,107,378	103.057
2000	16,839	11,069,288	160.505

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: calculos del autor

cuadro V-26  
 POTENCIAL DE AHORRO

ESCENARIO MACRO2

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	2,193	1,441,591	20.903
1995	5,597	3,679,245	53.349
2000	9,538	6,269,901	90.913

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: calculos del autor

Petróleo significa un ahorro de 56 millones 954 mil barriles que equivalen a 826 millones de dólares.

#### B.4) Intensidades Energéticas

Otra de las causas que originan el diferencial entre las distintas proyecciones de demanda en los dos escenarios manejados, es la evolución de la intensidad energética o consumo específico, que para el caso de la producción de bienes siderúrgicos se especifican en dos fases del proceso. Por su importancia son objeto de control en la aplicación de la metodología MEDEE S, el consumo de coque en alto horno y el consumo de gas en reducción directa.

Conforme a la estructura matemática del modelo que calcula de manera endógena las intensidades energéticas (véase 1), se obtuvieron las estimaciones referentes a este rubro para cada escenario y por combustibles en las fases del proceso mencionadas.

La intensidad energética dentro del análisis de la metodología MEDEE S depende de tres factores fundamentales que son: el nivel de actividad económica, la depreciación del sector y el nivel máximo de intensidad al que puede llegar el consumo energético a través de políticas de ahorro y uso eficiente. Este último aspecto y el primero ya han sido tratados con anterioridad, por lo que respecta a la depreciación del sector ésta se estimó con base y los acervos netos de capital del Banco de México (5), obteniendo una tasa promedio de depreciación anual de 4.05% que se aplicó a los dos escenarios.

Resulta evidente que el consumo de energía depende de los tres factores citados, sin embargo, el efecto ponderado que cada uno de éstos tiene sobre el nivel de intensidad energética es difícil de cuantificar, para esto se establece dentro del modelo una ecuación que orienta el consumo específico (6) para cada combustible (gas y coque en este caso), y se muestra en los cuadros V-23 y V-24 la evolución del mismo en ambos escenarios. Cabe aclarar que los casos de referencia de ambos escenarios macroeconómicos no son susceptibles de analizar en virtud de que mantienen el nivel de intensidad energética constante y por tanto un índice de evolución unitario.

Si se comparan los casos de base es posible observar que la evolución de las intensidades del coque y del gas muestran un patrón de comportamiento similar. Así en el escenario MACRO1 el índice de evolución de la intensidad energética disminuye mucho más rápido en relación al otro escenario Macroeconómico, lo cual parece lógico en virtud de que el crecimiento de la producción es mucho mayor y por tanto la depreciación también, originando en

- (5) Banco de México, Dirección de investigación económica "Acervo y formación de capital en las empresas mexicanas".  
(6) Ver anexo No.1

Petróleo significa un ahorro de 56 millones 954 mil barriles que equivalen a 826 millones de dólares.

#### b.4) Intensidades Energéticas

Otra de las causas que originan el diferencial entre las distintas proyecciones de demanda en los dos escenarios manejados, es la evolución de la intensidad energética o consumo específico, que para el caso de la producción de bienes siderúrgicos se especifican en dos fases del proceso. Por su importancia son objeto de control en la aplicación de la metodología MEDEE-S, el consumo de coque en alto horno y el consumo de gas en reducción directa.

Conforme a la estructura matemática del modelo que calcula de manera endógena las intensidades energéticas (anexo 1), se obtuvieron las estimaciones referentes a este rubro para cada escenario y por combustibles en las fases del proceso mencionadas.

La intensidad energética dentro del análisis de la metodología MEDEE-S depende de tres factores fundamentales que son: el nivel de actividad económica, la depreciación del sector y el nivel máximo de intensidad al que puede llegar el consumo energético a través de políticas de ahorro y uso eficiente. Este último aspecto y el primero ya han sido tratados con anterioridad, por lo que respecta a la depreciación del sector ésta se estimó con base y los acervos netos de capital del Banco de México (5), obteniendo una tasa promedio de depreciación anual de 4.05% que se aplicó a los dos escenarios.

Resulta evidente que el consumo de energía depende de los tres factores citados, sin embargo, el efecto ponderado que cada uno de éstos tiene sobre el nivel de intensidad energética es difícil de cuantificar, para esto se establece dentro del modelo una ecuación que explica el consumo específico (6) para cada combustible (gas y coque en este caso), y se muestra en los cuadros V-23 y V-24 la evolución del mismo en ambos escenarios. Cabe aclarar que los casos de referencia de ambos escenarios macroeconómicos no son susceptibles de analizar en virtud de que mantienen el nivel de intensidad energética constante y por tanto un índice de evolución unitario.

Si se comparan los casos de base es posible observar que la evolución de las intensidades del coque y del gas muestran un patrón de comportamiento similar. Así en el escenario MACRO1 el índice de evolución de la intensidad energética disminuye mucho más rápido en relación al otro escenario Macroeconómico, lo cual parece lógico en virtud de que el crecimiento de la producción es mucho mayor y por tanto la depreciación también, originando en

- (5) Banco de México, Dirección de investigación económica "Acervo y formación de capital en las empresas mexicanas".  
(6) Ver anexo No.1

consecuencia la reposición más rápida del equipo incorporando eficientes. Esta afirmación puede corroborarse si se contempla que dentro de las perspectivas de la industria siderúrgica existe un proyecto de expansión principalmente el denominado SICARTSA II tendiente a incrementar la capacidad de producción en 2 millones de toneladas de acero mediante el proceso de horno eléctrico de arco, acorde con las tendencias tecnológicas expuestas en un principio.

La evolución de la intensidad energética del gas y el coque bajo la perspectiva de producción MACRO2 en los casos de base muestra un ritmo descendente mucho menor en comparación con el escenario alternativo MACRO1. Incluso en el final del período (año 2000) el consumo específico de ambos combustibles (3985,1 miles de kcal para el coque y 4026,6 miles de kcal para el gas), resulta superior al que se observa en el final del período del escenario MACRO1, lo que obedece al menor ritmo de crecimiento de la producción que alarga el tiempo de vida del equipo y por tanto imposibilita la reestructuración tecnológica más rápida de la industria.

## VI. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

### 1. LA INDUSTRIA DEL AZÚCAR EN MÉXICO

La industria azucarera en México es una de las más antiguas a nivel nacional. Actualmente presenta una estructura muy heterogénea, principalmente en términos de producción y eficiencia; las diferencias que existen entre los diversos ingenios en cuanto a mollienda, producción y requerimientos, son extremadamente marcadas. así mientras hay ingenios con una mollienda superior a los dos millones de toneladas de caña, e isten también con tan solo 90 mil toneladas. Por el lado de los rendimientos también se observan grandes diferencias, ingenios con un rendimiento en fábrica ligeramente superior al 10% y otros que por el contrario poseen una eficiencia del 6%, es decir, casi la mitad de la productividad de aquellos ingenios más eficientes.

Asimismo, la industria esta compuesta por 69 ingenios, de los cuales 51 pertenecen al sector paraestatal, 16 son de carácter privado y dos son cooperativas. Los ingenios oficiales cubren alrededor del 80% de la producción nacional de azúcar. La capacidad instalada de toda la industria para la producción de azúcar es de 5.162 millones de toneladas anuales y para la mollienda de caña de 313,949 miles de toneladas en 24 horas.

El nivel de aprovechamiento es del orden del 64% para la producción y del 20.5% para la mollienda, lo que significa que los incrementos en la capacidad instalada no han ido acompañados de incrementos en la producción.

Debido a la antigüedad de la industria, los incrementos de la capacidad instalada se han venido dando de manera muy heterogénea al igual que los cambios en su estructura, ampliaciones y reposiciones de maquinaria y equipo, así es posible encontrar ingenios que poseen al mismo tiempo equipos en buen estado de operación y/o nuevos y maquinaria vieja y obsoleta. Obviamente esta situación determina en buena medida el grado de eficiencia de cada ingenio.

Actualmente, los 69 ingenios que conforman la industria azucarera pueden clasificarse en siete, en función del tamaño de su capacidad instalada de mollienda: doce tienen una capacidad de 2.000 toneladas métricas; veintitres entre 2.000 y 4.000 toneladas; veintidodo entre 4.000 y 6.000 toneladas; cinco entre 8.100 a 10.000 toneladas; tres entre 10.000 y 12.000; y uno de 20.000 toneladas.

Los ingenios se localizan en 15 estados de la República y su distribución responde a la disponibilidad de la materia prima.

La evolución de la producción de azúcar ha mostrado a partir de la segunda mitad de la década pasada un estancamiento que ha hecho imposible para varios años el abasto de la demanda interna,

## VI. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

### 1. LA INDUSTRIA DEL AZUCAR EN MEXICO

La industria azucarera en México es una de las más antiguas a nivel nacional. Actualmente presenta una estructura muy heterogénea, principalmente en términos de producción y eficiencia; las diferencias que existen entre los diversos ingenios en cuanto a mollienda, producción y requerimientos, son extremadamente marcadas. Así mientras hay ingenios con una mollienda superior a los dos millones de toneladas de caña, existen también con tan solo 90 mil toneladas. Por el lado de los rendimientos también se observan grandes diferencias, ingenios con un rendimiento en fábrica ligeramente superior al 10% y otros que por el contrario poseen una eficiencia del 6%, es decir, casi la mitad de la productividad de aquellos ingenios más eficientes.

Asimismo, la industria está compuesta por 69 ingenios, de los cuales 51 pertenecen al sector paraestatal, 16 son de carácter privado y dos son cooperativas. Los ingenios oficiales cubren alrededor del 80% de la producción nacional de azúcar. La capacidad instalada de toda la industria para la producción de azúcar es de 5,162 millones de toneladas anuales y para la mollienda de caña de 217,949 miles de toneladas en 24 horas.

El nivel de aprovechamiento es del orden del 64% para la producción y del 80,5% para la mollienda, lo que significa que los incrementos en la capacidad instalada no han ido acompañados de incrementos en la producción.

Debido a la antigüedad de la industria, los incrementos de la capacidad instalada se han venido dando de manera muy heterogénea al igual que los cambios en su estructura, ampliaciones y reposiciones de maquinaria y equipo, así es posible encontrar ingenios que poseen al mismo tiempo equipos en buen estado de operación y/o nuevos y maquinaria vieja y obsoleta. Obviamente esta situación determina en buena medida el grado de eficiencia de cada ingenio.

Actualmente, los 69 ingenios que conforman la industria azucarera pueden clasificarse en siete, en función del tamaño de su capacidad instalada de mollienda: doce tienen una capacidad de 2,000 toneladas métricas; veintitres entre 2,000 y 4,000 toneladas; veinticinco entre 4,000 y 6,000 toneladas; cinco entre 8,100 a 10,000 toneladas; tres entre 10,000 y 12,000; y uno de 20,000 toneladas.

Los ingenios se localizan en 15 estados de la República y su distribución responde a la disponibilidad de la materia prima.

La evolución de la producción de azúcar ha mostrado a partir de la segunda mitad de la década pasada un estancamiento que ha hecho imposible para varios años el abasto de la demanda interna,

dándose incluso la necesidad de recurrir a las importaciones, para 1985 parece revertirse esta tendencia al alcanzarse un nivel record de 3.37 millones de toneladas (cuadro VI-1).

La falta de dinamismo de la oferta para abastecer la demanda interna tiene relación directa con los cambios en la composición de esta última, es decir, el destino de la producción de azúcar ha variado de manera sustantiva al incrementarse la proporción del mercado industrial de azúcar. Para 1970, el consumo doméstico absorbía el 58.9% de la producción nacional, y para 1985 dicha participación disminuye al 45%. Asimismo, el consumo industrial crece de 40% a 55% en el mismo periodo, registrando una tasa de crecimiento promedio anual de 8.2%, mientras que el consumo doméstico se estanca (cuadro VI-2).

La naturaleza de la materia prima para la producción de azúcar, la caña, imprime a la industria una interrelación directa entre la producción del campo y la producción en fábrica, de tal manera que debe existir una coordinación entre ambos procesos productivos, a fin de lograr una óptima eficiencia operacional mediante el abasto de la caña en condiciones adecuadas de volumen, calidad y oportunidad, además de establecer un crecimiento equilibrado tanto de la capacidad instalada de los ingenios como de la superficie cosechada y rendimientos.

Debido al condicionamiento de la industria a la agricultura la producción de azúcar tiene un carácter temporal y se trabaja un promedio de seis meses al año.

Otro factor que incide negativamente en el funcionamiento de la industria se refiere a los tiempos perdidos, ya que por cada tres días de zafra uno para la industria.

Con base en la revisión de los parámetros económicos anteriormente mencionados es posible caracterizar la evolución de la industria azucarera mexicana como insuficiente, debido a sus altos índices de capacidad ociosa y en algunos casos al atraso tecnológico a que está sujeta. La desaceleración de su productividad durante la década pasada bien puede deberse a estos aspectos. Los incrementos en la producción y eficiencia de la industria dependerán fundamentalmente de la orientación de la política gubernamental hacia esta rama del sector paraestatal.

## EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE AZÚCAR

La producción de azúcar comprende principalmente las siguientes etapas:

1. Preparación de la Caña . Esta primera etapa dentro de la producción de azúcar comprende la transformación, el corte, el desfibrado y el lavado de la caña, por medio de grúas y volteadoras mecánicas, se introduce la caña a la zona de entrada del ingenio denominada BATEY. La preparación de la caña consiste en la limpieza de piedras y tierra que contiene al extraerse de



Cuadro VI-1

PRODUCCION, CONSUMO Y COMERCIO EXTERIOR  
(TONELADAS)

ANOS	PRODUCCION	IMPORTACIONES	EXPORTACIONES	CONSUMO
1970	1,537,924	-	532,436	1,040,788
1971	1,352,850	-	533,677	1,774,654
1972	1,058,425	-	579,512	1,939,975
1973	1,530,277	-	567,365	2,124,673
1974	1,643,182	-	479,897	2,173,353
1975	2,548,297	-	137,656	2,386,641
1976	2,546,896	-	-	2,473,134
1977	1,541,065	-	-	2,477,099
1978	1,649,361	-	71,384	2,716,887
1979	1,886,528	-	29,685	2,655,372
1980	1,673,153	674,244	-	2,991,447
1981	1,668,970	620,656	-	3,015,899
1982	1,676,681	452,383	-	3,225,624
1983	1,894,572	735,760	14,685	3,022,653
1984	2,445,000	252,900	-	3,088,000
1985	2,370,000	-	68,000	3,095,000

FUENTE: AZUCAR S.A. DE C.V.

Cuadro VI-2

CONSUMO DE AZUCAR EN MEXICO  
(TONELADAS)

ANOS	CONSUMO TOTAL	DESTINO	
		INDUSTRIAL	DOMESTICO
1970	1,040,788	762,206	1,078,382
1971	1,774,654	712,759	1,061,655
1972	1,939,975	761,777	1,126,178
1973	2,124,673	874,000	1,250,640
1974	2,173,353	903,230	1,270,123
1975	2,386,641	1,041,468	1,345,173
1976	2,473,134	1,007,663	1,465,271
1977	2,477,099	1,056,914	1,380,185
1978	2,716,887	1,266,775	1,450,112
1979	2,655,372	1,463,252	1,392,020
1980	2,991,447	1,591,610	1,329,637
1981	3,015,899	1,692,662	1,327,237
1982	3,225,624	1,766,537	1,459,087
1983	3,022,653	1,666,144	1,256,509
1984	3,088,000	1,666,000	1,422,000
1985	3,095,000	1,702,000	1,393,000

FUENTE: AZUCAR S.A. DE C.V.

manera mecánica en algunos casos. La eliminación de estas impurezas se realiza en instalaciones de lavado bajo movimiento de la caña. Posteriormente se corta y se desfibra por medio de un juego de cuchillo y de una desfibradora de martillos.

2. Extracción del jugo. Consiste en sacar el azúcar de la caña mediante la compresión de la caña cortada y desfibrada a través de molinos de rodillos o prensas de a fusión. Los molinos están puestos en serie de 4 a 6 unidades, cada uno está compuesto de tres rodillos cuyo estriado, distancia y presión determinan el grado de alimentación de la caña y rendimiento de la extracción. Durante esta fase se obtiene el bagazo como subproducto, que se transporta por medio de conductores hacia las calderas y es utilizado como insumo energético.

3. Clarificación. Consiste en eliminar la mayor cantidad posible de impurezas insolubles y coloides, además de reducir los no azúcares disueltos, contenidos en el jugo mezclado o guarapo estraido de los molinos. Para lograr este proceso primeramente se sulfita y alcaliniza el jugo para someterse después a un doble proceso de calentamiento, en el cual primeramente se eleva la temperatura del jugo a 45 C. y en una segunda instancia para 105 C. dando lugar a la formación de gases, por lo que es necesario que las precalentadoras se descalcifiquen logrando un mejor sabor al producto.

4. Evaporación. Durante esta etapa se elimina en dos terceras partes el agua contenida en el jugo clarificado ya que este último se conforma en un 55% de agua. Para realizar el proceso se cuenta con un sistema de evaporación de múltiple efecto al vacío, de donde se obtiene el jugo concentrado o meladura. Este sistema llamado de evaporación escalonada, consta de una serie de evaporación que comprende cuerpos ordenados de 4 a 5 etapas que están conectados en serie tanto para el jugo como para del vapor. Aquí se emplean los vahos resultantes de la evaporación del jugo claro entrando para el calentamiento de la siguiente etapa por lo tanto, existe una caída de la temperatura de etapa a etapa correspondiente al trasvase de calor del lado del vapor al lado del jugo de las cámaras de calefacción.

Este sistema basado en la caída de presión y temperatura permite disminuir significativamente la demanda de vapor como consecuencia de la utilización sucesiva de vapor de un vaso a otro.

La meladura o melaza contiene aproximadamente un 65% de sólidos y un 35% de agua.

5. Crystalización. Esta etapa se lleva a cabo en recipientes al vacío de simple efecto (tachos), y consiste en un proceso de concentración y saturación mediante la mezcla de la melaza con cristales de siembra y mieles. La melaza se concentra hasta quedar saturada de azúcar, formándose los cristales de sacarosa o de azúcar.

6. Centrifugación. Se lava el azúcar cristalizada con agua de condensados, para posteriormente separar de la miel incristalizable por medio de cilindros provistos de mallas metálicas perforadas (centrifugadoras) que giran a alta velocidad.

Las substancias que se desprenden del azúcar cristalizado constituyen la melaza final, la cual es un material pesado y viscoso que contiene aproximadamente un tercio de sacarosa, otro tercio de azúcares reductores y el resto de cenizas, agua y otros. Es un subproducto que se utiliza para la producción de alcohol. El 50% de los ingenios en México poseen plantas de alcohol.

La producción de azúcar en México es de dos tipos: el azúcar estándar en la que solo se profundiza la depuración, con el objeto de aumentar su pureza y decoloración; y el azúcar refinado, que se somete a un proceso en el que se mejora la calidad del producto en términos de color, textura y contenido de humedad. Para la refinación, la materia prima "azúcar cruda" se somete a un nuevo proceso de clarificación que comprende varias etapas de las que se distinguen: el fundido, la disolución del azúcar crudo en agua de condensados y el tratamiento químico. En ésta última, el licor es sulfurado y alcalizado para ser airado, calentado y clarificado nuevamente con absorbentes industriales. Finalmente el licor se somete a la cristalización y centrifugación.

7. Segado. Es la última etapa de la producción en la que se determina el grado de humedad de acuerdo con las normas de calidad para ser envasado.

Resulta interesante destacar algunas de las condiciones bajo las cuales se realiza el proceso de producción arriba descrito. Dado el carácter temporal de la industria, la duración de la zafra es aproximadamente de seis meses al año.

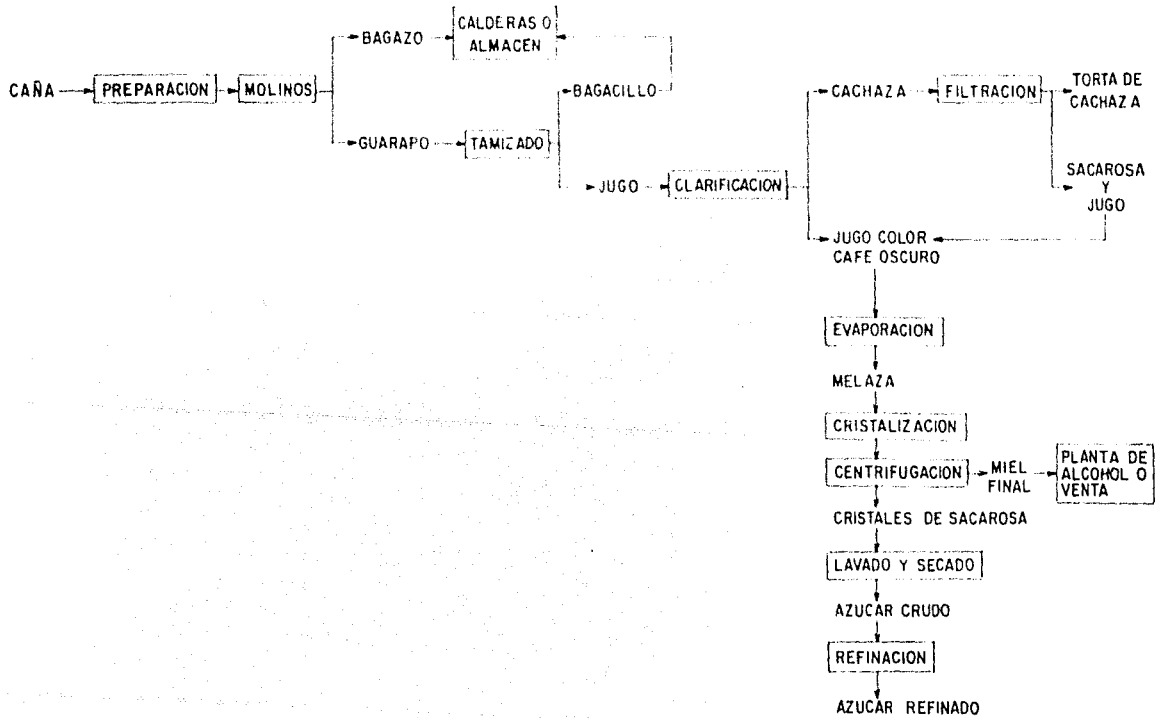
La cantidad de azúcar extraída de la caña depende principalmente de las pérdidas durante el proceso y del contenido de azúcar en la caña. Las pérdidas se distribuyen principalmente de la siguiente forma durante las fases del proceso productivo.

- El azúcar que ya no se deja de extraer del Bagazo económicamente.
- El azúcar que queda en la melaza resultante y por ello no entra en la producción misma.
- El azúcar que queda en la cachaza cuya separación total ya no sería económica.
- El azúcar que falta en el balance pero cuyo destino es indeterminable porque se destruyó o bien desapareció en alguna forma.

Actualmente, el rendimiento medio de la producción de azúcar es de 8.74%, y como se observa en el cuadro VI-3, prácticamente ha permanecido constante.

FIGURA VI - 2

FLUJO DE MATERIALES EN EL PROCESO DE FABRICACION DE AZUCAR DE CAÑA



## 3. CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL AZUCAR

### 3.1. Características generales

El proceso de producción de azúcar se caracteriza por ser intensivo en su consumo energético y por una ineficiencia creciente en este rubro.

Los principales energéticos que consume la industria son el bagazo de caña y el combustóleo. El primero es un subproducto que se obtiene después de extraerse el jugo de la caña. Su eficiencia depende principalmente del grado de humedad que posea, en México se sitúa alrededor del 52%, bastante alto si lo comparamos con el promedio internacional de 45%.

Un análisis de la evolución del consumo total en la industria refleja un proceso de sustitución entre los energéticos en la medida que el bagazo de caña se va utilizando en una menor proporción, en contrapartida con el incremento que en términos absolutos y relativos viene presentando el consumo de combustóleo. Se observa en el cuadro VI-4 que la participación en el consumo energético del bagazo de caña ha venido incrementándose de manera absoluta pero su participación disminuye del 89.7% al 66.1% en el periodo 1970-1985, asimismo, el combustóleo incrementa su porcentaje de participación del 19.1% al 33.9%.

Por otro lado, puede apreciarse en el mismo cuadro un dinamismo mucho mayor en el crecimiento del consumo energético en relación al crecimiento de la producción de azúcar, ya que mientras esta última tiene una tasa de crecimiento media anual (TMCA) de 2.8% el consumo de energía crece al 3.8% en promedio. También se observa el gran dinamismo en el crecimiento del consumo de combustóleo cuya TMCA es de 7.8%.

La desproporción que existe entre el consumo de energía y la producción de azúcar se observa de manera más detallada al analizar la evolución de las intensidades energéticas o consumos específicos de energía que se muestran en el cuadro VI-5, en donde el consumo de energía por kg. de azúcar producido muestra un incremento considerable. Así, para 1970 se requerían 6834.24 kcal para la producción de un kg. de azúcar y para 1985 los requerimientos de energía se incrementan al nivel de 7885.76 kcal/kg azúcar, lo que significa que ha existido una ineficiencia progresiva en el patrón de consumo energético de la industria azucarera. De manera particular puede observarse que la intensidad energética del bagazo de caña decrece levemente, mientras que para el combustóleo el consumo específico se incrementa notablemente, como consecuencia de su mayor utilización y de la menor racionalización de su consumo.

No obstante la tendencia general en el periodo 1970-1985 al uso ineficiente, el consumo energético en la industria azucarera presenta un fenómeno opuesto tendiente a la racionalización del consumo a partir de 1981 cuando el nivel de intensidad energética

cuadro VI-3

RENTIMIENTO ANUAL DE LA PRODUCCION DE CAÑA  
(MILES DE TONELADAS)

ANOS	CAÑA MILLAS	PRODUCCION	RENTIMIENTO
1970	24,524	2,200	9,0
1971	26,966	2,398	9,2
1972	26,484	2,359	9,0
1973	28,049	2,592	9,7
1974	30,432	2,645	9,7
1975	30,945	2,548	9,8
1976	30,000	2,547	9,4
1977	27,247	2,541	9,7
1978	30,345	2,645	9,8
1979	30,000	2,681	9,5
1980	31,343	2,693	8,3
1981	28,677	2,367	8,3
1982	31,709	2,667	8,4
1983	32,482	2,693	8,9
1984	34,744	3,045	8,6

FUENTE: AZUCAR S.A.

cuadro VI-4

A Z U C A R  
CONSUMO ENERGETICO  
(MILES DE TONS)

ANOS	BASACO DE CAÑA	(%)	COMBUSTIBLES	(%)	TOTAL
1970	12,199	50,78	11,7	19,22	15,990
1971	12,75	76,16	3,4	21,64	15,565
1972	11,047	74,78	4,0	25,24	15,847
1973	13,252	73,01	4,9	26,99	18,152
1974	13,713	73,67	4,9	26,33	18,613
1975	12,695	71,64	5,1	28,36	17,985
1976	12,957	69,59	5,4	30,41	17,757
1977	12,632	68,16	5,9	31,64	18,532
1978	14,979	66,93	7,4	33,67	22,379
1979	16,000	66,11	8,2	33,69	24,200
1980	15,415	63,93	8,7	36,07	24,113
1981	14,749	61,42	9,9	37,55	23,069
1982	15,035	61,78	9,3	37,22	24,335
1983	16,077	62,26	9,5	37,14	25,577
1984	17,280	61,48	10,2	38,52	26,460
1985	17,606	66,13	9,3	39,67	26,606
T.M.C.A.	2,450		7,84		3,850

\* MILES DE TONS.

FUENTE: AZUCAR S.A. de C.V. y ELABORACIONES PROPIAS.

cuadro VI-5

A. D. I. C. A. S.  
INTENSIDADES ENERGÉTICAS  
(KCAL/KG)

ANOS	PRODUCCION DE AZÚCAR	SABAZO	COMBUSTIBLE	TOTAL
1971	2.209	5.520,80	1.113,43	6.804,24
1971	2.296	5.072,96	1.417,85	6.490,83
1972	2.959	5.022,04	1.695,63	6.717,69
1973	2.896	5.112,65	1.896,43	7.019,09
1974	2.645	5.076,77	1.649,75	7.082,43
1975	2.845	5.561,91	1.311,57	7.159,43
1976	2.847	4.951,59	2.129,14	6.971,75
1977	2.871	4.971,77	2.021,32	7.293,19
1978	2.849	5.457,62	1.597,42	7.805,04
1979	2.881	5.553,63	1.846,12	8.199,86
1980	2.692	5.203,17	2.042,30	7.265,46
1981	2.907	5.969,34	1.733,03	7.745,09
1982	2.667	5.610,42	1.497,06	7.114,49
1983	2.297	5.557,11	1.300,79	6.141,08
1984	2.045	5.746,47	1.343,75	6.696,22
1985	2.070	5.115,12	1.670,61	7.555,76
T.M.C.A.	2.921	5.350	1.644	6.965

FUENTE: A. D. I. C. A. S. de C. v. y. ELABORACIONES PROPIAS.

cuadro VI-6

## TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO

PERIODO	INTENSIDAD ENERGÉTICA	PRODUCCION
70-81	3.28%	1.66%
81-85	-5.16%	9.23%

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR

comienza a descender hasta 1985. Si se calculan las tasas medias de crecimiento para los periodos 1970-1981 y 1981-1985 observamos que el sentido de la evolución de la intensidad energética y de la producción han sido diametralmente opuestos. En el cuadro VI-6 es fácil ver como en el primer periodo (1970-1981) La tasa de crecimiento promedio de 3.26% en el nivel de intensidad energética es superior a la de la producción de 1.66%, mostrando un mayor dinamismo el crecimiento del consumo específico, mientras que para el segundo periodo éste decrece a una tasa media anual de -5.16% al mismo tiempo que la producción crece a un ritmo de 9.23% anual, lo cual puede traducirse como en un uso más eficiente de la energía.

#### b) Bagazo de caña

El bagazo de caña constituye el principal insumo energético que utiliza la industria azucarera cuya propiedad radica en su carácter renovable a diferencia del combustóleo. La ineficiencia en el patrón de consumo de energía en la industria ha llevado, como se a visto, a una mayor utilización de este último en detrimento en el uso del bagazo. Las causas que explican esta sustitución entre los energéticos no son del todo claras, sin embargo, es posible determinar que si bien el estado óptimo del consumo de energía se ubica en la utilización del bagazo de caña como único energético, en las condiciones actuales de producción los requerimientos resultan superiores a la cantidad de bagazo que se obtiene, e intentado por tanto la necesidad de utilizar el combustóleo. La cantidad y calidad del bagazo dependen de su contenido de humedad, su contenido en fibras y del contenido residual de azúcar.

La afirmación arriba señalada referente a la imposibilidad de satisfacer la demanda energética únicamente con el bagazo de caña, estriba en el hecho de que en promedio la producción de una tonelada métrica de azúcar requiere como energético 5110 lbs. de bagazo con un 52% de humedad, y dado un rendimiento 8.4% se deberán utilizar 11,900 libras de caña de las cuales únicamente se extraen 417% lbs de bagazo de éstos 87 lbs. se destinan como insumos para la fabricación de papel y madera artificial y los restantes 4092 se utilizan como energético, por tanto, existe un déficit de 1018 lbs. de bagazo que equivalen al 20% de los requerimientos energéticos de la industria y que deben cubrirse con el uso del combustóleo. Sin embargo, si se revisa el cuadro VI-4 se observa que la participación del combustóleo en el total del consumo es muy superior, situándose en algunos años cerca del 40%. Por tanto, las condiciones y comportamiento del consumo de energía distan de ser las óptimas en términos de la estructura de los energéticos utilizados.

#### c) El patrón de consumo energético en la industria azucarera

El incremento en el nivel de intensidad energética y el proceso de sustitución entre el bagazo por el combustóleo son,



como se ha visto, las características que a nivel general muestra el consumo de energía en la industria azucarera, sin embargo, dada la heterogeneidad en las condiciones de producción en las distintas unidades industriales, el patrón de consumo se comporta completamente diferente en cada una de estas. Un estudio realizado por el Colegio de México (1), señala que para el periodo 1970-1983, los distintos niveles de intensidad energética de los ingenios y su evolución, en especial para el caso del combustóleo, no tienen una correspondencia clara en relación al comportamiento del tamaño de la planta, los tiempos perdidos y el nivel de actividad económica (aspectos que determinan directamente el consumo energético), sino que más bien "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" (2).

#### d) Generación y consumo de vapor

Los bajos rendimientos con que trabaja la industria en cada uno de los departamentos y que se manifiestan en la baja de la eficiencia global (3), independientemente del tipo de caña procesada, se asocia con los bajos índices en la generación y uso del vapor que con un nivel de aprovechamiento de 55% aproximadamente se obtiene 1.56 kg. de vapor por kg. de bagazo, mientras que el promedio internacional es de 2 kgs. de vapor por kg. de bagazo.

---

(1) Oscar Guzmán y otros "Uso eficiente y conservación de la energía en México: diagnóstico y perspectivas" EDIT. COLMEX.

(2) OP CIT. Pág. 268.

(3) El rendimiento global en la producción de caña en México, medido a través de la relación tonelada de azúcar/tonelada de caña molida, es de 8.74% con un nivel de aprovechamiento de 75%, mientras que en la industria cubana el mismo rendimiento es del orden de 12.5% con un nivel de aprovechamientos del 85%.

#### 4. PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

##### a) Características generales

La información proporcionada en los apartados anteriores permite definir claramente el consumo energético en la industria azucarera como insatisfactorio, cuyo carácter dispendioso e irracional, se manifiesta en la estructura de los energéticos, utilizados, en las altas tasas de los consumos específicos y en la improductividad que en general se presenta al comparar los parámetros principales de la industria con los que rigen internacionalmente (cuadro VI-7). Asimismo, la determinación de las causas de este hecho no sólo se sitúan en el plano de la eficiencia técnica, sino que abarca problemas de diversa índole relacionados principalmente con la evolución y transformación de la industria que muestra atraso y diversidad tecnológica, así como interacción de la producción en campo y fábrica y el impacto que sobre la industria tiene el desarrollo económico.

En este sentido, resultan imprescindibles los esfuerzos tendientes a planificar el comportamiento de consumo energético de la industria azucarera con el objeto de establecer criterios básicos sobre el potencial de ahorro y en consecuencia sobre los planteamientos de las metas y perspectivas de la política energética nacional.

Como se ha mencionado el consumo energético esta estrechamente vinculado con el nivel de producción de la industria, el cual hasta el año de 1983 había sido insuficiente, sin embargo, durante 1985 se garantizó la autosuficiencia en el consumo de azúcar. En virtud de que la industria azucarera mexicana está constituida con un alto porcentaje de participación estatal, es sujeto de las medidas que el gobierno adopte para el proceso de la conversión de la industria, en este sentido se establecen criterios básicos tendientes a incrementar su eficiencia y productividad. Concretamente dichas medidas se encaminan hacia el abasto del consumo interno con producción nacional, reducir los costos de producción en 20% en promedio y sanear la situación financiera de la industria, además de incrementar la participación privada y social hasta en un 50% de la producción nacional.

##### b) Elaboración de escenarios

Al igual que los casos de las industrias anteriores, la elaboración de los escenarios corresponde a la proyección de la producción bajo los supuestos establecidos para cada escenario macroeconómico. Los cuadros VI-8 y VI-9 en su primera parte, señalan las estimaciones sobre la producción azucarera y, se observa que en el escenario MACRO1 la producción para el año 2000 alcanza la cifra de 5.442 millones de toneladas que representa un incremento del 61.5% con respecto al nivel de producción del año

cuadro VI-7

CARACTERÍSTICAS DE LA INDUSTRIA AZUCARERA MEXICANA  
Y ALGUNAS COMPARACIONES CON LOS PROMEDIOS INTERNACIONALES

	INDUSTRIA MEXICANA	PROMEDIOS INTERNACIONALES
DURACION DE LA ZAFRA	1 AÑO: 1 MES DE ACTIVIDAD 1 MES DE MANTENIMIENTO	1 AÑO: 10 MESES DE ACTIVIDAD 2 MESES DE MANTENIMIENTO
CAPACIDAD DE PROSECCION*	SEIS ZAFRAS DE ZAFRA Y UNO DE PARO.	SEIS ZAFRAS DE ZAFRA Y UNO DE PARO.
RENDIMIENTO MEDIO (TANA)	60-70 TONAJA.	50-60 TONAJA.
INTENSIDAD ENERGÉTICA	29.2 LITROS DE COMBUSTIBLE/TONC. 7925 KWH/KG. DE AZÚCAR*	0.33 LITROS DE COMBUSTIBLE/TONC.* 8000 KWH/KG. DE AZÚCAR 3500-4000 LITROS DE AZÚCAR*
CONSUMO DE ENERGÍA EN LA ZAFRA	0.74 %	10-14%
CONSUMO EN LA PROSECCION DE ZAFRA	55 % 1.50 KG/KG. DE BAGAJO	65 % 2.00 KG/KG. DE BAGAJO
GRADO DE HUMEDAD DEL BAGAJO	50 %	45 %

\* DATOS DE LA INDUSTRIA CUBANA  
FUENTE: ELABORADO CON INFORMACION CONTENIDA EN  
OSCAR GUZMAN Y OTROS OF. CI.  
AZÚCAR S.A. "PROGRAMA PARA EL AHORRO  
DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA AZUCARERA"

base (1985): al mismo tiempo que la T.M.U.A. en todo el periodo es de 3.25% superior a la observada en el periodo es de 3.25% superior a la observada en el periodo histórico analizado de 2.48%. Por otra parte, el escenario MACRO2 muestra 1970-1985 una T.M.U.A. de 2.34% en todo el periodo, que se sitúa levemente por debajo del nivel histórico mencionado.

Es fácil observar que no existe una diferencia significativa en los niveles de producción de ambos escenarios. Lo que obedece principalmente a las características del mercado de la azúcar, que como se analizó en la primera parte de este capítulo se distinguen principalmente el consumo doméstico y el industrial. el primero manifiesta una tasa de crecimiento relativamente estable a diferencia del consumo industrial que depende de la evolución de la actividad económica de otras ramas principalmente la de alimentos y bebidas. De esta forma, dada la rigidez del consumo doméstico con respecto a los cambios ocurridos en la economía, el consumo industrial es el único que parece influenciar la producción dadas las alternativas de desarrollo económico planteadas y de ahí la escasa diferencia que existe entre los niveles de producción de un escenario macroeconómico a otro.

En lo que se refiere las especificaciones de los casos de base en cada escenario, suponen un incremento de la eficiencia del consumo energético, tomando como límite máximo de la intensidad energética el promedio internacional de 6,000Kcal/Kg de azúcar, cifra inferior al valor de 1985 de 7,885.76Kcal/Kg., evidentemente este hecho presupone el logro de los objetivos gubernamentales tendientes a convertir a la industria en una rama productiva más moderna y eficiente. Asimismo, se considera un proceso de sustitución entre los combustibles en donde el bagazo de caña incrementa su participación en el consumo hasta el límite aquí considerado como máximo de 30%, al mismo tiempo que combustóleo disminuye a un nivel de 20% al final del periodo de proyección, con que se logra la distribución óptima de los energéticos.

Los casos de referencia muestran una proyección de la demanda de energía considerando las condiciones de producción desde el punto de vista energético habidas durante 1985 en donde la intensidad energética en todo el periodo no se modifica.

## el Resultados

Los resultados de la simulación del modelo MEDEE-S se muestran en los cuadros VI-8 y VI-9 en donde se manifiesta para el escenario MACRO1 un incremento del consumo energético mucho más elevado que el escenario MACRO2; para el caso de base en el primer escenario la tasa promedio de crecimiento anual es de 1.9% mientras que en el escenario MACRO2 es menor por el efecto de un menor nivel de producción situándose en 1.05%. En los casos de referencia, el crecimiento de la demanda de energía crece al mismo ritmo que el de la producción de 3.25 y 2.48% respectivamente. Así se observa que la demanda de energía en los

Cuadro VI-8 -

## AZÚCAR

\*\*\*\*\*

ESCENARIO MACRO1				
PERÍODO	1985	1990	1995	2000
PRODUCCIÓN (MILTS TON.)	3.37	3.841	4.526	5.441
(CRECIMIENTO ANUAL %)		2.649	3.306	3.755
CASO DE BASE				
TOTAL ENERGÍA (Gcal) x 10 <sup>9</sup>	26,575.0	27,862.0	30,712.0	35,228.0
- COMBUSTIBLES	9,008.9	8,358.3	9,292.3	7,045.7
- BAGAZO DE CAÑA	17,566.0	19,504.0	21,420.0	28,182.0
INTENSIDADES ENERGÉTICAS				
- COMBUSTIBLES	7,995.6	7,254.5	6,786.2	6,473.8
(ÍNDICE DE EVOLUCIÓN)	1.0	0.920	0.961	0.821
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGÍA (Gcal) x 10 <sup>9</sup>	26,575.0	30,286.0	35,656.0	42,909.0
- COMBUSTIBLES	9,008.9	9,055.8	9,635.3	9,581.8
- BAGAZO DE CAÑA	17,566.0	21,230.0	26,021.0	34,327.0
INTENSIDADES ENERGÉTICAS				
- COMBUSTIBLES	7,885.8	7,895.5	7,885.3	7,885.2
(ÍNDICE DE EVOLUCIÓN)	1.0	1.0	1.0	1.0

FUENTE: CORRIJIME MENDOZA S

Cuadro VI-9

## A Z U C C A R

ESCENARIO MACRO				
PERIODO	1985	1990	1995	2000
PRODUCCION (MILLONES DE TONS.) (CRECIMIENTO ANUAL %)	3.37	3.411	4.077	4.7
		1.389	2.461	2.933
CASO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (kcal x e69)	26,575.0	26,659.0	29,270.0	31,066.0
-COMBUSTIBLE	9,008.9	7,997.6	7,634.4	6,213.2
-BARRIL DE CANA	17,566.0	18,661.3	20,641.0	24,853.0
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	7,885.8 1.0	7,393.4 0.936	6,934.8 0.879	6,609.8 0.838
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (kcal x e69)	26,575.0	26,470.0	32,151.0	37,061.0
-COMBUSTIBLE	9,008.9	8,541.5	8,680.8	7,412.2
-BARRIL DE CANA	17,566.0	19,930.0	23,470.0	29,649.0
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	7,885.8 1.0	7,885.6 1.0	7,885.4 1.0	7,885.2 1.0

FUENTE: CORRIDAS MODELO MEDECS-S

casos de base crece en ambos escenarios a un ritmo inferior al de la producción, contrariamente a lo ocurrido durante el período histórico analizado con anterioridad.

#### d) Intensidades Energéticas

La mayor eficiencia del consumo energético manifiesta en los casos de base de los dos escenarios propuestos se especifica en la evolución intensidades energéticas de cada uno de estos. El cálculo del consumo de energía por kg. de azúcar producida se efectúa con base en la depreciación estimada del sector (3.9 anual)<sup>4/</sup>, el nivel de actividad económica de la industria y el límite máximo de eficiencia del consumo energético establecido previamente (6,000 cal/Kg.) Los cuadros No. 8 y No. 9 muestran en los casos de base como un dinamismo mayor en la producción que genera un mayor consumo de energía en términos absolutos, sin embargo, este hecho, por el efecto combinado de la depreciación y el nivel de actividad, provoca la disminución del consumo específico dada la incorporación de tecnologías nuevas y más modernas, y por tanto, más eficientes en el consumo energético. Así, de la comparación de los consumos de energía en los casos de base se tiene una demanda energética mucho mayor en el escenario MACRO1 en donde el nivel de producción es superior; sin embargo el consumo específico en el mismo escenario resulta ser menor en todos los años en comparación con el escenario MACRO2 en el cual, ante el menor nivel de actividad de la industria la intensidad energética en el final del período de 6,609.8 queda más alejada del límite máximo de 6,000 cal/Kg., establecido como punto óptimo de eficiencia, a diferencia del consumo específico del final del período en el MACRO1 que llega a 6,473.8 cal/Kg., más cercano al parámetro de referencia citado.

#### e) Potencial de Ahorro

El incremento que en términos absolutos genera sobre la demanda de energía el desarrollo económico y la disminución en términos relativos (medida a través de la intensidad energética) abre la posibilidad de establecer el potencial de ahorro energético que la industria tiene en función de los dos escenarios macroeconómicos planteados. Los cuadros VI-10 y VI-11 muestran las magnitudes en este rubro para cada caso y al igual que en las industrias anteriores se calcula en función de la diferencia del caso de base y del caso de referencia en cada escenario. Así el potencial de ahorro energético que tiene la industria azucarera bajo la alternativa de producción del escenario MACRO1 y considerando la eficiencia del consumo energético antes mencionada, resulta ser muy superior en comparación con el otro escenario, ya que si se considera el potencial de ahorro de cada año es el mismo para los cuatro años anteriores, la industria puede obtener un ahorro energético en el escenario MACRO1 de 719 millones de dólares a diferencia del escenario MACRO2 en donde el potencial de ahorro es de 557 millones de dólares.

4/ Banco de México op. cit.

cuadro VI-10

POTENCIAL DE AHORRO

ESCENARIO MACRO1

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	2,423	1,592,783	23.1
1995	4,974	3,269,709	47.41
2000	7,681	5,049,184	73.21

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.

cuadro VI-11

POTENCIAL DE AHORRO

ESCENARIO MACRO2

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	1,813	1,191,794	17.28
1995	3,875	2,547,270	36.94
2000	5,995	3,940,874	57.14

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.



cuadro VI-10

## POTENCIAL DE AHORRO

## ESCENARIO MACRO1

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	2,423	1,592,783	23.1
1995	4,974	3,269,709	47.41
2000	7,681	5,049,184	73.21

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.

cuadro VI-11

## POTENCIAL DE AHORRO

## ESCENARIO MACRO2

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	1,813	1,191,794	17.28
1995	3,875	2,547,270	36.94
2000	5,995	3,940,874	57.14

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.

## VII. LA DEMANDA DE ENERGÍA EN LAS INDUSTRIAS DEL PAPEL Y LA CELULOSA

### 1. LAS INDUSTRIAS DEL PAPEL Y LA CELULOSA EN MÉXICO

Las industrias del papel y la celulosa en México están integradas por 68 plantas distribuidas en 17 regiones de la República concentrándose principalmente en el Distrito Federal y en el Estado de México; de ellas siete producen celulosa 51 producen papel y 10 son integradas, es decir, elaboran ambos productos.

En 1983 la capacidad instalada para la producción de celulosa fue de 957 mil toneladas métricas, con un nivel de aprovechamiento del 56.7%. Cabe destacar que desde 1983 ha habido una continua disminución de la utilización de la capacidad de producción de celulosa, en virtud de que en ese último año fue de 1078 miles de toneladas aprovechándose en un 70.5%. La producción de celulosa ha mostrado durante los últimos diez años un lento crecimiento, que en promedio anual de 1.56%, insuficiente para satisfacer la demanda interna, cuya tasa media de crecimiento anual ha sido del orden de 4.7% (cuadro VII-1).

Es evidente que la incapacidad de la oferta para cubrir las necesidades de consumo de celulosa ha provocado el crecimiento continuo de las importaciones, que para el periodo 1977-1986 se ha incrementado a un ritmo medio de crecimiento anual de 20%.

La capacidad instalada para la producción de papel se ha venido incrementando continuamente y a la fecha es de 3316 miles de toneladas, aunque sin embargo su nivel de aprovechamiento es del 74.5%. La producción por su parte también ha ido incrementándose al pasar de 1.45 millones de toneladas en 1977 a 2.47 millones en 1986, con un promedio de crecimiento anual de 6.07%. Con esto ha sido posible una reducción sustancial de las importaciones de papel, que en el mismo período han descendido en promedio 14.25%, pasando de 297.1 miles de toneladas a 70.7 miles de toneladas. Cabe aclarar que la industria ha estado sujeta a un proceso de sustitución de importaciones en lo que corresponde a papel periódico, libros de texto y cartones para envase.

El margen de subvaluación de la moneda que encarece el valor de las importaciones e incrementa la competitividad de los productos mexicanos en el exterior, ha apoyado las exportaciones de papel al incrementarse de 29.3 miles de toneladas en 1983 a 139.7 miles de toneladas en 1986.

La estrecha interrelación que existe entre las industrias de

CUADRO VII-1

CONSUMO NACIONAL APARENTE DE CELULOSA  
(TONELAJAS METRICAS)

	PRODUCCION	IMPORTACIONES	CONSUMO APARENTE
1977	671,977	67,652	739,629
1978	766,411	116,456	882,864
1979	717,468	166,432	883,900
1980	731,779	209,534	941,313
1981	742,432	121,285	863,718
1982	746,119	126,576	872,695
1983	759,480	162,345	921,825
1984	811,642	226,082	1,037,724
1985	820,416	312,887	1,133,303
1986	721,529	345,470	1,066,999
T.M.C.A.	1,562	19,562	4,702

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y EL PAPEL.

CUADRO VII-2  
CONSUMO NACIONAL APARENTE DE PAPEL  
(MILES DE TONELAJAS  
1975-1984)

ANO	PRODUCCION	EXPORTACIONES	IMPORTACIONES	CONSUMO APARENTE
1977	1,453.7	0.0	297.2	1,750.9
1978	1,553.1	0.0	161.6	1,744.1
1979	1,701.4	0.0	241.7	1,972.1
1980	1,896.4	0.0	594.4	2,430.8
1981	1,950.9	0.0	568.7	2,519.9
1982	1,966.5	0.0	281.4	2,267.9
1983	2,061.6	29.2	145.7	2,178.1
1984	2,237.7	43.9	77.9	2,268.7
1985	2,447.8	38.4	105.7	2,515.1
1986	2,470.2	135.7	70.7	2,435.2
T.M.C.A.	6.972		-14.752	3.592

FUENTE: CAMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y EL PAPEL.

la celulosa y la del papel, ha propiciado una situación especialmente difícil para la segunda, dada la necesidad de las plantas productoras de celulosa para satisfacer los insumos necesarios a la producción de papel en forma continua y adecuada. Asimismo, aparte de la falta de interacción entre ambos procesos productivos, el desarrollo de estas industrias depende en buena medida del ritmo de crecimiento de la actividad económica nacional, por lo que resulta muy importante la instrumentación de una política de industrialización, que en el caso de estas ramas productivas fomente su nivel de productividad e interacción de acuerdo con las especificaciones señaladas en el capítulo segundo.

## 2. ESQUEMA DE PRODUCCIÓN DE PAPEL

El proceso de producción de papel puede dividirse a grandes rasgos en dos etapas:

- Conversión de la fibra en bruto en pulpa.

Fabricación del papel utilizando la pulpa como materia prima.

El proceso para fabricar papel es estándar, pero existen diferencias en el equipo que van de acuerdo con el tipo de papel que se desea producir. Así se tiene que las plantas industriales de pulpa y papel se clasifican en:

- Fábricas productoras de celulosa y cartón que consumen la celulosa adquirida o bien la producen por medio de desperdicio (reciclaje).

- Fábricas productoras de celulosa como producto terminado para ser procesado en otras plantas.

- Fábricas integradas productoras de celulosa y papel.

Todas las fábricas de celulosa parten de un cierto contenido de celulosa en la materia prima, la cual es desbaratada por procesos químicos o mecánicos, la celulosa es hidratada para facilitar su manejo y reducir su costo por peso, para posteriormente ser enviada a las fábricas de papel.

Las fábricas de celulosa se pueden clasificar por el proceso que utilizan o bien por la cantidad de energía que se consume en la producción.

## a) FABRICACION DE CELULOSA

Existen dos procesos para la fabricación de celulosa:

**PROCESO QUIMICO.-** La característica más importante en este proceso es el nivel de temperatura (diáster), dentro del cual la fibra se introduce junto con los productos químicos para disolver los componentes no celulósicos de la materia prima, después es lavada y refinada mediante sedazos y blanqueadores de acuerdo al uso final que se le dé, dependiendo de grado de cocimiento y tratamiento subsecuente.

**PROCESO MECANICO.-** Aquí la materia prima es desbaratada por medios físicos dentro de la suspensión acuosa, para después pasar a los refinadores de madera y bien de placas de acero. Los refinadores de madera tienen mayor potencia pero a su vez poseen un consumo de energía mucho más alto ya que la madera si es adquirida en desperdicio puede representar una ventaja, de no ser así hay que desmenuzarla incrementando el consumo energético.

**COMBINACION DE LOS PROCESOS QUIMICO Y MECANICO.-** Esta alternativa de producción ofrece algunas ventajas específicas. En términos de producción se caracteriza por ser un método mucho más eficiente que los dos anteriores debido a que la producción de celulosa es superior con esto se plantea una alternativa para una producción a más bajo costo, sin embargo como sus fines de uso son específicos.

## b) PRODUCCION DE PAPEL

El papel se produce a través de la celulosa, inclusive muchas fábricas producen su propia celulosa aunque cerca del 25% de fibra usada es papel de desperdicio (reciclaje).

El proceso de producción difiere considerablemente de acuerdo al tipo de papel de que se trate aunque ciertos procesos son básicos para la producción. Las etapas de dicho proceso productivo son las siguientes:

**Preparación para almacenar.-** Varía de acuerdo a la forma y al tipo de celulosa y en función del tipo del papel. Si la celulosa se consigue en forma seca o embalada, los balajes deben romperse y la celulosa engrasada será puesta en una suspensión de agua. Si se usa papel de desperdicio, normalmente se requiere de una limpieza, destintado y engrasado. La preparación para almacenar incluye normalmente refinación para lograr las características propias que la fibra requiere según el tipo de papel que se vaya a producir.

**Formado:** Las fibras deben formarse dentro de una lámina o placa donde son sumergidas en agua para después ser "descargadas" en un cedazo de tela de alambre para quitar el agua y formar las láminas que contienen en este proceso un 15.20% de fibra.

**Engrasado:** La humedad se remueve presionando la lámina entre dos rollos, la lámina pasa a través de ellos quitando el agua sobrante, el secado de la lámina requiere de 35 a 45 minutos.

**Secado:** La lámina se lava directamente en cilindros de metal o bien entre rollos de acero.

**Leñificado:** La lámina es puesta al aire en unos carretes que al encontrarse al final de la máquina del secado, a su vez éstos carretes reciben aire de otros más pequeños cuya anchura depende del fin de uso.

Concretamente, la industria de la celulosa en México lleva a cabo la producción en su mayor parte mediante el proceso químico en una producción de año madamente el 70%, en tanto que el proceso mecánico hasta el año de 1984 representó aproximadamente el 3% del total de la producción, para posteriormente incrementar su participación en 12.5% y 15.2% en los dos años siguientes respectivamente.

El incremento de la producción mediante proceso mecánico habido durante los últimos dos años, muy probablemente provocó la caída de la participación de la producción de celulosa química de plantas anuales, que en los años anteriores a 1985 tuvo una participación superior a la que observó al final del periodo (cuadro VII-3). Este hecho, como se verá en el apartado siguiente tuvo consecuencias desfavorables desde el punto de vista energético dado el mayor consumo del proceso mecánico. Asimismo, se observa en el cuadro VII-4 que la madera es el principal insumo para la producción de celulosa, aunque la producción de esta a partir de las plantas anuales (Bagazo de caña, paja de trigo o cebada y borra de algodón) representa un porcentaje importante que en 1986 fue del 29.6.

Actualmente en México se producen diferentes tipos de papel que se clasifican en cuatro grandes grupos que abarcan: papel para escritura e impresión, para empaques, sanitario y facial, y papeles especiales de otros, como se observa en el cuadro VII-3, el papel para empaque absorbe la mayor parte de la producción seguida del papel para escritura e impresión, en tanto que los dos restantes (principalmente los papeles especiales), representan un porcentaje significativamente menor con respecto de la producción total.

El conocer la distribución de la producción de papel resulta importante en virtud de que su importancia relativa varía con

CUADRO VII-3

PRODUCCIÓN DE PAPEL POR GRUPOS  
1986

Toneladas Métricas		
Grupo	Volumen	Participación
Escritura e Impresión	819.030	33.16 %
Empaque	1.283.577	51.96 %
Sanitario y Facial	317.134	12.84 %
T o t a l	2.470.229	100 %

FUENTE: UNICP

relación a la aquí expuesta cuando se analiza la producción por tipo desde el punto de vista del consumo energético.

### 3. CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL

A pesar de que el consumo de energía en la industria del papel representa una parte significativa de consumo energético final de la industria (aproximadamente 4.0% en 1985) no se tiene a la fecha la información suficiente sobre las características y el patrón de consumo de energía en esta industria, por lo que ha sido necesario recurrir a estadísticas internacionales con el objeto de comparar, la eficiencia y características de la producción (1).

El consumo energético para la producción requiere el equivalente a 3/4 toneladas de petróleo para producir una tonelada de papel en los países industrializados, en los países en desarrollo se requiere de dos a tres veces la cantidad anterior, aunque cabe señalar que casi la tercera parte se satisface quemando los residuos de la propia industria (autogeneración), la parte restante corresponde a la energía comprada.

(1) Véase Andrew J. Ewing "Energy Efficiency in the pulp and paper industry with emphasis on developing countries" World Bank, Technical Paper number 34.

CUADRO VII-4  
 PRODUCCION DE CELULOSA POR TIPOS  
 Y SU PARTICIPACION RELATIVA  
 (TONELADAS METRICAS)

AÑOS	QUIMICA DE MADERA		QUIMICA DE PLANTAS ANALES		PASTA MECANICA DE MADERA		OTRAS CELULOSAS		TOTAL
1977	375,746	56.4%	233,076	34.8%	59,997	8.0%	5,436	0.8%	671,977
1978	414,179	56.6%	222,036	31.2%	59,870	8.5%	4,269	0.6%	756,438
1979	490,666	55.9%	252,079	35.2%	59,452	8.3%	4,687	0.7%	717,468
1980	402,291	55.7%	277,931	39.3%	46,117	6.3%	5,381	0.7%	731,769
1981	-	51.7%	267,541	36.0%	50,022	6.7%	3,696	0.5%	742,483
1982	421,174	56.5%	269,768	35.7%	53,416	7.1%	3,658	0.5%	748,119
1983	414,454	54.4%	290,168	37.4%	56,122	7.4%	4,716	0.6%	759,458
1984	457,671	54.7%	241,725	36.4%	65,461	8.2%	5,765	0.7%	806,642
1985	412,354	56.4%	243,361	33.2%	102,944	15.5%	6,727	0.8%	820,416
1986	422,117	54.6%	320,962	39.2%	117,472	15.2%	7,619	0.9%	772,539

FUENTE: CÁMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y EL PAPEL

CUADRO No. 5

CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL  
 (KCAL x E12)

año	DIESEL	COMBUS-TOLEO	GAS	ELECTRICIDAD	OTROS	TOTAL
1981	0.019	4.080	3.686	0.934	0.019	8.738
1985	0.079	5.446	4.790	1.258	0.000	11.573

PARTICIPACION PORCENTUAL

1981	0.22	46.70	42.19	10.69	0.21	100.00
1985	0.68	47.06	41.39	10.87	0.00	100.00

FUENTE: ENCUESTA SOBRE CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA SEPAFIN Y BALANCE DE ENERGIA 1985 SEMIP.



Es importante señalar que a nivel internacional, en los países que producen sustancialmente más celulosa que papel muestran consumos mucho mayores al igual que los que utilizan el proceso mecánico, considerando la producción de papel y cartón en los países de la OCDE que en 1981 se situó en 133.5 millones de tons., consumieron 58.00 millones de toneladas de petróleo es decir, 0.43 de toneladas de petróleo por tonelada de papel producida.

Para el caso de la industria mexicana en el cuadro VII-5 se muestran los consumos de energía para 1981 y 1985, se observa que entre los combustibles la industria consume en su mayor parte gas natural y combustóleo y de manera marginal el diesel, asimismo consume electricidad en aproximadamente un 11% de sus requerimientos energéticos. Además durante la producción de papel se autogenera una considerable cantidad de energía que para 1981 fué de 2.12 billones de kilocalorías, que representan el 19.5% del total de su consumo.

Con base en los datos anteriores es posible estimar la eficiencia del consumo energético de la industria medida a través del coeficiente de intensidad energética. En el cuadro VII-6 se observa que la industria ha incrementado su consumo específico al pasar de 4.480 kcal/ton. a 4.672 kcal/ton., es decir que sus requerimientos energéticos se han incrementado en un 4.3%, en la producción de una tonelada de producto.

Sin embargo, dada la diversidad de la producción, los consumos específicos de energía varían considerablemente de un tipo de papel a otro, por ejemplo, para la producción de papel periódico la intensidad energética registra un consumo de 3000 kcal/kg y para los papeles industriales es de 4000 a 9000 kcal/kg. en el cuadro VII-7 se muestran algunos de los consumos específicos de celulosa y papel.

La escasa información que existe respecto al consumo energético de la industria de papel impide caracterizar de manera detallada su patrón de consumo; ya que por ejemplo, resulta de vital importancia conocer los consumos específicos en cada proceso de producción de celulosa y su evolución. Sin embargo, dada la importancia de esta industria como fuerte consumidor de la energía en el total industrial, resulta imprescindible señalar las características y tendencias generales que en torno a este aspecto se suscitan.

CUADRO VII-6

INTENSIDADES ENERGETICAS EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL  
(KCAL x E12/KG)

ano	DIESEL	COMBUS- TOLEO	GAS	ELECTRI- CIDAD	OTROS	TOTAL
1981	0.010	2.092	1.890	0.479	0.009	4.480
1985	0.032	2.199	1.934	0.508	0.000	4.672

FUENTE : ELABORACION PROPIA

CUADRO VII-7

CONSUMOS ESPECIFICOS EN LA PRODUCCION  
DE PAPEL Y CELULOSA

CONCEPTO	CONSUMO ESPECIFICO
FABRICACION DE CELULOSA	
- PAPEL USADO	1,000 KCAL/KG CELULOSA
- CELULOSAS ESPECIALES	13,000 KCAL/KG CELULOSA
FABRICACION DE PAPEL	
- PAPEL PERIODICO	3,000 KCAL/KG PAPEL
- PAPEL KRAFT	2700-4700 KCAL/KG PAPEL
- PAPELES INDUSTRIALES	4000-9000 KCAL/KG PAPEL

FUENTE: ELABORADO CON DATOS CONTENIDOS EN "USO EFICIENTE Y RACIONAL DE LA ENERGIA EN MEXICO" OSCAR GUZMAN. EDIT COLMEX.

#### 4. PERSPECTIVAS DEL CONSUMO DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA DEL PAPEL

##### a) Elaboración de Escenarios.

Las referencias anteriores en torno a las características del consumo energético en la industria del papel permiten observar con base en ciertas comparaciones internacionales que existe un potencial de ahorro energético significativo, además de que si se considera la evolución de la intensidad energética en el período 1981-1985, se manifiesta un incremento de la ineficiencia dentro del patrón de consumo. Asimismo, la difícil situación económica de la industria y su dependencia directa respecto a las políticas gubernamentales tendientes a incentivar un adecuado desarrollo industrial, ponen de manifiesto la relación economía-energía que se especifica en la elaboración de escenarios en este trabajo.

En este sentido y siguiendo la misma metodología establecida para las otras industrias, se tienen dos escenarios macroeconómicos: uno que señala las posibilidades de producción bajo la perspectiva de una política económica de corte heterodoxo que favorece el crecimiento del mercado interno (escenario MACRO1), y otro que subyace bajo los criterios de una política ortodoxa (MACRO2).

##### b) Resultados.

Los resultados de la simulación del módulo macroeconómico para el caso de la producción de papel se muestran en los cuadros VII-8 y VII-9 y se observa que en el escenario MACRO1 la producción crece a una T.M.C.A. de 3.62% alcanzando la cifra de 4.22 millones de toneladas al final del período de estimación. Por su parte, el escenario MACRO2 muestra como la producción de papel crece a un nivel muy inferior en comparación con el escenario alternativo al reflejar una T.M.C.A. de 2.12%. Si se comparan los ritmos de crecimiento de la producción de ambos escenarios se observa que son inferiores al promedio del período histórico analizado de 7.27% anual, lo que obedece al impacto de la crisis económica actual sobre la producción del sector.

En lo que se refiere a la proyección de la demanda de energía, es evidente que bajo las consideraciones de los casos de base de cada uno de los escenarios macroeconómicos, en donde se supone un esfuerzo tendiente a incrementar la eficiencia del consumo energético en la industria(2), la determinación de la

(2) Se considera que industria posee un potencial de ahorro mínimo equivalente al 30% de su consumo energético.

Cuadro VII-8

## PAPEL

\*\*\*\*\*

ESCENARIO MACRO1				
PERIODO	1985	1990	1995	2000
PRODUCCION (10**6 TON.) (CRECIMIENTO ANUAL %)	2.477	2.657	3.427	4.222
		2.895	3.705	4.26
AÑO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (total x e09)	11.573.0	11.721.0	14.038.0	17.651.0
-COMBUSTIBLEO	5.446.3	5.963.1	7.485.9	9.255.6
-DIESEL	82.5	112.5	129.1	154.3
-GAS NATURAL	4.786.2	5.172.9	5.291.7	6.016.2
ELECTRICIDAD	1.258.0	1.470.5	1.791.8	2.225.0
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	507.9 1.0	516.5 1.017	522.9 1.030	527.1 1.038
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	4.164.3 1.0	3.936.2 0.945	3.766.3 0.904	3.653.9 0.877
AÑO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (total x e09)	11.573.0	10.548.0	16.010.0	19.724.0
-COMBUSTIBLEO	5.446.3	6.305.3	8.276.6	10.548.0
-DIESEL	82.5	119.0	142.7	175.8
-GAS NATURAL	4.786.2	5.472.5	5.850.7	6.856.1
ELECTRICIDAD	1.258.0	1.451.0	1.740.4	2.144.1
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	507.9 1.0	507.3 1.0	507.9 1.0	507.3 1.0
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	4.164.3 1.0	4.164.2 1.0	4.164.1 1.0	4.164.1 1.0
FUENTE: CORRIMAS MODELO MENEES-5				

Cuadro VII-9

F A F E L  
\*\*\*\*\*

ESCENARIO MACRO2				
PERIODO	1965	1990	1995	2000
PRODUCCION TOTAL TOPE (CRECIMIENTO ANUAL %)	2,477	2,579	2,591	3,394
		5,81	2,442	3,128
CASO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (kcal x e09)	11,573.0	11,668.0	12,795.0	14,420.0
-COMBUSTIBLEO	5,446.3	5,482.1	6,494.2	7,594.1
-DIESEL	82.5	103.4	122.0	138.4
-GAS NATURAL	4,786.2	4,758.0	4,550.6	4,929.7
-ELECTRICID.	1,258.0	1,324.7	1,852.4	2,751.1
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	507.9 1.0	513.7 1.111	519.6 1.029	524.5 1.033
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	4,164.3 1.0	4,010.8 0.963	3,846.2 0.924	3,724.1 0.894
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (kcal x e09)	11,573.0	12,049.0	13,594.0	15,858.0
-COMBUSTIBLEO	5,446.3	5,691.9	7,027.4	8,480.2
-DIESEL	82.5	107.4	121.2	141.3
-GAS NATURAL	4,786.2	4,940.1	4,967.7	5,512.1
-ELECTRICID.	1,258.0	1,309.8	1,477.7	1,723.8
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	507.9 1.0	507.9 1.0	507.9 1.0	507.9 1.0
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	4,164.3 1.0	4,164.3 1.0	4,164.2 1.0	4,164.1 1.0

FUENTE: CORINAS MODELO MERES-5

Como resultado de las acciones que se verá influenciadas los ritmos de crecimiento de la producción de tal forma que, tanto la perspectiva del escenario MACRO1 la demanda de energía muestra una I.M.C.A. de 1.66% inferior a la de la producción al igual que en el caso de base del escenario MACRO2, en donde la I.M.C.A. de la demanda de energía es de 1.4%. En los casos de referencia, en donde se mantienen las condiciones del consumo energético de 1985 la I.M.C.A. de éste en el período de proyección es equivalente a la de la producción.

#### c) Potencial de Ahorro.

En la diferencia, el caso de base y del caso de referencia en el ahorro, se define el potencial de ahorro susceptible de obtener en la industria. Los cuadros VII-10 y VII-11 muestran este concepto en donde se manifiesta una tendencia ascendente en términos absolutos y relativos, producto de la evolución de la intensidad energética en los casos de base de ambos escenarios. Así en el MACRO1 resulta ser superior el potencial de ahorro y para el año 1990 alcanza la cifra de 2.07 billones de Fcal que representan el 19.5% del consumo energético del caso de referencia; para el mismo año en el escenario MACRO2 el potencial de ahorro es de 1.44 billones de Fcal que equivalen al 9.1% de la demanda de energía del caso de referencia respectivo.

En términos monetarios, considerando que el potencial de ahorro en cada año de cálculo es el mismo para los cuatro años anteriores, se estima que en el escenario MACRO1 el posible ahorro de la industria es de 191 millones de dólares y en el escenario MACRO2 es de 129 millones de dólares.

#### d) Intensidades Energéticas.

La mayor eficiencia del consumo energético alcanzada en el caso de base del escenario MACRO1 con respecto al escenario MACRO2, se refleja en la evolución de las intensidades energéticas, que para el primero dado el alto ritmo de la producción y por tanto la mayor depreciación y reposición de equipo nuevo y más eficiente se alcanza la cifra de 3,653.9 Fcal/ton producida, lo que se traduce en un incremento del 17.26% de la eficiencia del consumo de combustibles con respecto al año de base cuyo consumo específico es de 4,164.3Kcal/ton. A diferencia del caso de base del escenario MACRO2 en donde el nivel de actividad de la industria es menor y solo logra alcanzar la cifra de 3,724.1 Fcal/ton., que representa el 9.85% del consumo específico de 1985.

Las reflexiones anteriores en torno al consumo energético de la industria del papel en México permiten caracterizar este rubro

demanda energética del sector, se verá influida por los ritmos de crecimiento de la producción de tal forma que, bajo la perspectiva del escenario MACRO1 la demanda de energía muestra una T.M.C.A. de 2.86% inferior a la de la producción al igual que en el caso de base del escenario MACRO2, en donde la T.M.C.A. de la demanda de energía es de 1.43%. En los casos de referencia, en donde se mantienen las condiciones del consumo energético de 1985 la T.M.C.A. de éste en el período de proyección es equivalente a la de la producción.

#### c) Potencial de Ahorro.

En la diferencia de caso de base y del caso de referencia en el escenario se obtiene el potencial de ahorro susceptible de obtener en la industria. Los cuadros VII-10 y VII-11 muestran este concepto en donde se manifiesta una tendencia ascendente en términos absolutos y relativos, producto de la evolución de la intensidad energética en los casos de base de ambos escenarios. Así en el MACRO1 resulta ser superior el potencial de ahorro y para el año 2000 alcanza la cifra de 2.07 millones de Ecal que representan el 10.5% del consumo energético del caso de referencia; para el mismo año en el escenario MACRO2 el potencial de ahorro es de 1.44 millones de Ecal que equivalen al 9.1% de la demanda de energía para el caso de referencia respectivo.

En términos monetarios, considerando que el potencial de ahorro en cada año de cálculo es el mismo para los cuatro años anteriores, se estima que en el escenario MACRO1 el posible ahorro de la industria es de 191 millones de dólares y en el escenario MACRO2 es de 129 millones de dólares.

#### d) Intensidades Energéticas.

La mayor eficiencia del consumo energético alcanzada en el caso de base del escenario MACRO1 con respecto al escenario MACRO2, se refleja en la evolución de las intensidades energéticas, que para el primero dado el alto ritmo de la producción y por tanto la mayor depreciación y reposición de equipo nuevo y más eficiente se alcanza la cifra de 3,653.9 Kcal/ton producida, lo que se traduce en un incremento del 12.26% de la eficiencia del consumo de combustibles con respecto al año de base cuyo consumo específico es de 4,164.3Kcal/ton. A diferencia del caso de base del escenario MACRO2 en donde el nivel de actividad de la industria es menor y solo logra alcanzarse la cifra de 3,724.1 Ecal/ton., que representa el 9.85% del consumo específico de 1985.

Las reflexiones anteriores en torno al consumo energético de la industria del papel en México permiten caracterizar este rubro

cuadro VII-10

## POTENCIAL DE AHORRO

## ESCENARIO MACRO1

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	627	412,165	5.98
1995	1,312	862,457	12.51
2000	2,073	1,362,708	19.76

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.

cuadro VII-11

## POTENCIAL DE AHORRO

## ESCENARIO MACRO2

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR.DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	381	250,454	3.6
1995	885	581,764	8.4
2000	1,438	945,284	13.7

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.



(pese a la falta de información que a la fecha existe), como un elemento que puede proporcionar avances significativos en la productividad y mayor eficiencia de la industria, a la par de que ante la difícil situación económica de la misma en torno a los mercados de exportación, una mayor eficiencia del consumo energético, bien pudiera traducirse en un factor que proporcione ventajas comparativas en este aspecto.

## VIII. DEMANDA DE ENERGÍA EN LA INDUSTRIA PETROQUÍMICA BÁSICA

### 1. Características Generales de la Industria Petroquímica Básica en México

El presente capítulo pretende dar una panorámica general en torno al consumo de energía en la petroquímica básica, en virtud de que un estudio detallado al respecto, representa un esfuerzo de alcances mucho mayores a los que aquí se pretende, debido fundamentalmente a la complejidad y heterogeneidad de la producción en esta rama, y a la escasa información que a la fecha existe sobre el consumo de energía en la producción de petroquímicos básicos.

No obstante estas limitaciones, es posible determinar en un contexto general el estado actual de consumo energético referido, así como analizar prospectivamente su trayectoria y eficiencia hacia el año 2000 mediante la metodología aquí utilizada.

La industria petroquímica básica juega un papel muy importante en el desarrollo económico de la industria mexicana, en virtud de que su producción, representa un insumo fundamental para gran parte del sector industrial, particularmente en su rama manufacturera, de ahí que su crecimiento está estrechamente vinculado con el dinamismo de esta última.

La elaboración de productos petroquímicos se lleva a cabo mediante la integración de cadenas productivas que parten de los hidrocarburos hasta los productos finales. En México, a diferencia de otros países, se distinguen la petroquímica básica y la petroquímica secundaria, pues todo el carácter prioritario y estratégico que se le asigna a esta industria, la producción de la primera se reserva como actividad única del Estado Mexicano; no obstante, durante 1986 se reclasificaron algunos productos de la rama básica como secundarios, con el objeto de incrementar su producción y competitividad en los mercados externos, así como para lograr una mayor integración con la rama secundaria.

La actividad de la industria petroquímica básica comienza a partir de los años sesenta impulsada por el Estado a través de una política proteccionista, gracias a la cual ha podido incrementar notablemente su producción a un ritmo anual de 17.4% en el periodo 1965-1985, sin embargo, es evidente el rezago que existe con respecto al desarrollo industrial en su conjunto, que se manifiesta en la dependencia tecnológica con respecto del exterior, su incapacidad para abastecer la demanda interna y su falta de integración con la petroquímica secundaria, factores que

sitúan a la industria en el sector sustitutivo de importaciones tal y como se ha definido en el capítulo segundo.

La producción de petroquímicos básicos se ve favorecida por la disponibilidad de petróleo y gas, lo que hace previsible que continúe la ruta del etileno como producto fundamental de la rama básica, al igual que el Amoniaco, el Etano y el Anhídrido Carbónico. En el cuadro VII 1 se muestra la producción de los principales petroquímicos y su participación en el total.

Por lo que respecta al consumo de energía en la industria petroquímica básica, es preciso detallar su ubicación en el contexto de la representación de los diferentes rubros de la energía e incluirlos en los balances nacionales, de acuerdo a las diferentes metodologías utilizadas para la elaboración de los mismos (OCDE y OLAIE).

El consumo energético de esta industria se ubica en la fase de transformación, particularmente como consumo propio del sector energético, con base en la metodología OCDE; en tanto que considerando las propuestas de OLAIE para la formulación de los balances, se ubica como energía final en sus usos energéticos y no energéticos. En el presente estudio, las estadísticas utilizadas son tomadas de acuerdo a esta última clasificación (1).

El consumo energético en la producción de petroquímicos básicos se clasifica en función del uso que se da a las fuentes energéticas: tipo natural principalmente, ya sea como materia prima o bien como combustible. Se observa en el cuadro VII-2 la evolución del consumo de energía, el cual registra en el período analizado altas tasas de crecimiento en ambos rubros (16.74% y 17.8% respectivamente), lo que obedece principalmente al fuerte dinamismo de la producción cuyo promedio de crecimiento anual de 17.4% resulta ser igual al de consumo total de energía.

Siempre con el mismo procedimiento para calcular el nivel de eficiencia del consumo energético aplicado a los sectores industriales antes considerados, en el cuadro VII 3 se detallan los niveles de intensidad energética o consumo específico en la industria petroquímica básica; en el caso del indicador que mide la eficiencia del consumo de energía como materia prima, puede observarse que en los años que van de 1967 a 1980, disminuye considerablemente, después en los años siguientes crece hasta alcanzar un nivel superior al inicial del período, sin embargo, resulta difícil obtener un margen significativo de ahorro en el consumo energético como materia prima, dado que el consumo específico con respecto a este rubro constituye una relación

(1) SEMIP, BALANCES NACIONALES DE ENERGÍA 1965-1985.

CUADRO VIII-1

PRODUCCION DE PRODUCTOS  
PETROQUIMICOS BASICOS  
1986

	MIL DE TON	PARTICIPACION
ACETALDEHIDO	136	1.1%
AMONIACO	1,946	16.2%
ANHIDRIDO CAR- BONICO	2,902	24.1%
AROMINIA 100	119	0.9%
AZUFRE	456	3.8%
BENCENO	222	1.8%
CLORURO DE VINILO	141	1.2%
DICLOROETANO	271	2.3%
DODECILBENCENO	103	0.9%
ETANO	2,550	21.2%
ETILENO	767	6.4%
HEXANO	101	0.8%
METANOL	182	1.5%
META Y PARA- XILENO	231	1.9%
OXIDO DE ETILENO	114	0.9%
OXIGENO	206	1.7%
PARAXILENO	123	1.0%
POLIETILENO B.D.	242	2.0%
PROPILENO	232	1.9%
TOLUENO	238	2.0%
SUBTOTAL	11,273	93.7%
TOTAL	12,025	100.0%

FUENTE: PEMEX INFORME ANUAL 1986.

CUADRO VIII-2  
 CONSUMO DE ENERGIA EN LA INDUSTRIA  
 PETROQUIMICA BASICA

(BILLONES DE KILOCALORIAS)

	materia prima	combustibles	total
1965	2.785	2.070	4.864
1966	3.661	3.254	6.915
1967	4.690	3.770	8.466
1968	5.806	5.207	11.043
1969	6.595	7.745	16.340
1970	9.382	8.690	18.072
1971	10.133	9.428	19.561
1972	10.820	10.440	21.260
1973	12.524	11.925	24.449
1974	12.600	13.401	26.027
1975	17.731	16.333	32.389
1976	19.278	17.757	37.035
1977	21.541	18.900	40.441
1978	28.885	26.046	54.931
1979	30.876	28.553	59.429
1980	33.786	32.508	66.294
1981	40.544	41.220	81.764
1982	50.702	54.121	104.824
1983	59.429	52.690	112.124
1984	62.766	49.344	112.110
1985	73.683	45.927	119.610
T.M.C.A	17.80%	16.74%	17.37%

FUENTE: BALANCES DE ENERGIA 1965-1985 SEMIP.

estereotómica, en donde generalmente las unidades en operación no se alejan demasiado del estándar establecido. En este sentido, las variaciones en el consumo específico pueden tener su causa en la recomposición de las magnitudes de producción de los diferentes productos, más que a un incremento de la ineficiencia en el uso de la energía como materia prima.

El caso del consumo energético de los combustibles resulta ser diferente al anterior, en virtud de que se pueden encontrar posibilidades significativas de ahorro. Un estudio realizado por El Colegio de México (2), analiza para el caso específico del amoníaco las intensidades energéticas de los combustibles en su elaboración en las plantas mexicanas, comparándolas con la norma estadística europea, encontrando diferencias significativas que oscilan en un consumo específico superior en la industria mexicana entre 40% y 300% con respecto a esta última. Esta apreciación sugiere amplios márgenes de ahorro energético en los demás petroquímicos básicos; aunque definitivamente un conocimiento más preciso de este aspecto requiere un estudio detallado de cada una de las cadenas de producción que incluso abarcará la rama siderúrgica.

A pesar de la falta de información con respecto al consumo específico requerido para la elaboración de cada producto básico, es posible obtener algunas conclusiones a partir de los consumos específicos globales.

En el cuadro VII-3 se observa que la intensidad energética para los combustibles permanece constante en el periodo 1965-1980, para posteriormente tomar una tendencia ascendente en los próximos años, lo que puede traducirse en un uso más desproporcionado de la energía durante años de 1980, 1980, hecho que puede atribuirse entre otras causas al menor dinamismo de la producción con el consistente incremento de la capacidad instalada, a la gran disponibilidad de la energía y al uso irracional de la misma.

Durante el periodo 1970-1980 los incrementos en la producción fueron acompañados de niveles de crecimiento similares en la capacidad instalada, cuyo aprovechamiento osciló alrededor del 80%. Asimismo, es en este periodo donde se observa una estabilidad en el nivel de intensidad energética.

En lo que se refiere al periodo 1981-1986, el incremento en la capacidad instalada no corresponde al ritmo de crecimiento de la producción, siendo mayor en la primera, provocando la caída en el nivel de aprovechamiento de la capacidad instalada, que

(2) Oscar Guzmán y otros op. cit.

CUADRO VIII-3

INTENSIDAD ENERGETICA

kcal/kg

	PRODUCCION MIL DE TON	materia prima	combustibles
1965	462	6,028.1	4,500.0
1966	723	5,063.6	4,500.7
1967	939	5,590.0	4,500.6
1968	1,197	5,044.1	4,500.4
1969	1,721	4,994.2	4,500.3
1970	1,931	4,858.6	4,500.3
1971	2,095	4,836.8	4,500.2
1972	2,320	4,663.8	4,500.0
1973	2,650	4,726.0	4,500.0
1974	2,978	4,239.8	4,500.0
1975	3,635	4,685.3	4,500.1
1976	3,946	4,885.5	4,500.0
1977	4,200	5,128.8	4,500.0
1978	5,788	4,990.5	4,500.0
1979	6,345	4,866.2	4,500.1
1980	7,224	4,676.9	4,500.0
1981	9,160	5,408.7	4,500.0
1982	10,590	4,723.6	5,110.6
1983	11,264	5,276.0	5,033.3
1984	10,943	5,735.7	4,509.2
1985	11,423	6,450.4	4,020.6
T.M.C.A	17.40%	0.34%	-0.56%

FUENTE: BALANCES DE ENERGIA 1965-1985 SEMIP,

Cuadro VIII-4  
**PETROQUIMICA BASICA**  
 \*\*\*\*\*

ESCENARIO MACRO1				
PERIODO	1985	1990	1995	2000
PRODUCCION (10**6 TON.) (CRECIMIENTO ANUAL %)	11.420	13.184	16.223	20.688
CASO DE BASE				
TOTAL ENERGIA (kcal) x e09)	45.927.0	47.243.0	52.677.0	62.889.0
-COMBUSTIBLEO	91.9	93.4	104.0	124.1
-GAS NATURAL	45.353.0	46.473.0	51.911.0	61.929.0
-ELECTRICID.	493.0	676.5	662.1	836.2
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	42.293 1.000	41.452 0.981	40.810 0.965	40.418 0.956
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	3970.3 1.000	3941.5 0.993	3921.0 0.986	3999.4 0.754
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (kcal) x e09)	45.927.0	50.068.0	65.225.0	83.179.0
-COMBUSTIBLEO	91.9	104.9	124.1	164.6
-GAS NATURAL	45.353.0	52.345.0	64.410.0	82.140.0
-ELECTRICID.	493.0	557.5	636.0	374.8
INTENSIDADES ENERGETICAS				
-ELECTRICIDAD (INDICE DE EVOLUCION)	42.293 1.0	42.293 1.0	42.293 1.0	42.293 1.0
-COMBUSTIBLES (INDICE DE EVOLUCION)	3.970.3 1.0	3.970.3 1.0	3.970.3 1.0	3.970.3 1.0

FUENTE: CORRIAS MODELO MEHEES-S



para 1986 fue de 60% inferior en diez mil toneladas anuales con respecto al promedio de la década anterior.

Este desfase entre el crecimiento de la capacidad instalada y el ritmo de crecimiento de la producción probablemente se debe a la fuerte caída de la producción nacional, que contrastó con las expectativas de crecimiento económico que se tenían al respecto, y que sirvieron de base para la consolidación de fuertes proyectos de inversión en la industria(3), a la vez de que los grandes yacimientos de petróleo y gas garantizaban el abasto oportuno de los insumos.

En este sentido, es explicable el incremento de la intensidad energética, debido a que al existir un mayor margen de capacidad ociosa, el consumo de energía capiciede pero no en la misma proporción en que lo hace la producción, en virtud de que existe un consumo mínimo de energía que resulta ser independiente del nivel de producción (4).

Sin embargo, a pesar de consideraciones técnicas como la anterior, es posible señalar, con base en el carácter altamente intensivo del consumo energético de la producción y ante la gran dispendiosidad de esta última, que probablemente haya existido un uso dispendioso de esta última, que explique en parte el incremento del consumo específico durante los años citados.

-----  
(3)El incremento en la capacidad instalada de producción en la industria petroquímica básica de 1980 a 1986 fué de 8.736.737 toneladas (Datos tomados de los informes anuales de Pemex).

(4) Este hecho ha sido señalado con anterioridad en el caso de la industria del cemento.

## 2. Perspectivas del consumo energético en la industria petroquímica básica

A pesar de las restricciones del análisis anterior en torno a las características del consumo energético de la industria petroquímica, se infiere la existencia de un potencial de ahorro significativo (principalmente en los usos de la energía como combustible), cuyo aprovechamiento futuro dependerá de la implantación de medidas tendientes a racionalizar y efficientar el uso de la energía, y de la evolución de la actividad económica de la industria.

Por el lado de las perspectivas económicas especificadas en las tendencias de la producción de los escenarios MACRO1 y MACRO2, (ver cuadros VII-4 y VII-5) se observa que en el caso de este último, una política de carácter restrictivo del mercado interno, genera un crecimiento insignificante o casi nulo en la producción de petroquímicos básicos durante el primer quinquenio, en tanto que el escenario MACRO1 refleja niveles de producción mucho mayores hacia el final del período (20.608 millones de toneladas y 16.875 millones respectivamente), lo que refleja la orientación de la producción en esta industria hacia el mercado interno.

En lo que se refiere a las proyecciones sobre consumo energético, es evidente que ante mayores niveles de producción este se incrementa en términos absolutos. Si se considera la hipótesis de que en el largo plazo la industria petroquímica básica puede concretizar un potencial de ahorro de alrededor de 30% de su consumo específico (6), el impacto que sobre este tiene el nivel de actividad económica, resulta inverso al que manifiesta el consumo en términos absolutos.

Este hecho se hace plausible en los casos de base de los dos escenarios macroeconómicos (ver cuadros VII-4 y VII-5), en donde la intensidad energética ante la alternativa de producción MACRO1, desciende de 4020.6 kcal/kg a 2999.4 kcal/kg, en tanto que el mismo indicador en el escenario MACRO2 alcanza la cifra de 3102.1, 3.5% mayor que la intensidad energética del otro escenario cuyo nivel de producción es superior, es decir, que el consumo por unidad de producto aumenta a medida que aumenta la capacidad no aprovechada de la planta.

Esta mayor eficiencia en el uso de la energía derivada del

-----  
(1) En 1985 el consumo específico de la industria fue de 4020.6 kcal/kg de producto, considerando un potencial de ahorro del 30%, el parámetro de referencia en el modelo MEDEE-S al que la industria puede aspirar es de 2814.4 kcal/kg.

DATOS VARIOS  
**POPULACION BASICA**  
 \*\*\*\*\*

ESTERMINIO ENERGIA				
PERIODO	1985	1990	1995	2000
PRODUCCION TOTAL TON	11,420	11,460	11,015	11,375
INCREMENTO ANUAL %	0.30	0.067	-0.32	0.32
CASO DE ERRO				
TOTAL ENERGIA (KWH)	45,127.0	44,414.1	47,123.1	52,034.0
COMBUSTIBLES	21.0	1.0	21.9	14.7
AGUA NATURAL	45,093.0	43,912.7	47,084.0	52,044.0
ELECTRICIDAD	403.0	499.4	571.6	695.4
INTERCAMBIO ENERGIA				
ELECTRICIDAD	40,090	41,825	41,082	40,614
INDICE DE EVOLUCION	1.0	0.966	0.971	0.961
COMBUSTIBLES	3,976.3	3,669.5	3,337.7	3,102.1
INDICE DE EVOLUCION	1.0	0.922	0.839	0.780
CASO DE REFERENCIA				
TOTAL ENERGIA (KWH) REF	45,127.0	46,117.1	55,961.0	67,648.0
COMBUSTIBLES	93.8	95.2	110.8	134.3
AGUA NATURAL	45,033.0	47,516.9	55,743.0	67,308.0
ELECTRICIDAD	400.0	506.0	597.5	710.7
INTERCAMBIO REFERENCIAS				
ELECTRICIDAD	40,197	40,230	41,293	42,283
INDICE DE EVOLUCION	1.0	1.0	1.0	1.0
COMBUSTIBLES	3,976.3	3,976.3	3,972.3	3,978.3
INDICE DE EVOLUCION	1.0	1.0	1.0	1.0

FUENTES: COMPAÑIAS NUCLEO \*RINCO-S

mejor aprovechamiento de los recursos productivos (caso de base del escenario MACR01), permite obtener márgenes de ahorro energético superiores. Si se considera este aspecto en los cuadros VII-6 y VII-7, se observa que en todos los años de cálculo, el potencial de ahorro es mayor en el escenario MACR01 en referencia al MACR02, lo cual obedece al descenso más rápido en el nivel de intensidad energética en el primero.

Si se considera que el potencial de ahorro calculado para cada año es el mismo para los cuatro años anteriores, puede obtenerse el ahorro anual acumulado de todo el periodo 1985-2000, que en el escenario MACR01 representa 109.04 millones de barriles de petróleo crudo, que a un precio de 14.50 dólares por barril, equivalen a 1340 millones de dólares; mientras que en el escenario MACR02, el potencial de ahorro acumulado asciende a 1308 millones de dólares.

cuadro VIII-6

POTENCIAL DE AHORRO

ESCENARIO MACRO1

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR. DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	5,765	3,789,682	54.95
1995	12,548	8,248,556	119.60
2000	20,290	13,337,839	193.98

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.

cuadro VIII-7

POTENCIAL DE AHORRO

ESCENARIO MACRO2

		(1)	(2)
	KCAL XE09	BARR. DE PETROLEO	MILL. DE DOLARES
1990	3,703	2,434,205	35.29
1995	8,934	5,872,856	85.16
2000	14,814	9,738,134	141.20

(1) PODER CALORICO PROMEDIO DE LOS CRUDOS MEXICANOS 1521236 kcal/barril

(2) se considera un precio promedio de 14.50 dolares por barril

FUENTE: CALCULOS DEL AUTOR.

## CONCLUSIONES

A lo largo de la presente investigación, ha sido posible comprobar (aunque en algunos casos no de manera tan detallada), las hipótesis de trabajo expuestas en la parte introductoria referentes a:

- Si bien el consumo de energía en la industria depende de factores tecnológicos, el impacto que tiene el desarrollo económico es de suma importancia debido a que determina en buena parte los consumos absolutos y relativos de energía en esta rama productiva.
- Al ser el desarrollo económico un factor determinante de la demanda de energía es difícil circunscribir el análisis a factores puramente técnico-económicos, por lo que una política que trate de maximizar la eficiencia del consumo energético tiene que ver factores que incluso abarcan la esfera político-social.
- El estadio de industrialización en México presupone una utilización intensiva de los recursos energéticos, en donde es fácil detectar un fuerte potencial de ahorro que se deriva del uso irracional y dispendioso de la energía habido en gran parte de las industrias analizadas.

En función de los casos de referencia y de base de los distintos escenarios económicos planteados para la proyección de la demanda energética se observa en el cuadro C-1 el potencial de ahorro total que puede obtenerse durante los 15 años de proyección. No obstante los menores niveles de producción y de consumo energético asociados al escenario MACRO 2

CUADRO C-1  
POTENCIAL DE AHORRO  
Mill. de Dólares  
Resumen General

S E C T O R	MACRO 1	MACRO 2
SIDERURGIA	1 581.25	828.25
PETROQUIMICA BASICA	1 842.65	1 308.25
CEMENTO	935.7	421.75
AZUCAR	718.6	556.8
PAPEL	191.25	128.5

Se observa en el cuadro citado que el potencial de ahorro total es mucho menor en este escenario, debido al mayor margen de capacidad ociosa y la menor depreciación del equipo, lo que imposibilita la modernización y mejoramiento de la planta industrial. Sin embargo en ninguno de los dos casos puede considerarse como despreciable la magnitud del ahorro susceptible de obtenerse, en virtud de que por ejemplo, representan aproximadamente el 5 % y 3 % del monto de la deuda externa total de México respectivamente.

Como es sabido el potencial de ahorro se deriva de lograr la máxima eficiencia del consumo en cada industria medida a través del coeficiente de intensidad energética, como supuso en los casos de base, este indicador debe ir disminuyendo como consecuencia del énfasis en la aplicación de medidas de ahorro y uso eficiente, de tal suerte que, a medida en que el consumo de energía por unidad producto disminuya, mayor será el ahorro que se obtenga.

Esta apreciación tiene importancia debido a que si consideramos los consumos absolutos proyectados cada año de cálculo en los dos escenarios macroeconómicos propuestos, se detecta que ante el menor ritmo de crecimiento económico del escenario MACRO 2 existen niveles mucho menores de consumo energético con respecto al escenario MAURO1, este hecho no implica un ahorro de energía, sino que simplemente se traduce como un consumo menor que incluso conlleva a un uso menos eficiente de la energía, puesto que las intensidades energéticas disminuyen a un ritmo inferior en el escenario MACRO 2 (cuadros C-2 y C-3). Por ejemplo, la industria siderúrgica representa una de las ramas productivas con un mayor potencial de ahorro, y se observa que hacia el final del periodo el consumo específico de gas en el escenario MAURO1 es de 3 777.7 kcal/kg. de acero y su demanda total de energía es de 68,909 billones de kilocalorías; si se compara la demanda total de energía para la misma industria en el escenario MACRO2, se aprecia un nivel mucho menor de 50,460 billones de kilocalorías, sin embargo, el consumo de gas por kilogramo de acero producido es menor pues se sitúa en 4026.6 kcal/kg. acero. El mismo caso se presenta para el resto de las industrias analizadas. Es evidente entonces, como una mejor utilización y un uso más intensivo de la planta industrial conlleva a niveles más adecuados y eficientes en la utilización de los energéticos.

Uno de los objetivos trabajo radica en señalar cuál es la máxima eficiencia para satisfacer los consumos de energía en cada industria ante una perspectiva de crecimiento económico dada, obteniendo en consecuencia el potencial de ahorro susceptible de aprovecharse. Este hecho ha sido posible a partir de determinar las diferencias que existen entre los consumos específicos que tiene la industria con respecto a los promedios internacionales.

CUADRO C-2

## INDICADORES SOBRE LA EFICIENCIA DEL CONSUMO ENERGÉTICO

## EJEMPLO PAÍS:

SECTOR	1985	1990	1995	2000	
<b>SIDERURGIA</b>					
producción (1)	7,367	9,024	11,056	13,975	41,452
consumo específico coque	4,967,6	4,126,3	3,975,1	3,755,5	-/-
consumo específico gas	5,025,7	4,407,9	4,004,6	3,777,7	-/-
demanda de energía total	45,161	44,664	57,130	68,909	120,866
potencial de ahorro (2)		51,661	193,857	160,505	316,225
<b>PETROLIO Y GASOLINA</b>					
producción	11,403	17,134	21,223	26,639	61,538
consumo específico coque	3,970,2	3,541,4	3,291,3	2,999,4	-/-
demanda de energía total	45,927	41,240	50,677	62,899	208,736
potencial de ahorro (2)		54,95	119,6	193,96	369,50
<b>CEMENTO</b>					
producción	19,309	24,707	30,349	36,211	110,225
consumo específico coque	1,149,0	1,001,0	914,7	836,5	-/-
demanda de energía total	25,737	21,605	22,767	25,229	122,339
potencial de ahorro (2)		30,04	60,72	95,36	187,14
<b>ALUMINIO</b>					
producción	3,371	3,841	4,526	5,442	17,179
consumo específico coque	7,195,8	7,154,6	6,766,2	6,745,8	-/-
demanda de energía total	26,575	27,363	30,711	35,220	124,379
potencial de ahorro (2)		23,1	47,41	73,21	143,72
<b>PAPEL</b>					
producción	3,447	2,857	3,427	4,222	12,953
consumo específico coque	4,014,1	3,936,1	3,766,3	3,653,9	-/-
demanda de energía total	11,577	12,021	14,638	17,651	56,643
potencial de ahorro (2)		5,36	10,51	19,72	35,25

NOTA: La intensidad energética de la meta es igual a la de producto.  
 (1) Las producciones para todos los sectores están en millones de toneladas.

(2) El potencial de ahorro está expresado en millones de dólares y se refiere a los períodos considerados anteriormente.

FUENTE: CÁLCULOS DEL AUTOR.



## CUADRO 1-3

## INDICADORES SOBRE LA EFICIENCIA DEL CONSUMO ENERGÉTICO

## ESCENARIO MACRO1

SECTOR	1990	1991	1995	2001	
<b>SIDERURGIA</b>					
producción (1)	7,367	7,399	8,313	9,799	12,567
consumo específico coque	4,960,6	4,550,4	4,290,7	3,905,1	-
consumo específico gas	3,095,1	4,757,5	4,347,7	4,026,6	-
demanda de energía total	48,261	43,862	45,300	50,460	184,082
potencial de ahorro (2)		20,303	53,349	90,919	165,165
<b>PETROQUÍMICA BÁSICA</b>					
producción	11,423	11,968	13,019	16,875	54,135
consumo específico coque	3,979,1	3,669,5	3,357,7	3,102,1	-
demanda de energía total	48,927	44,415	47,129	50,034	190,404
		26,119	95,119	141,7	211,65
<b>CEMENTO</b>					
producción	14,950	19,850	22,127	26,878	37,616
consumo específico coque	1,119,1	1,302,6	1,097,5	911,7	-
demanda de energía total	25,736	24,695	25,722	26,333	104,299
potencial de ahorro (2)		5,5	16,81	48,34	84,37
<b>ADIDAS</b>					
producción	3,371	3,611	4,077	4,701	15,759
consumo específico coque	7,995,8	7,392,4	6,934,9	6,699,8	-
demanda de energía total	21,575	19,659	20,275	21,066	112,575
potencial de ahorro (2)		17,28	36,74	57,14	111,36
<b>PAPEL</b>					
producción	1,447	2,579	2,911	3,114	11,30
consumo específico coque	4,114,0	4,000,9	3,848,0	3,724,1	-
demanda de energía total	11,579	11,666	12,719	14,420	50,97
potencial de ahorro (2)		3,6	1,4	13,7	25,7

NOTA: La intensidad energética se expresa en kcal/mg de producto.

(1) Las producciones para todos los sectores están en millones de toneladas.

(2) El potencial de ahorro está expresado en millones de dólares y se refiere a los períodos considerados anteriormente.

FUENTE: CÁLCULOS DEL AUTOR.

Si bien se ha demostrado la existencia de un amplio potencial de ahorro energético derivado de un uso irracional en todas las industrias consideradas; no ha sido posible dar respuesta al problema de identificar dentro de cada uno de los distintos procesos productivos las causas de este uso ineficiente y la manera en que podría aprovecharse más racionalmente la energía.

Ello obedece en primera instancia a que el definir estas cuestiones requiere además del análisis de demanda, un estudio detallado en torno a una política de ahorro y uso eficiente con carácter interdisciplinario, es decir, el móvil fundamental de la investigación lo constituye el conocimiento en términos cuantitativos y cualitativos de la situación actual del consumo energético en las industrias grandes consumidoras y calcular bajo la hipótesis de la interacción crecimiento económico demanda energética, la energía total que podría dejarse de usar como resultado de mejoras en la eficiencia no obstante se ha considerado en cada uno de los usos finales de la energía en las distintas industrias, las pérdidas de los procesos con la transformación de energía útil en energía final, las posibles mejoras tecnológicas graduales mediante el tratamiento de las intensidades energéticas, y además se ha contemplado la posibilidad de emplear fuentes primarias de energía o combustibles con cada una de las diferentes tecnologías, particularmente en los casos de las industrias azucareras y siderúrgica, con el fin de obtener la forma cantidad de energía útil.

Cabe aclarar que la presente investigación se inscribe dentro de una concepción global del proceso de planificación energética, en la cual, la demanda constituye sólo un eslabón dentro de los grandes agregados que representan la producción, transformación y demanda final. Es decir, la visión del planificador en cuestiones energéticas debe enfrentar las restricciones que se suscitan tanto por el lado de la oferta como de la demanda, en virtud de que en el largo plazo y dadas las tendencias del consumo total energético (tanto en sus fases de transformación como de uso final), pueden llegar a existir fuertes barreras para lograr la autosuficiencia energética. Es por ello que un conocimiento preciso del comportamiento de la demanda en cada uno de los sectores económicos con un alto contenido energético resulta de vital importancia a fin de elaborar una política congruente en materia de energéticos que conjuntamente con las disposiciones y principios que resguarden el interés nacional se mantenga la autosuficiencia y se elabore una política de exportación que sirva para el financiamiento del desarrollo.

Si bien se ha demostrado la existencia de un amplio potencial de ahorro energético derivado de un uso irracional en todas las industrias consideradas; no ha sido posible dar respuesta al problema de identificar dentro de cada uno de los distintos procesos productivos las causas de este uso ineficiente y la manera en que podría aprovecharse más racionalmente la energía.

Ello obedece en primera instancia a que el definir estas cuestiones requiere además del análisis de demanda, un estudio detallado en torno a una política de ahorro y uso eficiente con carácter interdisciplinario, es decir, el móvil fundamental de la investigación lo constituye el conocimiento en términos cuantitativos y cualitativos de la situación actual del consumo energético en las industrias grandes consumidoras y calcular bajo la hipótesis de la interacción crecimiento económico demanda energética, la energía total que podría dejarse de usar como resultado de mejoras en la eficiencia no obstante se ha considerado en cada uno de los usos finales de la energía en las distintas industrias, las pérdidas de los procesos con la transformación de energía útil en energía final, las posibles mejoras tecnológicas graduales mediante el tratamiento de las intensidades energéticas, y además se ha contemplado la posibilidad de emplear fuentes primarias de energía ó combustibles con cada una de las diferentes tecnologías, particularmente en los casos de las industrias azucareras y siderúrgica, con el fin de obtener la forma cantidad de energía útil.

Cabe aclarar que la presente investigación se inscribe dentro de una concepción global del proceso de planificación energética, en la cual, la demanda constituye sólo un eslabón dentro de los grandes agregados que representan la producción, transformación y demanda final. Es decir, la visión del planificador en cuestiones energéticas debe enfrentar las restricciones que se suscitan tanto por el lado de la oferta como de la demanda, en virtud de que en el largo plazo y dadas las tendencias del consumo total energético (tanto en sus fases de transformación como de uso final), pueden llegar a existir fuertes barreras para lograr la autosuficiencia energética. Es por ello que un conocimiento preciso del comportamiento de la demanda en cada uno de los sectores económicos con un alto contenido energético resulta de vital importancia a fin de elaborar una política congruente en materia de energéticos que conjuntamente con las disposiciones y principios que resguarden el interés nacional se mantenga la autosuficiencia y se elabore una política de exportación que sirva para el financiamiento del desarrollo.

ANEXO No. 1  
**EQUACIONES DEL MODELO PARA LA DETERMINACION DE LA DEMANDA DE ENERGIA FINAL POR INDUSTRIA**

**I. Cálculo de la Demanda de Energía para los Combustibles**

La demanda total de energía final, se transforma en términos de energía útil, para los diferentes combustibles, y posteriormente se transforma en Energía Final.

Se calcula en el año inicial (año de base) el consumo energético por industria y por combustible en términos de energía útil.

**Estadísticas**

- Para todas las industrias grandes consumidoras la producción se calcula mediante el submódulo macroeconómico.
- Para todas las industrias se conoce la estructura inicial de los combustibles (variable de comando OFCBY=2).

**1.- Transformación de Energía Final en Energía Util.**

$$PCBBY_{(i)} = \frac{PCBYGC_{(ij)}}{n} \sum_{i=1}^n EFCBBY_{(i)}$$

- i = Combustible
- j = Industria

Donde:

PCBBY (i) = Rendimiento medio de cada combustible.

PCBYGC (ij) = Distribución porcentual del consumo de combustibles por industria en el año de base.

EFCBBY (i) = Rendimiento medio del combustible (i)

$$REND = \sum_{i=1}^n \frac{PCBBY_{(i)}}{(i)} \cdot \frac{EFCBBY_{(i)}}{(i)}$$

REND = Rendimiento medio de los combustibles para el año de base.

2. Cálculo de la Demanda de Energía final convertida para los combustibles en Energía útil.

$$FEUTIL(j) = \sum_{i=1}^n CSFFBY(i) \cdot REND(i) \cdot CHCSFF(i) + PPROD(j)$$

FEUTIL(j) = Demanda total de combustibles para la fabricación del producto "j".

CSFFBY = Consumo específico de combustibles para la producción de cada producto "j" en el año de base.

CHCSFF(i) = Índice de evolución de la intensidad energética para el año de cálculo.

PPROD(j) = Producción de la industria "i" en el año de cálculo.

3. Cálculo de las intensidades energéticas.

$$CHCSFF(j) = CHCSFF(t-1) + [(TCIGCE(j) + DEPSID(j) + (CSFFLY(j) - CSFFBY(j))$$

CHCSFF = Intensidad Energética de los combustibles o electricidad para cada año de cálculo.

CHCSFF(t-1) = Intensidad Energética calculada para el periodo anterior (t-1).

TCIGCE(j) = Tasa de crecimiento de la producción de la industria "j" en el periodo de cálculo.

DEPSID = Tasa media de depreciación en el periodo de cálculo de la industria "j".

CSFFLY(j) = Nivel de intensidad energética máximo que puede llenar la industria "j", como resultado de medidas de ahorro y uso eficiente.

CSFFBY(j) = Intensidad energética en el año de base para la industria "j".

#### 4. Transformación de la energía útil a energía final para cada año final (combustibles).

$$FFGCRP = FFUTIL(i) * PCRG(i) / (FCBBY(i) + (FFBCBY))$$

FFGCRP(i,j) = Demanda de combustible "i" para la fabricación del producto "j" (energía final, unidad teracaloría).

FFUTIL(i) = Demanda total de combustibles para la fabricación del producto "j" (energía útil).

PCRG(i) = Participación de cada combustible (i) en el total demandado por la industria "j".

FCBBY(i) = Rendimiento medio de los combustibles en el año de base.

FFBCBY = Índice de evolución del rendimiento de los combustibles.

#### II Cálculo de la Demanda de Electricidad

$$ELGC(j) = CSEL(j) * CHCSFF(i,j) * PPROD(j)$$

ELGC = Demanda total de electricidad para la fabricación del producto "j".

CSEL = Consumo específico de electricidad para la fabricación del producto "j" en el año base.

CHCSFF(i,j) = Índice de evolución de la intensidad energética para cada año de cálculo.

PPROC = Producción del producto "j" en cada año de cálculo.

### Siderurgia

#### I Determinación de la Producción por proceso.

##### 1. Hogar abierto

$$PST(1) = BCF + PRODST$$

##### 2. Convertidor alógeno

$$PST(2) = C - BCF - REDP + PRODST$$

2. Reducción directa

$$PST(1) = RED + PRODST$$

RED = Parte de la producción total de acero elaborada mediante el proceso de hogar abierto.

PRODST = Parte de la producción total de acero elaborada mediante el proceso de reducción directa.

PRODST = Producción total de acero.

II Cálculo del consumo total de coque

$$COKE = EICOL + EVOLUC(1) * (PST(1) + PST(2)) + IRONST$$

COKE = Consumo total de coque

EVOLUC(1) = Índice de evolución del consumo específico del coque.

IRONST = Relación arrabio/acero

III Cálculo del consumo de combustibles (Gas Natural + Combustóleo + Diesel).

$$FFBOF = (INSFAT + EVOLUC(2) + PST(1))$$

$$+ (EISTEE + EVOLUC(2) + PST(2))$$

FFBOF = Consumo total de combustibles en los procesos 1 y 2.

INSFAT = Consumo específico de combustibles en la producción de acero mediante horno de hogar abierto.

EISTEE = Consumo específico de hidrocarburos para la producción de acero a través del convertidor al oxígeno.

EVOLUC(2) = Índice de evolución de consumo específico de combustibles.

IV Consumo de electricidad.

a) Consumo de electricidad en altos hornos, hogar abierto y laminado. (ELSST)

$$ELSST = ELIRON + (PS(1) + (PST(2) + IRONST + PST + IRONST + PST + ESTEEL(1) + ELROLL + PRODST$$

EHN = Consumo de electricidad en altos hornos por tonelada de arrabio procesado 1 y 2. (kwh/ton arrabio).

ER = Relación en arrabio/acero.

EEEL(2) = Consumo de electricidad para la producción de una tonelada de acero en horno de hogar abierto (kwh/ton).

EEEL(3) = Consumo de electricidad en laminación (kwh/ton. acero).

EEEST = Consumo de electricidad en el convertidor al oxígeno y reducción directa.

ITEST = EEST(2) + ESTEEL(2) + EEST(3) + ESTEEL(3)

ESTEEL(2) = Consumo de electricidad para la producción de una tonelada de acero en el convertidor al oxígeno (kwh/ton. de acero).

ESTEEL(3) = Consumo de electricidad para la producción de una tonelada de acero en reducción directa (kwh/ton.).

Consumo total de electricidad.

TWHEST = EEEST + EEEST

Consumo de Gas Natural

STGAZ = FFBQF + PGZBQF + FFRDL + PGZRDL + FFRDL

PGZBQF = Participación del gas natural en el volumen de combustibles utilizados en hogar abierto y en convertidor al oxígeno.

PGZRDL = Consumo de gas en reducción directa. Ponder

FFRED = EIREL + EEST(3) + IRONST

EIREL = Consumo de gas natural para la producción de una tonelada de acero mediante el proceso de reducción directa (kcal/ton).

IRONST = Relación: franco-aluminio/acero (Procesos 1 y 2) + arrabio/acero (Proceso 3)



#### VI Consumo de Combustibles.

$$S_{\text{COMB}} = \text{FCBOP} + \text{FCBOPF} + \text{FCROLL} + \text{FCURCL}$$

FCBOPF = Participación del combustible en el volumen de combustibles utilizados en hogar abierto y convertidor al coque.

FCURCL = Participación del combustible en el total de combustibles utilizados en laminación.

#### VII Consumo de Diesel.

$$S_{\text{DIESEL}} = \text{FDBOP} + \text{FDBOPF} + \text{FDROLL} + \text{FDRCL}$$

FDBOPF = Participación del diesel en el volumen de combustibles utilizados en hogar abierto y en convertidor al coque.

FDRCL = Participación del diesel en el volumen de combustibles utilizados en laminación.

#### VIII Producción de Gas.

$$\text{GAS} = \text{GHP} + \text{IRONST} + (\text{PST}(1) + \text{PST}(2))$$

GHP = Producción de gas por tonelada de arrabio en hogar abierto y en convertidor al coque (10 kcal/kg. arrabio).

## VI Consumo de Combustibles.

$$C_{FUEL} = FFBDF + PFBDF + FFRDL + PFRDL$$

FFBDF = Participación del combustible en el volumen de combustibles utilizados en horno abierto y convertidor al hierro.

PFRDL = Participación del combustible en el total de combustibles utilizados en laminación.

## VII Consumo de Diesel.

$$C_{DIESEL} = PDBDF + PDRDL + FFRDL + PDRDL$$

PDBDF = Participación del diesel en el volumen de combustibles utilizados en horno abierto y en convertidor al hierro.

PDRDL = Participación del diesel en el volumen de combustibles utilizados en laminación.

## VIII Producción de Gas.

$$G_{GF} = GGF + IRONST + (PST(1) + PST(2))$$

GGF = Producción de gas por tonelada de arrabio, en horno abierto y en convertidor al oxígeno (10 kcal/m<sup>3</sup> arrabio).

BIBLIOGRAFIA

ALBISON, HARRY  
Necesidades Energéticas del Proceso de Industrialización  
Cuadernos Sobre Prospectiva Energética No.163  
Julio 1987 COLMEX.

AZUCAR S.A.  
Estadísticas Azucareras 1986.

AZUCAR S.A.  
Programa para el Ahorro y el Uso Eficiente de la Energía en la  
Industria Azucarera Julio 1984

BANCO DE MEXICO  
Dirección de Investigación Económica  
"Ahorro y Formación de Capital en las Empresas Mexicanas"  
octubre 1984.

BECAN, GERARDO Y L. DIAZ, JESUS  
Ahorro y Uso Eficiente de la Energía  
ENERGETICOS 2a. época VOL.1 No.8 SEMIP.

BEHRENS  
Uso Eficiente de la Energía (Revisión de la Literatura  
Internacional Acerca de la Formulación de Políticas Energéticas  
Eficaces)  
Cuadernos Sobre Prospectiva Energética No.90 Octubre 1986 COLMEX.

CAMARA NACIONAL DEL ACERO  
Diez Años de Estadísticas sobre la Industria Siderúrgica  
en México 1966-1975

CAMARA NACIONAL DEL CEMENTO  
Anuarios Estadísticos, varios años.

CAMARA NACIONAL DE LAS INDUSTRIAS DE LA CELULOSA Y EL PAPEL  
Memoria Estadística 1987.

COMISION PETROQUIMICA MEXICANA  
Petroquímica 1984 y 1986  
SEMIP.

COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES

Directorate General for Energy

Energy and Environment

What challenges?

Which methods?

Lavoisier Publishing Inc.

DONCHEIRO A. ALONSO

Planeación Energética, Prospectiva y Uso Eficiente de la Energía  
Investigación Económica No.178 octubre Facultad de economía UNAM.

COSERES, MIGUEL

Consumo de Energía en la Industria Azucarera 1970-1983

Cuadernos Sobre Prospectiva Energética No.103 julio 1983 COLMEX.

DEUTSCHE GESELLSCHAFT FÜR TECHNISCHE ZUSAMMENARBEIT (GTZ) GMBH

Utilización Racionalizada de la Energía en la Industria Azucarera

DECON Deutsche energienconsult ingenieur gesellschaft MBH

julio 1984.

EWING J. ANDREW

Energy Efficiency in the Pulp and Paper Industry with Emphasis on  
Developing countries

World Bank Technical paper Number 34 1985.

FAJNZYLBER, FERNANDO

La Industrialización Trunca en América Latina

Edit. Nueva Imagen 1983.

GUILLEN ROMO, HECTOR

Orígenes de la Crisis en México

Edit. ERA

GUZMAN, OSCAR Y OTROS

Uso Eficiente y Conservación de la Energía en México:

Diagnóstico y perspectivas

Edit. COLMEX 1986.

HUERTA, ARTURO

Economía Mexicana: Mas Alla del Milagro

Edit. Nueva Imagen

II ENCUENTRO LATINOAMERICANO SOBRE EL USO RACIONAL DE LA ENERGIA  
EN LA INDUSTRIA AZUCARERA

Uso Racional de la Energía en la Agroindustria de la Caña  
de Azúcar

LAPILLONNE, BRUNO Y CHANTEAU, B.  
Energy Demand: Facts and Trends  
Springer-Verlag Wein New York 1982

LAPILLONNE, BRUNO  
"L'Analyse et la Modelisation du Secteur Industriel dans MEDEE-S"  
Institut Economique et Juridique de l' Energy  
Centre National de la Recherche Scientifique  
Université des Sciences Sociales de Grenoble

NAFINSA  
La Economía Mexicana en Cifras 1986

PEMEX  
SUBDIRECCION DE PLANEACION Y COORDINACION  
Perfiles Energeticos Industriales No.1  
"Consumo de Energia en la Industria del Cemento"  
1985

PEMEX  
SUBDIRECCION DE PLANEACION Y COORDINACION  
Perfiles Energeticos Industriales No.2  
"Consumo de Energia en la industria Siderurgica"  
1986

PEMEX  
Anuario Estadístico 1986

PODER EJECUTIVO FEDERAL  
Programa Nacional de Energeticos 1984-1988

PODER EJECUTIVO FEDERAL  
Programa Nacional de Fomento Industrial y Comercio Exterior  
1984-1988

RUDIGER, DORNBUSH Y SIMONSEN, MARIO H.  
Estabilización con Apoyo de una Política de Ingresos  
El Trimestre Económico No.214 mayo-julio 1987 F.C.E.

SECRETARIA DE ENERGIA, MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL  
Balances Nacionales de Energia 1965-1985.

SECRETARIA DE ENERGIA MINAS E INDUSTRIA PARAESTATAL  
COMISION PETROQUIMICA MEXICANA  
La Industria Petroquímica Mexicana  
Marzo 1979

SECRETARIA DE PATRIMONIO Y FOMENTO INDUSTRIAL  
México: Encuesta sobre Consumo de Energía en la Industria  
en 1981  
Energéticos año 6 No.17 diciembre 1982.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO  
INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICA GEOGRAFIA E INFORMATICA  
Matriz de Insumo-Producto 1980  
1985.

SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO  
Sistema de Cuentas Nacionales 1970-1983  
Varias ediciones.

VILLAVICENCIO, ARTURO Y LAPILLUNNE, BRUNO  
La Demanda de Energía en los Países en Desarrollo:  
El Modelo MEDEE-S  
Mimeo Quito, Ecuador.

VILLAVICENCIO, Arturo, MENICOLA, Yolanda y VIEYRA Arturo  
"Aplicación de la Metodología MEDEE-S al Caso de México"  
Tercer Seminario Latinoamericano sobre Análisis y Previsión de la  
Demanda de Energía a Largo Plazo en los Sectores de Gran Consumo  
de Energía.  
Caracas, Venezuela 1987.