

00861

7 20j

RECEIVED  
BIBLIOTECA DE ECONOMIA Y ENERGIA  
UNAM

ECONOMIA POLITICA DE LOS ENERGETICOS  
Y DESARROLLO NUCLEAR DE MEXICO

Tesis que para obtener el grado de  
Maestro en Economía presenta

J. Antonio Rojas Nieto  
Seminario de Economía y Energía  
División de Estudios de Posgrado  
Facultad de Economía, UNAM  
1986

Asesor: Angel de la Vega



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **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.

# I N D I C E

## CAPITULO I: ECONOMIA POLITICA DE LOS ENERGETICOS

1. Introducción: los energéticos son valores en un mercado mundial internacionalizado	1
2. El valor de uso de los energéticos	18
2.1 El carbón mineral	23
2.2 Petróleo y Líquidos del Gas	29
2.3 Gas Natural	37
2.4 Energía Nuclear	44
2.5 Energía Geotérmica	55
2.6 Energía Hidráulica	59
2.7 Recursos energéticos convencionales (consideración final)	63
2.8 Recursos energéticos no convencionales	66
2.8.1 Recursos Solares	66
2.8.2 Recursos Eólicos	68
2.8.3 Biomasa	69
2.8.4 Energía de Mares y Océanos	71
2.8.5 Leña	73
2.8.6 Tracción animal y humana	76
3. Proceso de producción de energéticos: proceso de trabajo y de valorización	77
3.1 Proceso de Producción Primaria	81
3.2 Proceso de Conversión y Generación	82
3.3 Proceso de transporte, almacenamiento y distribución	83
3.4 Procesos de Consumo y Utilización	85
4. Energéticos, acumulación de capital y reproducción social	92
5. La renta energética: consideración final	103
6. Epílogo	111

CAPITULO II: CRISIS MUNDIAL Y REESTRUCTURACION ENERGETICA: el caso de la industria nuclear internacional

1. Introducción	115
2. Fase expansiva del desarrollo económico internacional y desarrollo energético	121
3. Expansión nuclear internacional	139
4. Crisis Económica, crisis energética, crisis nuclear	148
4.1 Aspectos Generales	148
4.2 La situación de la industria nuclear	158
5. Reestructuración internacional de la industria nuclear	169
6. Epílogo	175
Apéndice de Cuadros y Gráficas	179

CAPITULO III: ACUMULACION INTENSIVA DE CAPITAL Y ENERGETICOS: el fracaso nuclear de México.

1. Acumulación Intensiva de Capital en México	187
1.1 La consolidación inicial	187
1.2 La década de los años setenta	196
1.3 La reestructuración actual	212
2. El Desarrollo Nuclear de México	214
2.1 Antecedentes	214
2.2 El desarrollo de la industria minera del uranio	224
2.3 El Programa Nucleoeléctrico Mexicano	229
3. El fracaso de la central nuclear de Laguna Verde	241
3.1 Una cronología del fracaso nucleoelectrico mexicano	241
3.2 Una evaluación crítica de Laguna Verde	251

4. Situación actual del sector nuclear mexicano	257
4.1 El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares	258
4.2 Uranio Mexicano	261
4.3 La Comisión Nacional de de Seguridad Nuclear y Salvaguardias	264
4.4 Presupuesto Nuclear 1981-1985	264
5. El Estado y los Energéticos	266
5.1 La planeación energética en México	266
5.1.1 Programa de Energía de 1980	267
a) El contexto del Programa de Energía	268
b) El pre-texto del Programa de Energía	271
c) El texto del Programa de Energía de 1980	273
c.1 La Plataforma Petrolera	276
c.2 Los dos escenarios energéticos	277
c.2.1 Los supuestos comunes	278
c.2.2 Los supuestos específicos	278
c.2.3 Primer Escenario (escenario A)	278
c.2.4 Segundo Escenario (escenario B)	279
c.3 La diversificación de las fuentes de energía	281
c.4 La electricidad	284
c.5 El caso específico de la energía nuclear	288
5.1.2 Programa Nacional de Energéticos 1984-1988	290
a) Lo nuclear en el Programa Nacional de Energéticos	293
a.1) Lo nuclear en el diagnóstico del PNE	294
a.2) Lo nuclear en los objetivos del PNE	295
a.3) Lo nuclear en la estrategia del PNE	295
a.4) Lo nuclear en los lineamientos de acción del PNE	296
a.5) Las metas en lo nuclear del PNE	297
5.2 Crítica a la Planificación Energética Estatal	298
5.3 La legislación nuclear en México	306

**CAPITULO IV: REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES: El panorama**

**energético de México y la sustituibilidad en el  
área nuclear**

<b>1. Acervo Energético de México</b>	<b>317</b>
<b>2. Marco Internacional actual de la sustituibilidad nuclear</b>	<b>323</b>
<b>3. La sustituibilidad nuclear en México</b>	<b>326</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>333</b>
<b>UNIDADES</b>	<b>339</b>
<b>DEFINICIONES NUCLEARES</b>	<b>340</b>

# INDICE DE CUADROS Y GRAFICAS

## CAPITULO I: Economía Política de los Energéticos

GRAFICA 1: Estructura básica de un Sistema Global de Energía	22
CUADRO 1: Clasificación de los Carbones	23
CUADRO 2: Reservas Recuperables del Carbón	26
CUADRO 3: Distribución de la producción mundial de carbón 1983	27
CUADRO 4: Utilización del carbón en algunos países	28
CUADRO 5: Composición del Crudo	30
CUADRO 6: Reservas Mundiales de Crudo 1983	32
CUADRO 7: Producción Mundial de Petróleo 1973-1983	33
CUADRO 8: Consumo de Petróleo 1973-1983	34
GRAFICA 2: Precios del Crudo Ligero Saudita 1970-1985	34
GRAFICA 3: Distribución de las reservas probadas de gas 1982	40
CUADRO 8: Relación de reservas y producción de gas 1981	41
GRAFICA 3: Reacción Nuclear de Fisión	47
CUADRO 9: Reservas Mundiales de Uranio 1984	50
CUADRO 10: Recursos de Uranio 1984	51
CUADRO 11: Producción Mundial de Uranio 1970-1983	52
GRAFICA 4: Producción y Requerimientos Mundiales de Uranio 1950-1980	53
GRAFICA 5: Localización de Campos Geotérmicos en el mundo	58
GRAFICA 6: Capacidad Hidroeléctrica Instalada e Instalable 1984	61
CUADRO 12: Potencial Hidroeléctrico por países 1985	62
CUADRO 13: Recursos Energéticos Mundiales 1984	65
CUADRO 14: La leña en el consumo mundial de energía 1978	74
CUADRO 15: Países con alta participación de la leña 1980	74
GRAFICA 7: Eficiencia del Proceso Energético	86
GRAFICA 8: Red Energética de Referencia	87

CAPITULO II: CRISIS MUNDIAL Y REESTRUCTURACION ENERGETICA: el caso de  
la industria nuclear internacional

CUADRO 1: Índice de Productividad y Salario Real 1960-1976	124
CUADRO 2: Índice del Volúmen de Energéticos Comercializados	124
CUADRO 3: Comercio Mundial de Energéticos 1950-1973	128
GRAFICA 1: Evolución de los Precios Reales del Crudo	128
CUADRO 4: Consumo Mundial de Energía Primaria 1950-1970	130
CUADRO 5: Evolución de la Electricidad Mundial 1950-1970	131
CUADRO 6: Internacionalización de los Energéticos	131
CUADRO 7: Participación en el consumo energético mundial	132
CUADRO 8: Importación de Combustibles	133
CUADRO 9: Distribución del Comercio de Crudo y Gas	134
CUADRO 10: Movimientos Nacionalizadores en Países Petroleros	136
CUADRO 11: Reactores Nucleares Instalados 1954-1970	141
GRAFICA 2: Pedidos de Reactores Nucleares 1954-1984	143
CUADRO 12: Exportación de Reactores Nucleares 1960-1982	144
GRAFICA 3: Precios del Crudo Ligero Saudita	151
CUADRO 14: Evolución de los Precios del Crudo Ligero Saudita	151
CUADRO 15: Comportamiento del PIB en algunos países	153
CUADRO 16: Comercialización Mundial de Energéticos 1973-1982	154
CUADRO 17: Consumo de Energía Primaria 1975-1983	157
GRAFICA 4: Generación Nucleoeléctrica Mundial 1983	161
CUADRO 18: Capacidad Productiva de la Industria Nuclear 1978	162
APENDICE DE CUADROS Y GRAFICAS DEL CAPITULO II	179

### CAPITULO III:ACUMULACION INTENSIVA DE CAPITAL Y ENERGETICOS:el

#### fracaso nuclear de México

CUADRO 1: Evolución del PIB en la Industria Energética 1960-1970	190
CUADRO 2: Evolución de los Acervos Industria y Energéticos	191
CUADRO 3: Composición Técnica Petróleo y Electricidad 1960-1970	191
CUADRO 4: Evolución del Consumo Nacional de Energía 1960-1970	194
CUADRO 5: Indicadores de la Acumulación 1970-1976	198
CUADRO 6: Evolución del PIB 1970-1979	200
CUADRO 7: Dinámica Económica Ind.Petrolera(energética)1970-1980	202
CUADRO 8: Dinámica Económica Ind.Eléctrica 1970-1980	203
CUADRO 9: Dinámica Económica Industria Energética 1970-1980	204
CUADRO 10:Dinámica Económica General de México 1970-1983	205
CUADRO 11:Salario y Población Ocupada 1975-1981	207
CUADRO 12:Endeudamiento Externo de México 1977-1982	208
CUADRO 13:Utilización de Divisas 1977-1982	209
CUADRO 14:Productividad de la Mano de Obra 1975-1982	211
CUADRO 15:Inversiones en Trabajo de Exploración de Uranio	225
CUADRO 16:Reservas Minerales de Uranio en México 1981	227
CUADRO 17:Estimaciones de Electricidad y Ahorro al año 2,000	234
CUADRO 18:Implicaciones de diversos escenarios nucleares	239
CUADRO 19:Planta Nucleoeléctrica de Laguna Verde:Costos	255
CUADRO 20:Producción y Demanda de Uranio en México	262
CUADRO 21:Gasto Estatal en Energía Nuclear 1981-1985	265
GRAFICA 1:Crecimiento Económico y Producción de Hidrocarburos	280

CUADRO 22:Proyecciones de la Oferta de Energía:Pr.Energía 1980	282
GRAFICA 2:Estructura de la Oferta de Energía Primaria	283
GRAFICA 3:Sistema Interconectado Mexicano	285
CUADRO 23:Pronósticos de Electricidad 1980-1990	287
GRAFICA 4:Evolución de la estructura de generación de electricidad	287
CUADRO 24:Costos Estimados de Generación Eléctrica	288

#### CAPITULO IV:REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONES

CUADRO 1: Recursos de Petróleo 1983	317
CUADRO 2: Recursos Energéticos de México 1984	318
CUADRO 3: Balance Nacional de Energía:México 1984	320
CUADRO 4: Capacidad Instalada Eléctrica:México 1970-1985	321
GRAFICA 1:Regiones Energéticas de México 1981	322
GRAFICA 2:Red Eléctrica de México 1981	322

## P R E F A C I O

Creo que no resulta superfluo señalar que los trabajos personales no son trabajos individuales, aunque los juicios, propuestas y afirmaciones contenidos en ellos representen opiniones de responsabilidad exclusiva del autor. Para el caso de este trabajo de investigación sobre la industria nuclear en México, la responsabilidad es mía. Sin embargo, se notarán "muchas manos", que hoy quisiera mencionar a manera de agradecimiento por su colaboración en la realización de esta investigación y, más precisamente, por su apoyo en la realización de la tesis.

Los apoyos, comentarios y críticas de mi asesor, Angel de la Vega, han sido definitivos en la conformación de esta tesis. También han sido importantes los comentarios del Maestro Jacinto Viqueira, quien aceptó amablemente revisar el borrador. Y, sin lugar a dudas, las permanentes observaciones y críticas del Dr. Jaime Arellano y su cooperación en los trabajos de cómputo y en una revisión muy exhaustiva de la redacción, son importantes de valorar por su calidad; a él mi agradecimiento fraternal.

Debo agradecer también el apoyo de los compañeros del Centro de Información y Documentación Nuclear del ININ que no dudaron en buscarme y facilitarme material, incluso cuando una vez despedido del ININ, las autoridades les conminaron a no colaborar y a impedirme la entrada a la biblioteca. Menciono de manera especial a Roberto Frías e Irene Velázquez, aunque el apoyo recibido por Claudio Orihuela y Roberto Liévanos en la biblioteca del Centro Nuclear de México antes de que también Claudio fuera despedido, resultó muy importante.

Ahora bien también quiero mencionar a cinco grupos de compañeros que, de alguna manera influyeron decisivamente en la elaboración y orientación teórico-política de esta tesis. Un primer grupo formado por investigadores y trabajadores nucleares con quienes compartí propuestas en torno al significado y operatividad de un desarrollo nuclear en México y con quienes critiqué la posición pro-nuclear de la dirección sindical del SUTIN y la corrupción e ineficiencia de muchos funcionarios de los sectores eléctrico, nuclear y energético en general. Menciono a Javier Villarreal, a Alberto Olmedo, a Saúl Romero, a Enrique Medellín, a Carlos Flores, a Juan Manuel Villavicencio, a Manuel Ortega, Martha Guevara, a Clementina

Nava, a Elisa Nava, a Joel Pacheco, Oscar Olea, Javier Silva, Agustín Márquez y otro muchos, algunos expulsados del ININ por las actuales autoridades militares. Un apoyo que siempre experimenté en el Centro Nuclear fué el de Francisco Brunet; a él mi reconocimiento.

Un segundo grupo importante en este trabajo lo forman los miembros del Secretariado Técnico del Consejo Consultivo del ININ durante los años de 1980 a 1984 que presidido por Isabel Cisneros -a quien agradezco su invitación para trabajar en el ININ- realizó en estrecha actividad con Dalmau Costa, entonces Director General, una primera investigación sobre el Desarrollo Nuclear Internacional: Carlos Flores, Cecilia Madero, Marfa Eugenia Falomir, Ignacio Medina, Cecilia Escalante, Luis Fernández y Silvia Delgado. Ellos reconocerán en mi trabajo su influencia e, incluso, muchos elementos por ellos investigados. Por eso, mi agradecimiento.

El tercer grupo que ha influido en mi trabajo, especialmente en su orientación teórica los constituyen los compañeros con quienes realicé mis estudios en la División de Posgrado de la Facultad de Economía en la UNAM. Debo mencionar a Roberto Regesteiner -quien además me facilitó su excelente trabajo sobre el desarrollo energético en Brasil para apoyar este que hoy presento-, Renata Proserpio, Kiko Báez, Elsa Argüello, Denise Maia, Juan José Muñoz, Oscar Cismondi, C. Bussato, Carlos Morera, César Altamira, Alberto Spagnolo, que impulsados por Ruy Mauro Marini, Carlos Toranzo, Juan Castaingts, entre otros maestros, vivimos una etapa de estudios muy importante para todos.

El cuarto grupo lo forman los compañeros de la revista Teoría y Política, de la que formo parte y que, ahora, en una importante acción, se ha fundido con la revista Coyoacán para impulsar la investigación dentro del pensamiento marxista. Jorge Basave, Pedro Gómez, Alejandro Dabat, Julio Moguel, José María Martinelli, Alejandro Toledo, Luis Sepúlveda, Miguel Ángel Rivera, entre otros, han colaborado a que consolidemos una orientación teórico-política que, sin lugar a dudas, se encuentra presente en este texto.

Finalmente, un cuarto grupo es el del Seminario de Economía y Energía del Posgrado; con sus miembros comenté y presenté este trabajo y de ellos recibí críticas y propuestas muy significativas.

## I N T R O D U C C I O N

El presente trabajo de investigación tiene como objeto el desarrollo nuclear de México durante los años de 1955-1956 a 1984-1985. Su evolución me fué exigiendo mayor profundización teórica en diversos aspectos que, finalmente, constituyeron un conjunto de lineamientos teóricos que actualmente orientan mi investigación de doctorado sobre la dinámica económica y la dinámica energética en México de 1976 a 1988. Se notará que muchos elementos teóricos no han sido incorporados totalmente en la investigación, circunstancia que no ha impedido que presente dichos lineamientos, incluso como un primer capítulo.

Similarmente el desarrollo de la investigación me fué exigiendo una mayor precisión respecto a las tendencias internacionales de los energéticos en general y de la industria nuclear internacional en particular. Estas precisiones conformaron el segundo capítulo que aquí presento.

Consecuentemente, el tercer capítulo trata el problema más específico de la investigación: la evolución nuclear de México.

El primer capítulo, pues, llamado Economía Política de los Energéticos, analiza los energéticos como mercancías, unidades contradictorias de valor de uso y valor, tratando de mostrar cómo su intercambiabilidad en el mercado se fundamenta en su sustituibilidad como valores de uso, y que estas intercambiabilidad y sustituibilidad, se realizan en un mercado crecientemente internacionalizado en el que, además y a propósito de los energéticos y combustibles, es posible consolidar una renta diferencial energética, una ganancia extraordinaria que surge de las fertilidades diferenciales de los yacimientos energéticos, como

trato de explicar, mostrando también la articulación de los energéticos en el proceso de acumulación y de reproducción global. Sin ser un capítulo dedicado específicamente a la renta diferencial, centro mucho mi atención en ella, analizándola en el horizonte de todos los energéticos y no sólo desde el punto de vista del petróleo, orientación que considero permite explicar muchos fenómenos de la actual dinámica internacional de "diversificación" energética.

El segundo capítulo, Crisis Mundial y Reestructuración Energética, analiza la dinámica internacional de los energéticos, mostrando cómo se fué articulando desde fines de los años sesenta la alternativa nuclear, los intereses que la impulsaron, su evolución particular y la actual situación de crisis de esa industria, que no resultó ser la gran alternativa anunciada aquellos años. Se trata de un análisis que explicará muchos fenómenos experimentados por la evolución energética de nuestro país, más particularmente por las actividades nucleares.

Precisamente el tercer capítulo, Acumulación Intensiva de Capital y Energéticos en México, trata de demostrar cómo surgió la alternativa nuclear en México -con fuerte influencia internacional- y cómo se fué desarrollando hasta representar uno de los más grandes fracasos de la tecnocracia gubernamental en nuestro país. En ese mismo capítulo presento la actual situación del sector nuclear mexicano, fuertemente deteriorado por la agresión estatal a los trabajadores nucleares. Igualmente formulo una evaluación de la programación y la planeación energéticas estatales presentes en el Programa de Energía de 1980 y en el actual Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, que poco a poco han ido convirtiéndose en "letra muerta", como trato de demostrar en este trabajo.

Muchas personas más han colaborado conmigo en la realización de este trabajo, o en mis estudios previos. Sólo quisiera mencionar también a Welkis Borges, a Ramón Mijares, a Arnaldo Zenteno, a Carlos Cabarrús y a Juan Hernández Pico, que impulsaron firmemente mi decisión de profundizar lo más seriamente posible el estudio del marxismo.

Para terminar he de decir que sin el apoyo cotidiano e incondicional de Patricia Puente -mi compañera- no hubiera podido "abandonar" mis responsabilidades domésticas y dedicarme de lleno a la redacción de esta tesis. En mi profundo agradecimiento a ella vaya también el reconocimiento a toda mi familia, siempre pendiente de colaborar y apoyar mis actividades.

J. Antonio Rojas Nieto

Seminario de Economía y Energía  
División de Estudios de Posgrado  
Facultad de Economía, UNAM  
Abril 1986

## ECONOMIA POLITICA DE LOS ENERGETICOS

1. Introducción: los energéticos son valores en un mercado mundial internacionalizado

Estos últimos años correspondientes a la década de los ochenta, los energéticos -combustibles minerales y materiales asociados- han representado casi un 20% del valor del comercio mundial de mercancías, luego de que en la década de los años sesenta y en los primeros años de los setentas apenas significaban un 8%. Precisamente el gran aumento de los precios internacionales de los hidrocarburos de los años 1973-1974 y 1979-1980<sup>1</sup> abrió un debate internacional que incluso a la fecha muestra el papel tan importante que tanto los recursos energéticos como las tecnologías asociadas juegan en las condiciones de reproducción social. Esta nueva situación internacional respecto a los energéticos se caracteriza, pues, por una disputa ya no sólo entre las grandes empresas, organismos y consorcios internacionales, sino también entre los mismos Estados que en su vocación histórica de constituirse en garantes y gestores privilegiados de la reproducción social en los ámbitos nacionales y representantes de los capitales autóctonos en el mercado mundial, han incorporado a sus estrategias económico-políticas una multitud de lineamientos orientados a lograr, en unos casos, un abasto energético al menor costo -los importadores- o una permanente mejoría de los precios internacionales de los energéticos y de las tecnologías asociadas -los exportadores-.

1) En 1973-1974 se produjo el primer "shock" petrolero con una elevación de las cotizaciones internacionales del petróleo correspondiente a un 261% y en 1979-1980 el segundo con una nueva alza del 127% en dos años. Precisamente a partir de estos aumentos la Agencia Internacional de Energía comenzó a diseñar una estrategia para hacer bajar los precios que sólo hasta mediados de 1981 logró su objetivo.

Las variaciones de los precios internacionales de los hidrocarburos no hacen sino expresar, en primera instancia, las violentas disputas de las grandes empresas monopólicas energéticas y los Estados que bien podemos denominar "energéticos"<sup>2</sup>, entre sí y con los consumidores, buscando que la factura energética represente un monto mayor o menor, según el caso. Pero, en segunda instancia, se trata de una expresión de la evolución contradictoria y desigual de un sistema económico mundial crecientemente internacionalizado en sus procesos de financiamiento, producción y comercialización, en el que la crisis surgida a partir del decaimiento de los márgenes de beneficio, fuerza a utilizar todos los mecanismos posibles -entre ellos el de precios- para transferir hacia los grupos, consorcios, fracciones y Estados hegemónicos un porcentaje cada vez mayor de la riqueza social. La producción de energéticos se ha convertido, entonces, en un ámbito privilegiado de los enfrentamientos y la competencia de capitales y Estados, fenómeno que tiene tras de sí la tendencia a la homogeneización internacional del trabajo social y a la consolidación de las condiciones de reproducción social -del capital y de la fuerza de trabajo- a nivel universal, consolidación que se da, evidentemente, de manera no sólo desigual, sino contradictoria en la medida que tanto el desarrollo de la productividad social del trabajo, como la extensión y composición del capital y la estructura y conformación de la fuerza de trabajo experimentan, en los diversos ámbitos nacionales o regionales de la reproducción, características diferenciadas y exigen configuraciones de la reproducción material y social también di-

versas.

2) En cuanto a empresas se encuentran: Exxon, Shell, Texaco, British Petroleum, Mobil, Standard de California, Gulf, Atlantic Richfield, Continental, Standard de Ohio, etc., y en cuanto a Estados, desde luego los de la OPEP, principalmente Arabia Saudita, Iraq, Libia, Nigeria, Venezuela, Emiratos Arabes, Kuwait, Irán, Argelia, etc., y, desde luego, México.

Es decir, estamos sugiriendo que atrás de la concurrencia internacional -visualizada aquí para el caso del comercio internacional de energéticos- se encuentran diversas configuraciones nacionales de reproducción material, diversas estructuras de la fuerza de trabajo y, desde luego, diversos Estados nacionales que tienden a constituir un sistema mundial de Estados; todas estas condiciones que "exigen" las modalidades y las formas que asume hoy en día la concurrencia.<sup>3</sup> Así, el mercado mundial, en tanto "espacio universal en el que concurren no sólo mercancías, capitales y fuerza de trabajo de diferentes orígenes nacionales, sino los propios estados capitalistas nacionales"<sup>4</sup>, muestra las tendencias y contradicciones propias de un sistema económico mundial constituido cada vez más como tal y que dentro de su fase actual hegemonizada por un capital financiero internacionalizado muestra, asimismo, una integración orgánica creciente entre el capital y el Estado, de forma tal que incluso la misma organización actual de la reproducción, su configuración específica, es gestionada, coordinada y regulada por los Estados nacionales y por el sistema mundial de Estados en sus respectivos ámbitos.

Pero, también atrás de la concurrencia internacional y de la gestión estatal internacionalizadas que supone un conjunto de determinaciones de mercado, resulta imprescindible reconocer la vigencia y operatividad de la ley del valor en todas las actividades de la producción

---

3) Desde luego que no se trata de un proceso que se resuelve de manera lineal, inmediata y exenta de contradicciones, ya que, además de todo, están involucradas las clases sociales, por lo que la resolución de la "exigencia" incluye tanto las pugnas interclasistas como las intraclasistas, apareciendo estas últimas como dominantes en ciertas coyunturas, razón por la cual se genera el lamentable equívoco de afirmar que en el ámbito internacional el desarrollo desigual y contradictorio se traduce en una subordinación o dependencia de unas naciones hacia otras. Para una profundización de estos aspectos, véase BARKER C., Estado y Sistema de Estados, en Teoría y Política, número 12/13, México enero-junio 1985.

4) Ver DABAT A., Notas en torno a los conceptos de fase y modalidad de desarrollo del capitalismo y su aplicación, Facultad de Economía. UNAM, México 1984 (Mimeo).

social, regulándolas en la medida en que, pese a todo, sólo logra constituirse y reconocerse socialmente un tiempo de trabajo determinado -el tiempo social necesario- del tiempo global incorporado a los productos del trabajo, y únicamente bajo las formas concretas específicas de ciertos trabajos concretos, necesarios para la reproducción social. Precisamente esta tendencia al reconocimiento de los tiempos de trabajo socialmente necesarios para la producción de los diversos satisfactores sociales deviene en impulso para la homogeneización del trabajo, ya no sólo en los ámbitos nacionales sino en el mismo mercado mundial, como antes se ha señalado.

Pero como, precisamente, este reconocimiento y esta constitución se dan a posteriori del proceso productivo, la dinámica global de la reproducción experimenta un comportamiento cíclico caracterizado en sus fases extremas de prosperidad y estancamiento por la recurrencia de momentos de crisis que no son sino reacciones sociales a la tendencia propia del capitalismo por abolir el necesario equilibrio entre las diversas esferas de la producción, entre la necesidad de destinar determinados tiempos de trabajo a las diversas esferas sociales y el imprescindible reconocimiento y validación social de dichos tiempos en el intercambio de los productos surgidos en dichas esferas de la producción.

Así pues, lo que aparece en síntesis como un permanente e inintermitido juego de alza y baja de precios de mercancías, en nuestro caso energéticas, esconde tras de sí no sólo las leyes que explican el fenómeno de la concurrencia y su tendencia a instaurarse en un marco mundial, sino las características esenciales de la actual forma de organización social de la producción y sus tendencias históricas.

Ahora bien, como en todos los casos, las cotizaciones internacionales de los energéticos deben cubrir el precio de costo y, al menos, una ganancia media. Pero tanto las diferencias naturales de los yacimientos energéticos (o de las cuencas hidráulicas en el caso de la generación de electricidad), como las diferencias de una productividad individual mayor que la media en cualquiera de las cinco fases del proceso energético global, generan la posibilidad de que en el mercado se constituya una ganancia extraordinaria que en el primer caso se transforma en renta diferencial destinada, ordinariamente, a los propietarios del yacimiento energético o fuente natural en cuanto tales: PROPIETARIOS, independientemente de que se trate de empresas productoras de combustibles que, simultáneamente son propietarias, o se trate de Estados cuyas naciones han reivindicado la propiedad natural de tierras, aguas y demás recursos naturales, como es el caso de México, incluso siendo estos mismos los gestores directos de la producción y comercialización de los energéticos, como es el caso del mismo México, de Venezuela, de Irán, Iraq y muchos otros miembros de la OPEP.

Sin embargo, es importante notar que en tanto que el proceso energético global se integra, como más tarde veremos en detalle, de cinco procesos específicos<sup>5</sup>, la renta energética, originalmente ganancia extraordinaria, se presenta en el precio de los energéticos primarios: carbón, petróleo y líquidos del gas, gas natural, uranio, recursos geotérmicos, cuencas hidráulicas (por hablar de los más usuales actualmente), todos ellos utilizados para producir electricidad y algunos utilizados directamente como generadores de calor, movimiento, iluminación u otras formas de energía útil.

5) Efectivamente el proceso energético global incluye cinco procesos específicos: 1) Prospección, exploración y explotación primaria; 2) Generación y Conversión; 3) Transporte y Almacenamiento; 4) Consumo Productivo; 5) Utilización Final.

Así pues, la renta energética sólo se constituye o valida en la comercialización de los productos primarios mencionados y en la generación de electricidad, dado que en uno y otro caso intervienen los recursos naturales con diferentes fertilidades y diversas ubicaciones<sup>6</sup>, los dos elementos fundamentales para establecer las diversas categorías, en este caso, de los yacimientos o recursos energéticos. Esquemáticamente y de manera provisional podemos hablar, pues, de la existencia de una ganancia extraordinaria que se traduce en renta energética diferencial, integrada al precio de los combustibles y de la electricidad en virtud de la diferencia del precio de costo individual del propietario o usufructuario del recurso natural de mejores condiciones energéticas ( $P_M$ ) respecto al propietario o usufructuario del recurso energético de condiciones más desventajosas o condiciones medias ( $P_m$ ).

$$P_M = PC_M + RE_M + G$$

y

$$P_m = PC_m + G$$

donde  $P_M$  y  $P_m$  son los precios de producción de los combustibles o de la electricidad o la energía útil resultantes de la utilización de una fertilidad o una ubicación mejor y otra media (o peor) respectivamente;  $PC_M$  y  $PC_m$  son los respectivos precios de costo, siendo, desde luego  $PC_M$  menor que  $PC_m$  y  $RE_M$ , precisamente, el diferencial apropiado bajo la forma de renta energética; y  $G$ , finalmente, el beneficio medio.

6) Cuando Marx habla de la fertilidad y la ubicación, las reconoce como condiciones generales o causas generales de la renta diferencial. Pero menciona también las causas que podríamos llamar particulares: i) distribución impositiva; ii) desigualdades emergentes de niveles de desarrollo diferentes, en este caso de la productividad social en el ámbito energético; iii) la desigual distribución de los capitales entre los arrendatarios. Ver MARX, El Capital, T III, V. 8. p. 836. Ed. Siglo XXI México

Efectivamente, debemos mencionarlo una vez más, la constitución de esta renta en sí misma y de su magnitud particular, depende de las condiciones de mercado, de la concurrencia y de las fluctuaciones de la oferta y la demanda de energéticos, combustibles, electricidad y demás formas útiles de energía que utilizan recursos o fuerzas naturales; e, incluso, de los productos del trabajo que utilizan, de manera directa en su proceso, fuerzas naturales monopolizables y con diferencias de eficiencia o calidad.

Pero esta ganancia extraordinaria claramente identificada al diferenciar yacimientos de un mismo energético, por ejemplo petróleo o carbón; o al diferenciar, también, fuerzas naturales de diferente eficiencia y calidad, utilizadas para producir electricidad o, incluso, otros productos, surge también de la diferenciación que se establece entre la eficiencia y la calidad -la fertilidad- y la ubicación, de fuentes y recursos energéticos de diferentes tipos. Es decir, aunque a primera vista pareciera complicado -de hecho lo es un poco- comparar recursos energéticos de diferente tipo: un yacimiento de petróleo con una mina de carbón o una mina de uranio, por un lado; o una zona con vientos importantes y recuperables en la generación de fuerza motriz con un pozo geotérmico, resulta imprescindible analizar comparativamente los diversos energéticos, ya que de hecho en el mercado, específicamente en la constitución de los precios del mercado se constituye, también, una renta diferencial energética, análoga a la que se establece en la comparación de recursos energéticos del mismo tipo pero de diferente fertilidad y ubicación.

Esta renta diferencial surge en virtud de la tácita homologación y la virtual homogeneización que se establece entre las propiedades es-

pecíficas de los diversos energéticos, a más de la comparación de sus precios.

Ahora bien, la condición de posibilidad de esta homologación y esta homogeneización es lo que podemos denominar SUSTITUIBILIDAD de los energéticos, es el conjunto de propiedades naturales analizadas y comparadas en un momento histórico-social determinado, con un grado de desarrollo científico y tecnológico igualmente determinado. Y el mecanismo apariencial o fenoménico a través del cual se expresa la sustituibilidad de los energéticos es, precisamente, el precio, dado que todo energético tiene un precio de costo y consolida, en el peor de los casos una ganancia media. Pero, insistimos, lo que posibilita esta comparación y su consecuente sustituibilidad es su valor de uso. Así, se comparan el petróleo y el gas natural con el carbón; éste con el uranio; la generación carboeléctrica con la generación hidroeléctrica; la fuerza motriz generada por un cauce hidráulico con la generada con el consumo de hidrocarburos; etc., siempre contemplando -concientemente o mediante el mecanismo de la crisis cíclica y recurrente- las necesidades sociales de calor, movimiento, iluminación.

Como hemos mencionado, esta comparación se da no solo en el contexto sino en el horizonte mismo de un desarrollo tecnológico dado, cuya evolución comporta, obviamente, cambios en cuanto a los juicios de sustituibilidad. Por ejemplo, nadie habría valorado la compra de concentrados de uranio en 1915 como se valoró cincuenta años después, luego de que se desarrollaron tanto los procesos de enriquecimiento isotópico del uranio y del agua, como los reactores nucleares de potencia. De manera similar nadie valora en estos momentos la priva-

tización de determinadas zonas de la plataforma marina a menos que se desarrolle y comercialice la tecnología de recuperación energética del gradiente térmico de las corrientes marinas; o, incluso, la concentración masiva de desechos orgánicos a menos que se disponga de los denominados reactores anaeróbicos que permitan una generación comercial de biogas.

Pero hoy en día, los denominados procesos de diversificación energética se fundamentan en lo que hemos denominado, sustituibilidad de los energéticos que teniendo fundamentos técnico-económicos opera se realiza en el marco de una situación política determinada. Por ejemplo resulta un tanto risible pensar que la estructura de las exportaciones mexicanas pueda modificarse de manera tal que en lugar de que los Estados Unidos concentren más de la mitad de dichas exportaciones, los principales destinatarios del petróleo mexicano sean diversos países europeos. Igualmente, resulta improbable que los venezolanos se orienten a instalar centrales nucleoelectricas de manufactura soviética. O que Cuba consolide su estructura energética con termoeléctricas norteamericanas. Y así se podrían seguir poniendo ejemplos para señalar que la sustitución de un energético por otro, teniendo como principal fundamento un desarrollo tecnológico desigual, tropieza con un mapa geopolítico generado por las contradicciones adjuntas a la concurrencia internacional de capitales y Estados. El grado de desarrollo de las contradicciones interimperialistas; el grado de fusión de capitales y Estados; el nivel de internacionalización de los mismos capitales; y la mayor o menor fuerza de dichos Estados, unidos al enfrentamiento fundamental entre capital y trabajo en todos los ámbitos del desarrollo capitalista; todo ello conforma

lo que llamamos mapa geopolítico y del cual, precisamente, los conflictos en torno a la utilización y control de la riqueza energética de muchos países han resultado definitorios y ejemplares en algunas coyunturas, como las que hemos citado antes a propósito de los dos momentos de elevación de los precios internacionales de los hidrocarburos: 1973-1974 y 1979-1980 y que dieron origen a lo que se vulgarizó con el nombre de "crisis energética". Por eso, al igual que con todas las mercancías, los energéticos en tanto sustento y circunstancia para constituir una ganancia -media y, a veces, extraordinaria-, junto con un precio de costo, se ven sujetos a condiciones y circunstancias técnicas, económicas y políticas que configuran las especificidades de su "salto mortal", como diría Marx, cuando arriban al mercado.

No podría ser de otra manera, siendo mercancías, es decir, unidades contradictorias de valor de uso y valor, que "saltan" al mercado y en él aparecen con un valor de cambio, con una relación cuantitativa determinada para intercambiarse con otros productos del trabajo, incluido el dinero, merced a un precio también determinado. Ahora bien, es cierto que la sociedad contemporánea se ha acostumbrado a considerar de manera "natural" tanto el que ciertas necesidades sociales sean satisfechas gracias a notables avances tecnológicos, hoy totalmente "naturales", como el que el cambio sea una mediación necesaria para ello.

Hoy en día el hombre contemporáneo resuelve sin mucho esfuerzo físico e incluso, económico- algunas de sus necesidades básicas de movimiento, iluminación, sonido, cambios de temperatura, etc. En este sentido

podemos decir que resulta más o menos trivial abordar un avión y recorrer mil kilómetros en poco más de una hora; o abordar el METRO en la ciudad de México y trasladarse de polo a polo en veinticinco minutos; como también resulta trivial encender todos los días las hornillas de una estufa o maniobrar los controles de la Televisión, como, finalmente, encender el automóvil y movilizarse rápidamente. Pero igualmente obvio resulta, en todos los casos, pagar un precio por el movimiento, el calor, la refrigeración, la energía para la televisión. Tanto el consumo y la utilización de la energía para producir calor, iluminación o movimiento, como la evidente y, al menos por el momento, necesaria comercialización como mediación para ello, resultan evidentes, naturales y obvios en la sociedad contemporánea. Se trata de dos aspectos de una misma realidad que han llegado a ser "naturales".

Ciertamente, como casi todos los productos del trabajo, los energéticos son mercancías que a la par de tener la capacidad de satisfacer algunas necesidades sociales básicas, poseen la capacidad social de ser INTERCAMBIABLES. Las especificidades y las cualidades naturales de los energéticos llegan a "ocultarse" en un momento determinado, se fetichizan<sup>7</sup>, dando paso a su nueva propiedad social: su intercambiabilidad, deviniendo en unidades contradictorias de valor de uso y valor, carácter específico que asumen en tanto productos del trabajo humano y que se revela en el intercambio, en la relación de cambio, fenómeno que, como hemos señalado antes, hoy ha adquirido una sorprendente "naturalidad".

7) Las mercancías se fetichizan en virtud de que en el cambio se abandona de manera absoluta el conjunto de cualidades naturales de dichas mercancías, su valor de uso, dominando en la acción del cambio la sola cualidad social nueva: el valor a través de un re juego de magnitudes o relaciones cuantitativas de cambio, que consolidan y realizan dicha nueva propiedad social, que, al decir de Marx, "nada tiene que ver con la naturaleza física de la mercancía" (Capital, T. I, p. 89, S. XXI).

Así pues, al decir que los energéticos asumen también la forma social e histórica, de valores, aludimos, precisamente, a la forma general, histórica, no natural, que asumen los productos del trabajo y que conforma y expresa -a la vez- la relación dominante entre los hombres, la relación como poseedores de mercancías. Pero precisamente en virtud de esta forma histórica que asumen los productos del trabajo, la inmediatez de la producción y del reconocimiento de sus frutos -los frutos del trabajo- se traslada y se media en el fenómeno social del intercambio, a través del cual se reconocen los trabajos privados e independientes en su especificidad concreta (valor de uso) y en su tiempo social (valor de cambio). Esto hace afirmar - como indicábamos en la primera parte de este trabajo-, que el reconocimiento del trabajo individual incorporado, del tiempo de trabajo privado incorporado a los productos -tanto en su calidad cuanto en su cantidad- sólo se reconoce A POSTERIORI, sólo en el cambio se convierte en trabajo social, reconocido y consolidado. Por esta razón, surge la posibilidad de que dicho reconocimiento no se realice, sea en sus aspectos cualitativos, sea en su cantidad.

Esta posibilidad de NO RECONOCIMIENTO del trabajo y sus productos se traduce, también inmediatamente, en la condición esencial de posibilidad de la crisis capitalista, en la medida que la mercancía puede ser rechazada en el intercambio, en virtud de su valor de uso determinado, simple y sencillamente porque éste debe satisfacer, de suyo, una necesidad, que en el ámbito social determina la cuota del tiempo global de trabajo privado que deviene trabajo social. Por eso el valor de uso -lo cualitativo- es determinante, en definitiva del valor de cambio -lo cuantitativo-.

En virtud de lo anterior, es preciso reconocer que dentro de la actual forma de organización social de la producción, la posibilidad de crisis se establece desde el momento en que los productos del trabajo, de manera dominante, asumen la forma de mercancías, valores para el cambio. Luego la crisis capitalista no se reduce a una falta de reconocimiento respecto al tiempo de trabajo incorporado a las mercancías, sino también se explica su surgimiento en virtud de la falta de reconocimiento o validación social del valor de uso concreto de las mercancías, lo que inmediatamente se traduce en una falta de validación social de los trabajos individuales privados, sea en cuanto a su tiempo, sea en cuanto a su especificidad concreta.

Esto nos fuerza a explicitar de manera inmediata que si bien es posible señalar, análogamente, que todo productor individual puede experimentar la crisis, en rigor se trata de una situación asociada al productor social, al trabajo social global, que sólo se constituye en los ramos y en los tiempos necesarios, lo que también se traduce en una limitación cuantitativa de las cuotas del trabajo social aplicables a cada ramo de la producción<sup>8</sup>.

Esta perspectiva y esta tendencia resultan más evidentes con el paulatino desarrollo de la forma capitalista de organización social de la producción, que tiende -por vocación intrínseca y esencial- a instaurarse como la primera forma histórica de organización social en la escala mundial.

---

8) Con gran claridad Marx señala que "la necesidad social, es decir el valor de uso elevado a la potencia social aparece como determinante de la cuota del tiempo global de trabajo social correspondiente a las diversas esferas de la producción en particular..." y que "Esta limitación cuantitativa de las cuotas aplicables a las diversas esferas en particular de la producción, del tiempo social del trabajo, sólo constituye la expresión ulteriormente desarrollada de la ley del valor en general, pese a que el tiempo de trabajo necesario implica, aquí, un sentido diferente. Sólo una determinada cantidad del mismo resulta necesaria para la satisfacción de las necesidades sociales. La limitación se produce, aquí, en virtud del valor de uso." (Capital. TIII. V8p818)

Efectivamente, el desarrollo del capitalismo se expresa, de manera creciente, en un agudo y contradictorio proceso de internacionalización de la reproducción social: reproducción del capital y de la fuerza de trabajo; reproducción de las clases sociales y de las formas de relación y dominación entre ellas; y, finalmente, reproducción del Estado ya no sólo como instrumento de dominación y factor de desarrollo económico-social en los espacios geográficos nacionales, sino como aparato de competencia en la concurrencia mundial, representante del "segmento" nacional de la burguesía, a partir de lo cual se conforma, en realidad, un sistema de estados -como antes hemos dicho- orientado a garantizar la reproducción a escala mundial. Por lo demás se trata de un proceso de internacionalización que tiende a sujetar cada vez más a los procesos nacionales de reproducción, integrándolos y sometiénolos a las condiciones de la reproducción a escala mundial<sup>9</sup>.

---

9) A partir de dar cuenta de las diversas fases del desarrollo del mercado mundial: comercial, comercial-manufacturera; industrial competitiva; imperialista, así como de las fases del imperialismo: imperialismo clásico (1870-1914); entreguerras (1914-1948); Internacionalización (1948 a la fecha), Alejandro Dabat (Op.Cit.) señala las características propias de la internacionalización: i) Unicidad del Mercado Mundial; ii) Independencia política de las naciones; iii) Extensión del mercado mundial a expensas de los mercados nacionales; iv) Desarrollo de una nueva división internacional del trabajo; v) creciente interacción entre los procesos nacionales de reproducción y el proceso mundial; y ofrece una caracterización de los países capitalistas atrasados (o relativamente atrasados) y dependientes: a) países agrarios precapitalistas y semicapitalistas (de desarrollo capitalista incipiente) que pueden tener a su vez una mayor o menor integración al mercado mundial, lo que depende generalmente de la riqueza y accesibilidad de sus riquezas naturales; b) países agrarios en proceso de industrialización, basado en un sistema aduanero y fiscal proteccionista, y en los que, incluso, el capitalismo de estado tiende a preceder actualmente al capitalismo monopolista y, por tanto, al monopolismo de estado; en ellos predominan formas extensivas de acumulación y la utilización de la renta agraria como fondo de acumulación; c) países semiindustriales, que han entrado ya en la fase del desarrollo del capitalismo monopolista y financiero y han comenzado a reproducirse a partir de formas intensivas de acumulación. Se trata de países en los que tiende a modificarse la modalidad de integración al mercado mundial por la vía del crecimiento de las exportaciones industriales y la incipiente exportación de capitales, sin dejar de ser todavía países financieros e industrialmente dependientes, estructuralmente 'duales' y basados en una inferior productividad del trabajo en relación a los países industriales.

Por eso, en el contexto de la creación de esferas de influencia y sujeción concomitante al proceso de internacionalización, la validación social del trabajo en el ramo de los energéticos ha sido de las primeras en desarrollarse y consolidarse a escala mundial, dado que se trata de un ramo cuyos productos son imprescindibles para la acumulación en general y para la industrialización en particular a más de tratarse de un ramo cuyo desarrollo está imprescindiblemente ligado a las condiciones naturales -geológicas, geofísicas, etc., - por lo que las fuentes energéticas y los yacimientos de minerales combustibles que actualmente se utilizan, no coinciden necesariamente con las regiones industrializadas. Por el contrario, en la medida que el desarrollo científico-tecnológico ha permitido la utilización de energéticos y recursos alternativos, han surgido zonas de alta riqueza en materia de recursos energéticos y combustibles no comprendidas en las zonas de mayor desarrollo industrial y que han sido objeto de la disputa interimperial<sup>10</sup>.

10) El descubrimiento del petróleo es de los años 1858-1859. Para 1929 el petróleo representaba, apenas, un tercio del consumo total de energía en países como Estados Unidos. Incluso en vísperas de la Segunda Guerra Mundial, el carbón era el principal energético. Durante la Guerra, la participación del carbón en el mercado fué ligeramente superior al 50%, en tanto que ya para 1950 era del 36% y para 1973 sólo un raiquítico 17%. Las viviendas empezaron a utilizar petróleo y gas para calefacción, y los ferrocarriles empezaron a utilizar diesel en lugar del carbón, primero, y luego se electrificaron en algunos países. Por otra parte, sólo hasta fines de la década de los treinta y principios de los cuarenta se descubrieron los enormes yacimientos de petróleo en Medio Oriente y se empezó la sustitución paulatina por el carbón, de forma tal que si bien todavía en 1950 el carbón representaba un 59.3% en términos de la oferta mundial de energía y el petróleo y el gas natural un 39.4%, ya para 1980 el carbón representaba el 29% de dicha oferta mundial, en tanto que el petróleo y el gas natural un 60.9%, porcentaje que representa de por sí una baja importante respecto al de 1970 -antes de la elevación de los precios internacionales de hidrocarburos-: 71.3%, cuando el carbón, precisamente, representó el porcentaje más bajo de su historia reciente: 24%. Otras observaciones similares se podrían hacer respecto al uranio, pues el desarrollo de los "usos pacíficos" de la energía nuclear, entre ellos la generación de electricidad, revalorizaron e hicieron zonas de disputa a países africanos como Namibia, Nigeria y Sudáfrica, que poseen actualmente la tercera parte del uranio probado en el mundo o a Australia que posee el 14% de los recursos probados de este mineral radiactivo.

Ha de comprenderse que, precisamente por todo lo que hemos dicho antes, el hablar de la posibilidad de sustituir un energético por otro supone señalar, desde luego, las condiciones de esa posibilidad: técnico-económicas y políticas, principalmente.

Respecto a las condiciones técnico-económicas, su reconocimiento e identificación se realiza en el horizonte del desarrollo de las fuerzas productivas, lo que exige considerar diversos factores: nivel del desarrollo científico-tecnológico, nivel de la educación y la cultura, situación de salud y destreza social, experiencia en las diversas esferas de la producción, etc., que en este caso se traduce en una determinada capacidad y eficiencia para aprovechar y dominar los recursos energéticos y explotar y utilizar los combustibles.

En torno a las condiciones políticas, su identificación exige considerar y reconocer las determinaciones geopolíticas nacionales e internacionales, y que en la actual fase imperialista del desarrollo capitalista se expresan en lo que Lenin identificó como "el reparto del mundo entre grandes potencias;...el reparto de esferas de influencia...(fundamentado)...en la fuerza de los participantes en el reparto, en la fuerza económica general, en la fuerza financiera, en la fuerza militar...(una fuerza que)...no se modifica de un modo idéntico en esos participantes del reparto, ya que es imposible, bajo el capitalismo, el desarrollo igual de las distintas empresas, trust, ramas industriales y países"<sup>11</sup>.

11) Ver LENIN V, Imperialismo fase superior del capitalismo, Ed. Lenguas Extranjeras, p.154; además, es necesario aclarar la necesidad de realizar un tratamiento más detallado de lo que entendemos por condiciones geopolíticas, para no caer en deri-

vaciones simplistas o esquemáticas que identifican dependencia económica, financiera o tecnológica con subordinación política. Precisamente en la raíz de los equívocos y confusiones respecto al análisis de la situación política mundial, de la subordinación de una nación a otra y más precisamente respecto a la concepción leninista del reparto del mundo y de la creación de esferas de influencia, se encuentran, por lo general, un reduccionismo economicista que interpreta la lucha de clases como absolutamente determinada por la configuración particular (para utilizar los conceptos sugeridos por Alejandro Toledo) de la reproducción de capital; pero igualmente se sostiene una interpretación esquemática del Estado y sus relaciones con las clases en general y con el capital en particular.

Resulta imprescindible, pues, reivindicar una concepción de la reproducción de capital que le conceda a las configuraciones particulares y concretas un comportamiento acorde a ciertas leyes y contradicciones objetivas, desmitificando la sobrevaloración que se otorga a la acción estatal al señalarla como determinante de la configuración particular de la reproducción, lo que trasladado al ámbito del mercado mundial, entendido una vez más éste como "el sistema global de relaciones sociales que se ha desarrollado -por primera vez en la historia- sobre los fundamentos de las relaciones del capital" (Barker, Op. Cit.), llevaría a sobrevalorar, a su vez, las posibilidades que tienen los Estados hegemónicos del sistema de estados, en cuanto a subordinar a otros y posibilidades de estos de subordinarse, sólo y únicamente por la existencia de una dependencia económica, financiera o tecnológica real. Esto, interpretado en el nivel de las clases y sus relaciones, llevaría a ubicar a los segmentos nacionales de la burguesía como económica y políticamente dependientes de los segmentos burgueses de los Estados hegemónicos, derivándose de ello un simplismo y un esquematismo extremos en el análisis del reparto del mundo y de la creación de las esferas de influencia.

Para profundizar sobre algunos conceptos retomados en lo anterior, desde luego que está varias obras de Lenin del mismo período de Imperialismo... y los escritos clásicos de la polémica contra los nacionalistas de izquierda de Polonia y Rusia y contra el economicismo imperialista de Rosa Luxemburgo y Bujarin. Un seguimiento detallado de esta polémica, aplicado a la caracterización de los países capitalistas y a la lucha nacional, la presentan Alejandro Dabat y Luis Lorenzano en su libro sobre el conflicto de las Malvinas: Conflicto malvinense y crisis nacional, Libros de Teoría y Política, México 1982. Y un tratamiento muy fino para distinguir los ámbitos de la reproducción de capital, de la lucha de clases y del Estado, lo ofrece Alejandro Toledo en sus notas: Reproducción y Periodización Capitalista, Mimeo, Fac de Economía, marzo-mayo de 1984

## 2. El valor de uso de los energéticos\*

Aunque aún queda por desarrollarse y refinarse un importante conjunto de hipótesis y teorías relativas a la constitución de la materia y la energía, el notable avance de la ciencias físicas, naturales y exactas permite un tratamiento cada vez más preciso en torno a la realidad de los energéticos y sus utilización.

Pese a las limitaciones que paulatinamente se han ido descubriendo en cuanto a la definición tradicional de energía, ésta ha sido definida como la CAPACIDAD PARA EFECTUAR TRABAJO<sup>12</sup> y se ha establecido, tradicionalmente también, una diferencia muy precisa entre la energía relativa al movimiento o que proporciona la materia en movimiento -energía cinética- de aquella que es intrínseca a dicha materia -energía potencial-. De manera más trivial, la energía ha sido identificada con la capacidad para mover y transformar la materia, capacidad que se presenta de diversas formas y se utiliza, igualmente de diversas maneras: energía mecánica, energía calorífica, energía luminosa, energía eléctrica, energía magnética, energía de un proceso químico, etc.

Efectivamente, hoy en día los avances científicos y los desarrollos tecnológicos permiten explicar y realizar transformaciones de una forma de energía a otra; más aún, los desarrollos de Einstein, mostrando la identidad entre materia y energía explican y sustentan otro tipo de transformaciones: 1) energía de un tipo A que se trans-

---

12) La palabra energía es de origen griego ( $\epsilon\rho\gamma\eta$ ) que inicialmente significa acción, ejecución, hecho, obra o faena y que ya desarrollada al concepto ~~en-érgico~~ representaba una fuerza en acción, una capacidad de influir a la que se le proporcionaba una connotación diabólica y mágica. En rigor la energía debe ser considerada como la suma de exergía y anergía que atendiendo a las leyes fundamentales de la termodinámica ni se crea ni se destruye, sino sólo se transforma, conservándose permanentemente.

\*) Muchos elementos técnicos los he tomado de la bibliografía que paulatinamente voy citando o de alguna sólo citada en el capítulo de bibliografía.

forma de energía de un tipo B; 2) materia de un tipo A que en virtud de ciertos procesos "energéticos" se transforma en materia de otro tipo B; 3) energía de un tipo A que se transforma en materia; 4) finalmente materia de un tipo A que se transforma en energía. Precisamente por los desarrollos científico-técnicos recientes, estas transformaciones han sido posibles merced a diversas tecnologías complejas, sustentadas en explicaciones más refinadas respecto a la configuración atómica-antes entendida a base de protones, electrones, neutrones, fotones- y hoy, además de dichos elementos, comprendida a partir de un número importante de partículas elementales, descubiertas, entre otras cosas, en ocasión del estudio de los rayos cósmicos: muones, piones, partículas K, partículas LAMBDA, etc. y de los denominados QURKS<sup>13</sup>, que fundamentan a su vez, una multitud de explicaciones importantes en la física de partículas.

Así pues, la identificación-transformación entre materia y energía ha sido posible merced a descubrimientos científicos y desarrollos tecnológicos muy importantes, que poseen niveles de profundidad y de refinamiento no imaginados respecto a las explicaciones de nuestras realidades físicas y naturales. Y en el contexto de estos desarrollos tecnológicos, más aún, precisamente por ellos, socialmente es posible satisfacer las necesidades de energía con materias diversas y tecnologías igualmente diversas, desarrolladas a partir de los materiales diversos y de las formas de energía final deseadas.

---

13) A principios de siglo los científicos pensaban que la luz se formaba de ondas electromagnéticas, propuesta que Einstein cuestionó llegando a probar que la luz tiene una naturaleza dual: corpuscular y ondulatoria y logró plantear una fórmula para reconocer las fluctuaciones de energía contenidas en un volumen fijo de materia, fluctuaciones que se comportan como si estuviera compuesta por cuantos de energía, pero que, simultáneamente, poseen un comportamiento ondulatorio, mostrado en interferencias constructivas y destructivas, propias del movimiento ondulatorio. Esto abrió aún más el análisis de las partículas componentes de la materia, analizadas a partir de su desintegración múltiple, estudiadas en los nuevos instrumentos llamados aceleradores y que permitían inducir a las partículas hacia ciertos niveles energéticos capaces de producir nuevas partículas.

Actualmente se reconocen aproximadamente quince tipos de fuentes energéticas, aunque este número puede variar según se reagrupen y califiquen algunos recursos. Un primer grupo de los recursos técnica y comercialmente probados y que, de hecho, constituyen la parte más importante de cualquier balance energético tradicional, se forma con el petróleo y los líquidos del gas; el gas natural; el carbón mineral; los recursos nucleares; los recursos hidráulicos; y los recursos geotérmicos. A estos se añaden las denominadas nuevas fuentes que, en ocasiones como el de la biomasa no resultan ser tan nuevas: recursos solares; recursos eólicos; biomasa; energía mareomotriz; energía térmica de los mares; esquistos y arenas bituminosas; turba; leña y carbón vegetal; y, finalmente, lo que podemos denominar tracción animal, que incluye, desde luego, la energía humana. Y precisamente en relación a la explotación, transformación, transporte y utilización de estos recursos energéticos, podemos hablar de un proceso global de producción de energía conformado por cinco procesos específicos y concretos: Prospección, exploración y explotación; generación y conversión; transmisión o transporte, almacenamiento y distribución; consumo; y, finalmente, utilización. A lo largo de la historia, la humanidad ha utilizado, de hecho, diversos energéticos atendiendo a sus desarrollos tecnológicos. Incluso la identificación de nuevos energéticos o su utilización "comercial" -como es el caso del uranio, de la energía térmica de mares o de la tradicional fuerza del viento- está en estrecha vinculación e interdependencia con el desarrollo tecnológico que permite no sólo la utilización de nuevos energéticos, sino el que esta utilización

se eficiente tanto técnica como económicamente<sup>14</sup>.

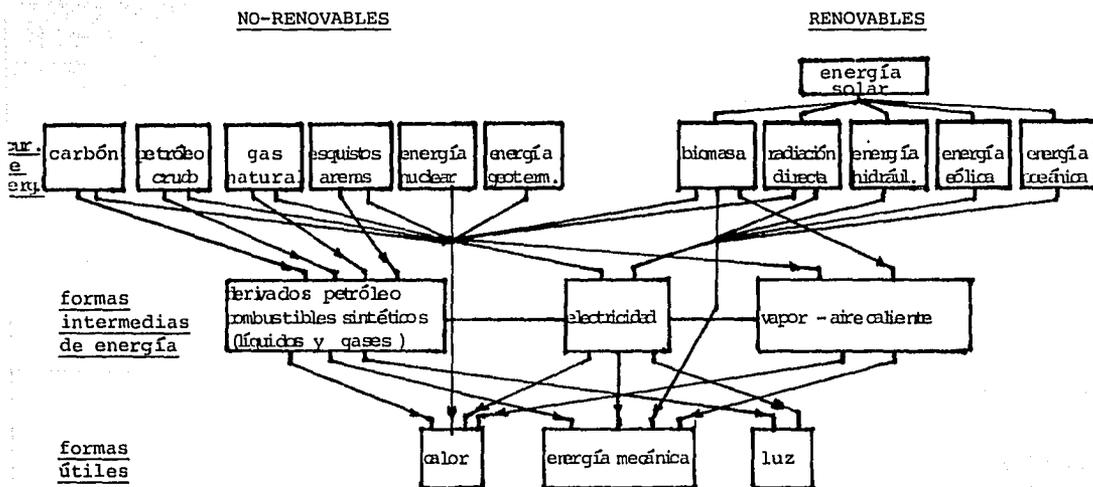
Incluso actualmente, como antes esbozábamos, se ha llegado a denominar "fuentes nuevas de energía" a recursos que se han utilizado tradicionalmente y que adquieren su "novedad" por los desarrollos tecnológicos recientes orientados a una utilización mayor de dichos recursos. Es el caso de la biomasa y de la leña y el carbón vegetal, fuentes que en ocasiones aparecen con una clasificación integrada.

Así pues, las necesidades de movimiento, iluminación y calor se satisfacen por medio de combustibles o energéticos que pueden ser naturales o artificiales, renovables o no renovables, fruto de múltiples materiales, fósiles o nucleares, para usar sólo algunas de las clasificaciones utilizadas.

Hemos esbozado también antes que las necesidades energéticas son, de hecho, indistintamente satisfechas y que la sociedad, atendiendo a diversas circunstancias y condiciones, establece una comparación permanente entre los diversos tipos de energéticos, comparación que se funda en las cualidades naturales de estos, pero que no se reduce a ella. Se comparan diversos tipos de un mismo energético, pero también diversos tipos de energéticos. Esta comparación, por ejemplo, para el caso de energéticos como el petróleo y el carbón, se funda en poderes caloríficos en ambos casos y a densidades en el caso del petróleo o compactidad y contenido de cenizas en el segundo, por señalar solo algunos elementos de comparación.

14) Es indudable que bajo la actual forma de organización social de la producción y considerando la existencia de una concurrencia no solo nacional sino mundial, el significado de eficiencia económica se traduce a la posibilidad de recuperar tanto el precio de costo como, al menos, una ganancia media. Sin embargo, como veremos luego, por tratarse de recursos ligados y dependientes de situaciones naturales y, por tanto, monopolizables, la eficiencia económica incluirá la posibilidad de obtener lo que denominamos una "renta energética", sustentada en la productividad "natural" de diversas fuentes y recursos.

Teóricamente son comparables todos los procesos energéticos que hemos indicado. Sin embargo, de hecho sólo se analizan los energéticos más usuales, en virtud de que las tecnologías de los cinco procesos específicos del proceso global de producción de energéticos se encuentran suficientemente probadas en sus aspectos técnico y económico. Pese a todo, un sistema energético global, relacionaría -simplificando- recursos energéticos primarios, con formas intermedias de energía y con formas utilizables de energía (Gráfica 1).



GRAFICA 1: ESTRUCTURA BASICA DE UN SISTEMA GLOBAL DE ENERGIA

FUENTE: IAEA, ENERGY AND NUCLEAR POWER PLANNING IN DEVELOPING COUNTRIES, Vienna

## 2.1 EL CARBON MINERAL

Una definición común del carbón mineral lo señala como substancia muy dura, de color oscuro, que resulta de la descomposición -luego de larguísimos períodos de tiempo- de material vegetal -helechos, licopodios, fanerógamas, coníferas, etc.- y que según su estado de fosilización, su aspecto, su poder calorífico y otras características se clasifica en carbón duro (antarcita, carbón bituminoso y sub-bituminoso); lignito (que incluye algunas variedades del llamado carbón oscuro) y el carbón fosilizado pero relativamente joven-turba, que luego estudiaremos.<sup>15</sup>

Un cuadro que muestre los diferentes tipos de carbón dependiendo de su contenido de carbono fijo y de materia volátil sería el siguiente:

**CUADRO 1 :CLASIFICACION DE LOS CARBONES**

Tipo de Carbón	Porcentaje de Carbono fijo	Porcentaje de Materia Volátil
1. <u>ANTARCITA</u>		
Meta-antarcita	98% a 100%	0% a 2%
Antarcita	92% a 98%	2% a 8%
Semi-antarcita	86% a 92%	8% a 14%
2. <u>BITUMINOSO</u>		
Bajo en materia volátil	78% a 86%	14% a 22%
Medio en materia volátil	69% a 78%	22% a 31%
Alto en materia volátil	69%	31%
3. <u>LIGNITO</u>	50% a 69%	40% a 50%

FUENTE: Castañeda M. e Yza R., EL CARBON EN MEXICO, en Energéticos, Boletín Informativo del Sector energético, año 6, no.11, noviembre de 1982

15) Cfr., Castañeda e Yza, Op.Cit. y IAEA, ENERGY AND NUCLEAR POWER PLANNING IN DEVELOPING COUNTRIES, Vienna 1985.

Este carbón mineral se diferencia del carbón vegetal por su muy alto contenido de carbono y su pérdida de oxígeno e hidrógeno y los diversos tipos de carbón, como hemos señalado, se diferencian entre sí por dicho contenido de carbono, su materia volátil, su humedad, su contenido de azufre, condiciones todas ellas que determinan, en suma, sus condiciones de combustión y su poder calorífico.

Precisamente tratando de definir los rangos de poder calorífico para los diversos tipos de carbón, la Conferencia Mundial de Energía (CME) estableció una clasificación de carbones que incluía los llamados HARD COAL -antarcita y carbón bituminoso- con un poder calorífico superior a las 5,700 Kilocalorías\* por kilogramo (KCal/Kgm) en los carbones de más alta calidad y los denominados BROWN COAL -carbónes sub-bituminosos y lignito- en los de menor calidad por tener un poder calorífico inferior a las 5,700 KCal/Kgm.

Otra clasificación más elemental establece una distinción, muy importante, entre el carbón coquizable y el carbón no coquizable, utilizado el primero en la fabricación de coque, insumo esencial en la industria sidero-metalúrgica, y el segundo, exclusivamente en la generación de electricidad.

Ahora bien, en función de determinar la existencia de los diversos tipos de carbón, se utiliza una división entre recursos o reservas positivas o probadas y recursos adicionales, siempre en función del conocimiento geológico que se tenga de ellos y, concretamente respecto a los identificados, se cuenta con un conjunto de criterios para di-

---

\*)Una caloría es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado un gramo de agua que se encuentra a 15°C. Por tanto una kilocaloría será el calor necesario para elevar un grado centígrado mil gramos -un litro- de agua. En el sistema métrico inglés se utiliza el BTU (British Thermal Unit) equivalente al calor necesario para elevar un grado Fahrenheit una libra de agua que se encuentra a 60°F. Por tanto 1 kilocaloría=3.96832 BTU.

ferenciar dichas existencias<sup>16</sup>.

Así, se entiende por RESERVA PROBADA el carbón que permite cubicar el análisis de zonas por medio de "obras directas o barrenos con un espaciamiento tal que las características geológicas, el tamaño, la forma y la composición del área estudiada, quedan perfectamente establecidas con una seguridad de más o menos 25%". Y por RESERVA PROBABLE es la cantidad de carbón determinada por medio de extensiones y correlaciones fundadas en el estudio de un área, incluso por medio de barrenos pero que, sin embargo, no ha sido posible incluir en las reservas probadas en virtud del grado de verosimilitud, menor al 25%. La RESERVA POSIBLE, en cambio, se estima con controles estratigráficos y estructurales, con interpretaciones geofísicas directas, con evidencias dispersas o barrenos aislados. Similarmente los denominados RECURSOS ADICIONALES se refieren a especulaciones, fundadas, pero no precisamente en observaciones y análisis directos, sino en manifestaciones geológicas generales y correlaciones estratigráficas con otras regiones. Hay un último concepto, RESERVA RECUPERABLE O APROVECHABLE, que estima la cantidad de carbón susceptible de ser extraída del yacimiento bajo condiciones técnicas y económicas convenientes (a la manera que se ha señalado un poco antes en este trabajo) fundamentadas en estudios de prefactibilidad. Todos los conceptos anteriores determinan, en síntesis el POTENCIAL CARBONIFERO.

---

16) Pese a existir múltiples clasificaciones, hemos seguido la de los ingenieros Castañeda e Iza que fundamentan el Plan Carboeléctrico Nacional, cuyo borrador tiene fecha de septiembre de 1982. Se trata, por lo demás, de una clasificación que los autores fundamentan para aplicar de manera más precisa al caso de México y que es utilizada oficialmente en el Programa de Energía elaborado por la Sría. de Energía Minas e Industria Parastatal de México en 1984. Internacionalmente se habla de Reservas probadas in situ; Reservas recuperables; y Reservas adicionales.

A nivel mundial se tiene un registro de RESERVAS RECUPERABLES DE CARBON (técnica y económicamente recuperables) de aproximadamente 663 mil millones de toneladas, cantidad que representa el 65% de los recursos energéticos mundiales. Por lo demás, los Estados Unidos y la Unión Soviética poseen, respectivamente, el 25.2% y el 16.6% de estas reservas mundiales del carbón, siguiéndoles China con un 15%, Polonia con un 9%, el Reino Unido con 6.8% y Sudáfrica con un 6.5%.

CUADRO 2: RESERVAS RECUPERABLES DEL CARBON  
(mundiales en millones de toneladas)

PAIS	RESERVAS	PORCENTAJE
Estados Unidos	166,950	25.2%
Unión Soviética	109,900	16.6%
China	98,883	14.9%
Polonia	59,600	9.0%
Reino Unido	45,000	6.8%
Sudáfrica	43,000	6.5%
Alemania Federal	34,419	5.2%
Australia	32,800	4.9%
India	12,427	1.8%
Canadá	4,242	0.6%
Otros	55,711	8.4%
TOTAL MUNDIAL	662,932	100.0%

FUENTE: World Coal Study, 1980, citado en IAEA, Energy and Nuclear Power, Op. Cit. p. 110

En términos de la utilización futura de estas reservas, que no incluyen los denominados recursos adicionales estimados, se han formulado estimaciones que aseguran un abasto seguro de carbón para los próximos doscientos años, pese al notable incremento que ha experi-

mentado el consumo de carbón, luego de la elevación de los precios internacionales de los hidrocarburos, pues en 1983, en particular, se consumió un 26% más de carbón que en 1973, lo que representó, aproximadamente, la tercera parte de la energía primaria consumida ese mismo año. En términos de las transacciones internacionales, el carbón ha representado los últimos años un 5% de la factura energética mundial <sup>17</sup>.

Además, en cuanto a la producción mundial, las cifras de 1983 muestran, todavía, la hegemonía norteamericana.

CUADRO 3: DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION MUNDIAL DE CARBON 1983  
(Millones de toneladas equivalentes de petróleo)

PAIS	PRODUCCION*	PARTICIPACION
Estados Unidos	453.1	21.7%
China	441.0	21.1%
Unión Soviética	354.7	17.0%
Polonia	138.6	6.6%
India	95.2	4.6%
Alemania Federal	83.9	4.0%
Gran Bretaña	66.9	3.2%
Australia	66.2	3.2%
Alemania Democrática	59.0	2.8%
Checoslovaquia	48.8	2.3%
TOTAL MUNDIAL	2,090.7	100.0%

FUENTE: BRITISH PETROLEUM, BP statistical review of world energy, 1984

\*) Aunque la producción mundial de carbón se distribuye en "hard coal" (antarcita y carbón bituminoso) y "brown col and lignite" (carbones sub-bituminosos y lignito), se ha transformado, de acuerdo a los correspondientes poderes caloríficos a millones de toneladas equivalentes de petróleo: un millón de toneladas equivalentes de petróleo representan 1.5 millones de toneladas de antarcita y 3.0 millones de lignito.

17) Este 5% significó 8,500 millones de dólares en 1978; 10,800 en 1979; 13,800 en 1980; 16,500 en 1981; y 15,800 en 1982.

En cuanto a usos actuales del carbón, seis son los principales: generación de electricidad, calefacción central, siderurgia (coque), metalurgia producción de gas y, finalmente, producción de algunos productos químicos. Hemos dicho ya que específicamente para la producción de electricidad se utiliza el carbón no coquizable que no puede ser utilizado como insumo de las industrias siderúrgica o metalúrgica.

Ahora bien, pese a que el carbón ha sido el energético más abundante, luego de la Segunda Guerra Mundial fué sustituido por el petróleo, ya que tiene ciertas desventajas de transportación y almacenamiento, además de su difícil extracción<sup>18</sup>. Por otra parte, su evolución económica ha estado en relación al desarrollo de algunas esferas de la producción que últimamente han fincado su desarrollo utilizando hidrocarburos: industria del transporte e industria petroquímica. Más específicamente, el uso de carbón para producir electricidad avanzó luego de 1973 y 1974, teniéndose casos como el norteamericano en que el 77% del carbón se destina a ello. Este porcentaje disminuye para Europa (57%) y Japón (18%)<sup>19</sup>.

CUADRO 4: UTILIZACION DEL CARBON EN ALGUNOS PAISES

(porcentajes)

	Gen.Electric.	Siderugia	Industria	Residencial y Comercial
Estados Unidos	77%	10%	11%	2%
Europa Occidental	57%	20%	9%	14%
Japón	18%	66%	5%	11%
Otros países	36%	16%	33%	8%

FUENTE: Comisión de Energéticos, ENERGETICOS, Boletín Informativo, México octubre 1979

<sup>18</sup>Según un estudio de la Unión de Bancos Suizos (No hay futuro sin energía, Zurich, 1981), el carbón sigue teniendo fuertes desventajas por ser difícil y caro de extraer además de ser difícil de transportar. Por ello, afirma el estudio, "solo se comercializa una décima parte de la explotación total".

<sup>19</sup>Según WORLD COAL, el carbón participa en 1/3 de la capacidad eléctrica de países de OECI

En perspectiva se espera una utilización creciente del carbón que, pese a todo, sigue siendo el energético más abundante. Es posible que aumente la fabricación de combustibles sintéticos -gases y líquidos- del carbón, aunque dentro de la utilización global del carbón continúan los problemas ambientales y de contaminación que supone su utilización; de manera particular ha de notarse que la explotación de carbón ha producido efectos nocivos a las aguas subterráneas e, incluso, a las superficiales, afectando tanto la ecología acuática como su calidad química. Por otra parte la explotación del carbón en minas superficiales, abiertas, expone a la atmósfera un volumen importante de polvos tóxicos que, igualmente, pueden contaminar aguas corrientes y circundantes, además de que dicha explotación conlleva el riesgo de alterar severamente la topografía con las consecuencias que de ello se derivan: modificación ecológica, erosión de suelos, etc.<sup>20</sup>

## 2.2 PETROLEO Y LIQUIDOS DEL GAS

Comunmente se define el petróleo como un líquido oleoso, de menor densidad que el agua, de color oscuro y olor intenso, que se conforma de una mezcla de hidrocarburos, inflamable y cuyo origen se explica en función de las transformaciones experimentadas por algunas sustancias orgánicas luego de muy grandes períodos de tiempo.

---

<sup>20</sup>Cfr. Castañeda M., e Yza R., Op.Cit., Capítulo XI. Respecto a los riesgos en la explotación del carbón, he de mencionar la silicosis, una fibrosis pulmonar producida por la inhalación continua de polvos de sílice y que se manifiesta en una progresiva reducción de la capacidad respiratoria, produciéndose catarros o bronquitis permanentemente e, incluso, produciéndose tuberculosis.

Esta mezcla de hidrocarburos llamada crudo posee un porcentaje de azufre y de algunos productos nitrogenados y oxigenados, aunque los hidrocarburos constituyen el 97 de estas mezclas, diferenciándose dos clases principales: los crudos parafínicos y los crudos naftálicos, aunque existen otras clases poco consideradas por su baja participación :los crudos de tipo aromático, o por su "pesadez":los crudos asfálticos. Precisamente en función de su densidad (elemento clave en el análisis de las posibilidades de refinación eficiente de los crudos)el petróleo y los líquidos del gas se clasifican de acuerdo a los denominados GRADOS API (American Petroleum Institute), gradación que define como crudo de 10oAPI a aquel que tiene exactamente la misma densidad -gravedad- que el agua, como es el caso de los asfálticos que poseen entre 10o y 13o API, a diferencia de los crudos ligeros como los de Argelia (44o.), Qatar (40o.), Emiratos Arabes y Arabia Saudita (39o.)<sup>21</sup>.

CUADRO 5: COMPOSICION DEL CRUDO  
(porcentaje)

<u>Elemento</u>	<u>Porcentaje</u>
Carbono	80% a 89%
Hidrógeno	10% a 15%
Oxígeno	0% a 5%
Nitrógeno	0% a 1,8%
Azufre	0.01% a 5.0%

FUENTE:GAFFERT G., Steam Power Stations, McGraw Hill, 1952

21)La fórmula que relaciona gravedad específica con grados API es la siguiente:

$$\text{GRADOS API} = \frac{141.5}{\text{gravedad específica a } 60^{\circ}\text{F. referida al agua a } 60^{\circ}\text{F.}} - 131.5$$

Cfr. Centeno R., ECONOMIA DEL PETROLEO Y DEL GAS NATURAL, Tecnos, Madrid 1974. Hemos de notar que para el caso de México, se dispone (exporta) de dos tipos de crudo: el ligero (ITSMO) y el pesado (MAYA); el primero posee una densidad de 32,8o API y el segundo 22o API, teniendo el primero un poder calorífico de 19,500 BTU por libra, lo que equivale a 1.35 millones de KCal por barril o 10,834 KCal/kg, casi el doble de un kilogramo de carbón bituminoso.

Ahora bien, la determinación de la calidad de los crudos se fundamenta en la estructura y composición de los productos que se obtiene a partir de su refinación; gasolinas, destilados (propano, butano, naftas, kerosina, diesel, asfaltenos, lubricantes, grasas y parafinas) y combustóleo<sup>22</sup>. Y su comparación más detallada se establece en base a diversos criterios, entre los cuales se encuentran los siguientes: 1) viscosidad, que define la fluidez de un crudo y que depende de la temperatura; 2) punto de fluidez (pour point) determinado por la temperatura a la que el crudo deja de fluir (o empieza a fluir, equivalentemente); se trata, por tanto, de un punto de equilibrio, un punto de frontera; 3) punto mínimo de evaporación (flash point) que define la volatilidad del crudo y se determina en base a la temperatura mínima a la que se despiden el primer gas; 4) punto de encendido, definido por la temperatura a partir de la cual se obtiene un quemado continuo; 5) agua y sedimento verificada por un método estándar por medio de centrifugas; 6) agua por destilación igualmente verificada por un método estándar; 7) contenido de NaCl por cada 1,000 libras de crudo; 8) contenido de azufre; 9) contenido de cenizas; 10) carbón Ramsbottom; 11) temperatura de congelación; 12) presión de vapor Reid; 13) porcentaje de asfaltenos en pentano; 14) poder calorífico bruto<sup>23</sup>.

Pero en íntima relación con la base técnica de comparación de los crudos está, desde luego, el rendimiento económico, usualmente definido como la suma de los valores de los productos obtenidos de un volumen fijo de crudo -barril, tonelada, etc.- usando el precio de

<sup>22</sup>) Los principales combustibles son productos del petróleo que son, en los fundamentales destilados o residuales. Y los principales combustibles que se queman son los residuales, entre ellos el combustóleo, que es el más utilizado en la generación de electricidad y entre el cual hay, también diversos tipos, diferenciados por su máximo valor calorífico.

<sup>23</sup>) Cfr. Perry J, CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK, McGraw-Hill, y Gaffert, Op. Cit.

mercado de dichos productos. Resulta más o menos evidente por lo que hemos mencionado, que los crudos ligeros, de mayor gradación API, tienen un rendimiento superior, aunque para realizar un análisis más preciso y detallado es necesario tomar en cuenta el tipo de refinería en la que se va a destilar el crudo<sup>24</sup>.

En términos de su importancia en las reservas mundiales de combustibles, las reservas probadas de petróleo crudo y líquidos del gas representan, aproximadamente, un 13.6% de las reservas mundiales, equivalentes a 678 mil millones de barriles; y en términos de sus reservas potenciales se habla de 1,600,000 millones de barriles, montos muy inferiores a las reservas señaladas anteriormente para el carbón.

CUADRO 6: RESERVAS\* MUNDIALES DE CRUDO (1983)  
(principales países)

<u>País</u>	<u>Reservas</u> (Mill. Barr)	<u>Porcentaje</u>
Arabia Saudita	166,000	24.6%
Kuwait	63,900	9.4%
Unión Soviética	63,000	9.3%
Irán	51,000	7.5%
México	48,000	7.1%
Irak	43,000	6.3%
Estados Unidos	34,500	5.1%
Abu Dhabi	30,400	4.5%
Venezuela	24,900	3.7%
Libia	21,300	3.1%
China	19,100	2.8%
Nigeria	16,600	2.4%
Reino Unido	13,200	1.9%
Argelia	9,200	1.4%
Indonesia	9,000	1.3%

FUENTE: British Petroleum, Op.Cit., p.2

\*Se trata de reservas probadas, es decir, yacimientos ciertamente conocidos y explotables con las actuales condiciones técnicas y económicas.

24) La destilación de crudos es un proceso flexible que permite ofrecer diversos tipos de destilados y en diversa proporción, haciendo variar las temperaturas inicial y final de destilación. A veces, sin embargo, es preciso transformar las estructuras moleculares, lo que se logra por diversos procedimientos: se rompen las moléculas de más de diez carbonos (cracking catalítico) o se juntan algunas de menos de siete carbonos (síntesis catalítica). En función de esto, pues, se pueden reconocer diversas estructuras de una refinería. Cfr. Centeno, Op.Cit. y Gaffert, Op.Cit.

Estas reservas se concentran, como se puede observar, principalmente en los países de la OPEP<sup>25</sup>, que concentran dos terceras partes de las reservas mundiales de crudo, aunque algunos países no miembros de la OPEP cuentan con un volumen sustancial de crudo que juega un papel fundamental en las disputas internacionales y en la configuración de precios: Noruega, Reino Unido, México, entre otros, además de la Unión Soviética y los Estados Unidos, hoy en día los principales consumidores de crudo: 16% y 25% respectivamente. Precisamente en torno al consumo, el petróleo representa un monto superior al 40%, sostenido los últimos cinco años, y que representa una disminución relativa importante y un cambio en la tendencia hacia un consumo masivo de petróleo mostrado a fines de los sesentas y principios de los setentas en que el petróleo representó una 44% (1970) y un 46% (1975).

CUADRO 7: PRODUCCION MUNDIAL DE PETROLEO  
(millones de barriles día)

	1973		1977		1980		1983	
	Monto	Pctje.	Monto	Pctje	Monto	Pctje	Monto	Pctje.
Mundial	58.6	100%	62.6	100%	62.8	100%	56.4	100%
OPEP	31.0	53%	31.3	50%	26.9	43%	17.4	31%
Estados Unidos	9.2	16%	8.2	13%	8.6	14%	8.7	15%
Unión Soviética	8.7	15%	11.1	18%	12.2	19%	12.5	22%
Reino Unido	-	-	0.8	1%	1.7	3%	2.4	4%
México	0.5	1%	1.0	2%	1.9	3%	2.7	5%
Noruega	-	-	0.3	-	0.5	1%	0.6	1%
China	1.1	2%	1.9	3%	2.1	3%	2.1	4%

FUENTE: Elaboración propia con datos de British Petroleum, Op. Cit., cuadros de producción, 1983

25) La OPEP fué fundada en 1960 por iniciativa de Venezuela por cinco países productores y exportadores de crudo: Irán, Irak, Kuwait, Arabia Saudita y Venezuela; y a ella se han ido incorporando otros países: Qatar (1961), Libia e Indonesia (1962), Ecuador, Abu Dhabi (1967), Argelia (1969) y Nigeria (1971). Precisamente la OPEP, llegó a concentrar más del 50% de la producción de petróleo: 31 millones de barriles al día en 1973, cuando la producción diaria era de 59 millones; mientras que hoy apenas produjo 15 y 14 millones (mayo y junio 1985 respectivamente) con una producción global mundial de 55 a 57 millones de barriles diarios.

CUADRO 8 : CONSUMO DE PETROLEO  
(porcentaje\*)

	1973	1977	1980	1983
Estados Unidos	29%	29%	26%	25%
Europa Occidental	27%	23%	23%	21%
Unión Soviética	12%	13%	15%	16%
América Latina	6%	6%	7%	8%
Japón	10%	9%	8%	7%
Sudeste asiático	3%	3%	4%	4%
Oriente Medio	2%	3%	3%	3%

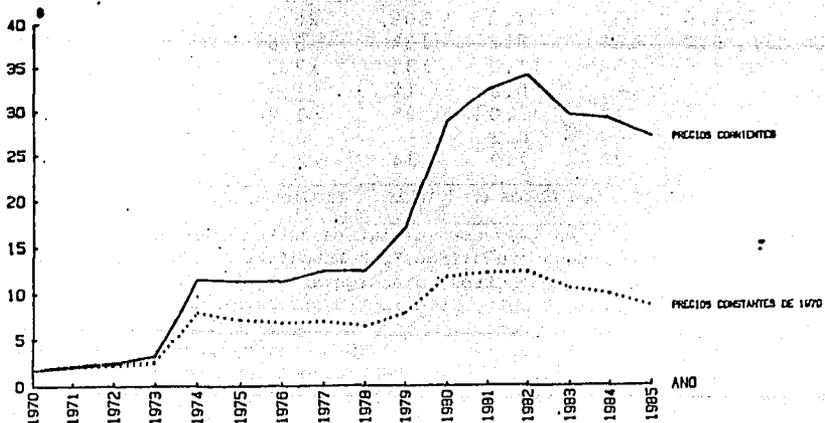
FUENTE:Elaboración propia con datos de British Petroleum,Op.Cit.p.7

\*)Porcentajes redondeados(4.3%=4% y 4.5%=5%)

Esta producción y este consumo mundial han representado, en términos de la comercialización internacional del crudo, una participación muy importante:de un 71% de la factura energética y un 7% del comercio mundial durante 1970, hasta un 84% de la factura energética y un 16% del comercio mundial en 1980, aunque recientemente esta participación ha tendido a disminuir por una tendencia a la caída de los precios internacionales del crudo.

GRAFICA 2:PRECIO DEL CRUDO LIGERO SAUDITA (34o.API)

1970-1985



FUENTE: Colmenares F., PERSPECTIVAS DE LA GUERRA DE PRECIOS DEL PETROLEO, Mimeo  
División de Estudios de Posgrado, Facultad de Economía, UNAM, junio 1985

Es innegable reconocer que, de manera particular, el mercado petrolero es foco de tensión y pugnas internacionales, y que en dicho mercado se establece una literal "guerra de precios", tendiendo, principalmente, a reducirlos, luego de las denominadas "primera y segunda estampida de los precios del petróleo"<sup>26</sup>. Pero a diferencia de los primeros años de la década de los setenta, hoy los países hegemónicos del mercado mundial han desplegado medidas importantes tendientes a mediatizar al máximo posible las presiones del petróleo y relativizar, igualmente al máximo, las presiones de los países exportadores, principalmente de la OPEP: creación y conservación de las reservas estratégicas; manejo de un volumen amplio de inventarios; políticas de ahorro y diversificación energética; modificaciones fiscales respecto al manejo de las importaciones y consumo de crudo; fortalecimiento del mercado libre, denominado spot; fortalecimiento de relaciones comerciales con los países exportadores de crudo no miembros de la OPEP: México, Gran Bretaña y Noruega, principalmente, aunque también Egipto ha empezado a participar de ese estrechamiento de relaciones y presiones.

En perspectiva se puede reconocer un fortalecimiento de la tendencia a reducir al máximo la utilización del petróleo como energético principal, aunque esto dependerá, obviamente, del éxito que tenga el desarrollo tecnológico tanto en fuentes alternas como la solución satisfactoria de los problemas que aún tienen algunas de las fuentes tradicionales, como el carbón, o más recientes como la energía nuclear.

---

26) Estos términos y algunos elementos de esta reflexión han sido tomados del excelente análisis de Colmenares Fco., PERSPECTIVAS DE LA GUERRA DE PRECIOS DEL PETRÓLEO, DEFFE, Mimeo, junio 1985. Colmenares da cuenta de las dos estampidas de precios: 1973 y 1978-1979 y de la creciente importancia que está teniendo el mercado spot del petróleo, como mecanismo utilizado por los países industrializados y las grandes compañías petroleras para presionar y "corromper" a la OPEP.

Antes de señalar las características del gas natural, conviene señalar que a los recursos de hidrocarburos tradicionales se añaden los esquistos bituminosos y las arenas alquitranadas, tratándose en el primer caso de rocas sedimentarias con materia orgánica sólida que puede convertirse en petróleo mediante la aplicación de grandes cantidades de calor a dichas rocas mediante tecnologías sofisticadas; y en el segundo caso se trata de material arenoso que contiene una sustancia viscosa, a veces confundida con asfaltenos o crudo muy pesado, de la cual también puede obtenerse petróleo mediante aplicación de calor.

Las arenas alquitranadas se encuentran, principalmente, en Norteamérica, América del Sur -Venezuela principalmente-, y en la zona europea de la Unión Soviética. Actualmente Canadá se encuentra desarrollando dos proyectos de explotación en la región de Alberta, el primero con una capacidad de 3 millones de toneladas al año y el segundo de 7 millones de toneladas al año, proporcionando ambos el 8% de los requerimientos canadienses de petróleo. Y en cuanto a los esquistos bituminosos los principales yacimientos se encuentran en Estados Unidos -12 mil millones de toneladas de petróleo recuperable con la tecnología actual-, América del Sur - 7 mil millones de toneladas-, Asia 3.5 mil, Africa 1.5 mil y Europa 4 mil.

Según la Conferencia Mundial de Energía, los recursos globales de esquistos bituminosos y arenas alquitranadas representa, aproximadamente, 330 mil millones de barriles de petróleo.

### 2.3 GAS NATURAL

Por Gas natural se entiende el conjunto de mezclas de gases combustibles -hidrocarburoados o no- que se encuentran en el subsuelo y que, en ocasiones, se encuentran asociados al petróleo líquido. El principal constituyente del gas natural es el metano ( $CH_4$ ) que representa generalmente entre el 70% y el 95% del volumen total del gas natural. Otros hidrocarburos gaseosos que se encuentran en las mezclas son el etano, el propano y el butano, cuyo monto global difícilmente supera el 15% de la mezcla<sup>27</sup>.

El gas natural se encuentra en la naturaleza en yacimientos muy similares a los petrolíferos, y se ha encontrado tanto en asociación con el petróleo, como con el carbón. Ordinariamente se origina de dos formas principales: 1) degradación bioquímica de la materia orgánica en rocas sedimentarias poco profundas y de edades geológicas relativamente recientes, en cuyo caso -como el gas de los pantanos- la composición de la mezcla se constituye de dióxido de carbono y metano; 2) degradación química de residuos orgánicos en rocas profundas y antiguas, lo que constituye el origen de la mayor parte del gas natural. Los yacimientos de gas natural del Mar del Norte y de Holanda son un ejemplo de este segundo mecanismo, pues se estima que son producto de la descomposición de las capas de carbón subyacentes<sup>28</sup>.

Ahora bien, un gas se denomina asociado cuando su producción se encuentra ligada a la extracción del petróleo; se trata, en ese caso, de gases con mayor contenido de etano, de propano e hidrocarburos más pesados, por lo que suele ser fuente de los llamados gases licuados

27) Cfr. Centeno, Op. Cit., p. 278 y ss.

28) Centeno, Op. Cit., p. 280

del petróleo (GLP). Por su parte el gas no asociado puede estar básicamente constituido de metano -gases secos- o tener un porcentaje de los llamados hidrocarburos superiores<sup>29</sup>.

Precisamente de todo lo anterior se desprende la necesidad de explicar, cuando se habla de gas natural, de sus constituyentes y de su poder calorífico. Y para ello se define un poder calorífico de 9,000 KCal por metro cúbico normal, es decir, seco a 0oC y presión de 760 mm de mercurio<sup>30</sup>.

Es importante indicar que el empleo del gas natural como combustible comenzó, apenas, a principios de los años veinte, hecho que fué posible en virtud de la disposición de técnicas para construir y soldar tuberías capaces de resistir altas presiones y, por tanto, de transportar gas natural a grandes distancias.

En cuanto a la recuperación técnica y comercial del gas asociado pueden reconocerse tres procedimientos principales, en función de las características del yacimiento: 1) recuperación del gas junto con el crudo asociado; 2) reinyección al yacimiento en espera de condiciones comerciales mejores; 3) liberación a la atmósfera con el consecuente desperdicio.

En cuanto a su utilización, el gas natural puede sustituir prácticamente a todos los combustibles, exceptuando a los carburantes, al coque metalúrgico, y a la electricidad como fuente de iluminación y de fuerza motriz, aunque en algunos caso -carburante y siderurgia- hay desarrollos tecnológicos tendientes a utilizar el gas como combustible en motores y a reducir directamente el mineral de hierro por gas natural.

---

29) Como señalan algunos autores -Jensen J., EL GAS NATURAL EN EL MUNDO, en Energéticos, octubre 1982, el gas no asociado es "discrecional", es decir, se puede optar por explotarlo o no, dependiendo de las condiciones comerciales, no así el asociado, aunque existe también la alternativa de reinyectarlo como se ha dicho aquí arriba.

30) En México la equivalencia oficial es de 8,460 KCal/m<sup>3</sup> a 1kg/cm<sup>2</sup> y a 20oC.

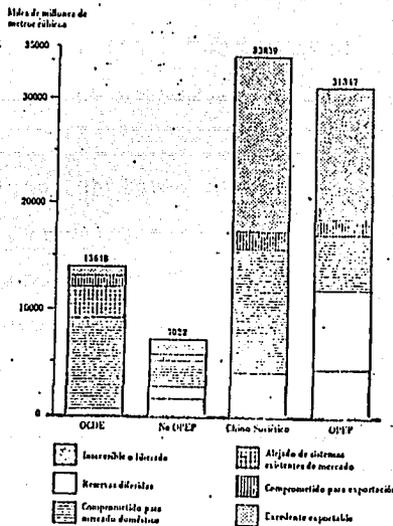
En cuanto a las reservas de gas natural -asociado o no- es posible utilizar la misma clasificación que para otras fuentes de energía primaria, que relaciona dos dimensiones básicas: nivel de seguridad geológica y factibilidad económica, y que incluye, en cuanto a lo primero, las reservas identificadas y no identificadas, y de los primeros, demostrados e inferidos; y en cuanto a lo segundo, recursos económicos y subeconómicos. Así, lo que se denomina RESERVAS, corresponde a recursos geológicamente demostrados -sean medidos o indicados- o inferidos, que tienen factibilidad económica de recuperarse, dejando otras categorías como los recursos hipotéticos o especulativos de escasa o nula factibilidad económica para designar elementos de bajísima seguridad geológica de explotación no rentable o, incluso elementos geológicamente seguros, pero igualmente no rentables<sup>30</sup>.

Ahora bien, es muy usual dividir o clasificar las reservas de gas natural en base a su destino final: 1) Reservas inaccesibles o liberadas a la atmósfera; 2) Reservas diferidas; 3) Reservas comprometidas para el mercado interno; 4) Reservas alejadas del sistema de mercado; 5) Reservas comprometidas para exportación; 6) Excedentes exportables. Las reservas inaccesibles o liberadas a la atmósfera son aquellas propias de lugares remotos que impiden una recuperación y una comercialización eficientes e incluye, también, las reservas de gas asociado al crudo que forzosamente se liberan a la atmósfera. Las reservas diferidas son las asociadas al petróleo que no pueden explotarse por el momento, por lo que no se explotan o se reinyectan. Las reservas para mercado interno incluyen el gas que, teóricamente, se conectará a las redes nacionales de gas. Las reservas alejadas las constituyen grandes y ricos yacimientos en lugares remotos inviables económicamente en estos momentos. Las 30) Esta es la clasificación que utiliza el Departamento del Interior en Estados Unidos.

reservas comprometidas para exportación se conforman en base a los contratos ya establecidos. Finalmente las reservas que son excedentes exportables representan todo el gas que no está incluido en las categorías anteriores<sup>31</sup>.

Una estimación generalizada de las reservas probadas de gas a finales de 1981 mostraba la siguiente distribución:

GRAFICA 3: DISTRIBUCION DE LAS RESERVAS PROBADAS DE GAS 1982  
(Por uso y destino final)



FUENTE: Jensen J.T., Op.Cit., p. 9

31) Esta clasificación fue presentada por Jensen J.T., en una conferencia internacional que sobre el gas natural se realizó en Venecia a mediados de 1982. México, según las versiones oficiales de PEMEX libera poco gas a la atmósfera (primera categoría). Irán reinyecta gas para presionar a la salida del crudo (segunda categoría). Estados Unidos tiene casi todas sus reservas comprometidas para mercado interno (tercera categoría). El gas del Ártico canadiense es parte de la cuarta categoría de reservas. Y, finalmente, la OPEP, México, Gran Bretaña y Noruega tienen reservas comprometidas para exportar o excedentes exportables.

También considerando el año de 1981, las reservas mundiales de gas natural y su relación con la producción mostraban el siguiente comportamiento:

CUADRO 8: RELACION DE RESERVAS Y PRODUCCION DE GAS 1981

País	Reservas de Gas		Producción de Gas	
	Monto*	Porcentaje	Monto*	Porcentaje
Unión Soviética	1,160.0	39.25%	16.4	28.35%
Irán	484.0	16.38%	0.1	0.09%
Estados Unidos	198.0	6.70%	19.6	33.90%
Argelia	130.9	4.43%	1.1	1.99%
México	119.6	4.05%	1.5	2.56%
Canadá	89.9	3.04%	2.6	4.54%
Holanda	55.7	1.88%	3.1	5.28%
Venezuela	47.0	1.59%	0.6	1.04%
Nigeria	40.5	1.37%	0.1	0.11%
Indonesia	27.4	0.93%	1.1	1.86%
Reino Unido	26.0	0.88%	1.4	2.47%
China	24.4	0.83%	0.5	0.79%
Libia	23.2	0.78%	0.7	1.17%
Alemania Federal	6.2	0.21%	0.6	1.10%
Italia	3.7	0.12%	0.5	0.86%
Resto del Mundo	519.2	17.57%	8.0	13.88%
TOTAL MUNDIAL	2,955.7	100.00%	57.8	100.00%

FUENTE: Elaboración propia con datos de Oil and Gas Journal, diciembre 1982 y Memoria de Labores de PEMEX, 1981.

\*) El monto de reservas está dado en billones de pies cúbicos ( $1 \times 10^{12}$ ). Se trata, además, de reservas probadas, es decir aquellos recursos que dada la información técnica es razonable asegurar su recuperación futura, teniendo en cuenta las condiciones económicas y de operación.

Precisamente con fundamento en este panorama mundial de las reservas probadas de gas natural, se puede asegurar una relación media reservas producción del orden de 51 años, situación que para el petróleo es, solamente de 33 años y para el carbón, en cambio, es de 174 años.<sup>32</sup>

32) La relación media reservas producción, cuantificada en años para el gas natural resulta de dividir  $2,955.7 \times 10^{12}$  pies<sup>3</sup> /  $57.8 \times 10^{12}$  pies<sup>3</sup>. Para el petróleo de dividir 677.7 mil millones de barriles de crudo / 56.4 millones de barriles al día x 365 días. Y, finalmente para el caso del carbón, de dividir 662.9 miles de millones de toneladas / 3.8 mil millones de toneladas, dando, respectivamente 51,33 y 174 años.

Vale la pena señalar que en términos de su participación en el comercio mundial, el gas ha ido cobrando importancia, pues luego de tener, a fines de los sesenta y principios de los setenta, una participación marginal: 3.4% en la factura energética y, apenas, un 0.3% en la factura mundial, para 1977 representaba ya el 5.4% del comercio mundial de combustibles y lubricantes, participación que se convirtió en un 8% en 1980 y en 10.7% en 1982, llegando ya para esos dos años a un 1.5% y un 2.0% del comercio mundial.

Esta tendencia a la elevación de la participación del gas en el volumen del comercio mundial acaso es un correlato de una elevación del porcentaje de la producción mundial de gas que se comercializa. Efectivamente, mientras que en 1968, 1969 y 1970, únicamente un 3% de la producción mundial de gas se comercializaba, ya para 1974 y 1975 esta proporción había crecido de manera importante: 10% a 13%, rango en el que se ha sostenido recientemente, aunque se muestra una cierta tendencia a elevarse ligeramente esta participación<sup>33</sup>.

Desde luego que estos porcentajes contrastan definitivamente con los del crudo, que han oscilado entre el 35% al 45%, experimentando variaciones en relación muy estrecha con los cambios de precios. Algo similar ocurre con el carbón, que los últimos años ha elevado ligeramente su comercialización: entre un 20% y un 25% del carbón producido mundialmente se comercializa.

---

33) Según un estudio de la Chemical Economy and Energy Review de octubre de 1978, citado en el Boletín del Sector Energético -energéticos, febrero 1979, México-, "...del consumo de gas natural en Estados Unidos, Europa Occidental y Japón (90% del consumo sin incluir a los países socialistas: AR) el 87% se produjo internamente y sólo el 13% se comercializó en el mercado mundial; y de este 13% la mayor parte (87% a su vez) se comercializó regionalmente (por ejemplo de Holanda a Francia, etc.)". El estudio, también antes, citado del Organismo Internacional de Energía Atómica (IAEA, Energy and Nuclear Power...), señala que en 1982 Europa (13% del consumo mundial) cubrió el 82% de su consumo con su producción, importando un 13.4% de la Unión Soviética y el resto de Argelia y Libia. Cifras análogas se descubren para todo el mundo analizando los intercambios interregionales y mundiales de gas natural. Cfr. datos de British Petroleum.

En perspectiva se habla de una tendencia hacia un uso mayor del gas, estimación que se fundamenta en algunas ventajas de este combustible: 1) su combustión es muy limpia; 2) su calor es más fácilmente regulable; 3) es especialmente cómodo de utilizar para el consumo doméstico, al igual que la electricidad; 4) permite la utilización de la llama directa, aunque también es muy útil en la generación de vapor para producir electricidad; 5) dada la rigidez relativa en su producción, su presencia en el mercado es relativamente menos vulnerable que en el caso del petróleo; 6) además, la utilización del gas en algunas industrias de precisión es más eficiente y rentable. Sin embargo sigue siendo más difícil transportar y almacenar el gas que el petróleo, pese a que existen técnicas modernas de transporte de gas licuado a temperaturas muy bajas: - 161°C, punto en el que el gas se hace líquido reduciéndose sustancialmente su volumen, aunque en este proceso se consume un 25% de la energía que teóricamente podría proporcionar un volumen determinado a transportar<sup>34</sup>.

Es probable que la mayor "penetración" del gas en el mercado mundial de los energéticos se sustente o dependa de la evolución de los precios internacionales de este energético, por un lado, y por otro del éxito de los desarrollos tecnológicos múltiples que en diversas esferas de la producción se realizan orientadas a utilizar el gas: fabricación de proteínas, generación de electricidad, siderurgia, etc.

---

34) Cfr. Centeno R., Op. Cit.; Jensen J., Op. Cit.; Enz Rudolf, No hay futuro sin energía, Unión de Bancos Suizos, Zurich, 1981.

## 2,4 ENERGIA NUCLEAR

Hemos mencionado al principio de este trabajo que los avances científico-técnicos en la física nuclear han mostrado la viabilidad del uso y utilización de la energía nuclear para la generación de vapor y electricidad. En relación a otras fuentes de energía, la nuclear es, pues, relativamente reciente. Múltiples esfuerzos y muchos nombres -conocidos y desconocidos- se asocian a la utilización de la energía nuclear. También, hay que decirlo desde el principio, sesgos militaristas y orientaciones belicistas se asocian indisolublemente al desarrollo nuclear. Los esfuerzos y descubrimientos de Becquerel -en el descubrimiento de la radiactividad-; de los esposos Curie -que descubrieron el polonio y el radio-; del mismo Einstein-en el diseño y construcción de su teoría de la relatividad-; de Chadwick -que descubre y bautiza los neutrones-; de Fermi -que realizó amplios experimentos con los neutrones-; de Joliot -que planteó las condiciones para la generación de elementos radiactivos artificiales-; de Hahn y Strassmann -que también trabajaron en el bombardeo de elementos ,entre ellos el uranio, con neutrones-; y, en general, de muchísimos técnicos y científicos a quienes se debe el impresionante desarrollo que se tradujo en la utilización de la energía nuclear para generar electricidad, aunque la utilización original y más dramática fué la producción de la bomba atómica.

Efectivamente, todos los elementos naturales se componen de átomos extremadamente pequeños, cuyas diferencias originan diversos elementos.

La agrupación de átomos origina las denominadas moléculas que definen y originan, a su vez, diversas mezclas, compuestas de los elementos originales. Pero el átomo mismo es un conjunto de, al menos, tres partículas básicas: protones, que poseen una carga eléctrica positiva; neutrones, que no tienen carga eléctrica pero poseen la misma masa que los protones; y, finalmente, electrones, que tienen una masa 2,000 veces más pequeña que los protones y los neutrones pero una carga eléctrica negativa. Precisamente por esto, teóricamente los protones debieran repelerse entre sí, hecho que no sucede y que se explica sólo suponiendo que es mayor la atracción del núcleo, en particular de los neutrones, sobre los protones que la repulsión que estos ejercen entre sí. Cabe notar, sin embargo, que la masa del núcleo es inferior a la masa que conformarían sus constituyentes si estos se encontraran libres, hecho que ha originado, según diversa teorías atómicas, la explicación del déficit de masa, equivalente a una cierta cantidad de energía denominada ENERGIA DE LIGAZON que asegura la compactidad del núcleo. Esta energía es, precisamente, la requerida para disociar las partículas de que se compone el núcleo: E y, según las explicaciones de Einstein se calcula por la relación  $E=mc^2$ , donde C es la velocidad de la luz. Según esta teoría, pues, a un déficit mayor de masa corresponde una energía mayor.

Ha de notarse también, que el denominado DEFICIT DE MASA no es el mismo para todos los núcleos; siendo relativamente débil para los núcleos ligeros (por ejemplo el hidrógeno), resulta máxima para núcleos de masa media (fierro, por ejemplo), tornándose nuevamente débil para núcleos pesados, como es el caso del uranio.

Precisamente la aparición de la energía nuclear resulta de una modificación en el núcleo y se acompaña de una expulsión de materia, lo que resulta a su vez en un aumento del déficit de masa<sup>35</sup>. Se trata, por lo demás, de una modificación que no puede ser acelerada o detenida por ningún procedimiento físico o químico, como pudiera ser el caso de las reacciones químicas que mediante catalizadores pueden acelerarse o de ciertas reacciones bioquímicas que pueden detenerse.

Ahora bien, las reacciones nucleares pueden producirse espontáneamente en algunos elementos naturales como el uranio 238 que se transforma en torio 234 emitiendo radiaciones alfa. Pero también pueden producirse artificialmente al provocarse una cierta transformación de núcleos de masa media para los cuales el déficit de masa es máximo. De aquí que podemos distinguir dos tipos de reacciones nucleares energéticas: 1) FISION NUCLEAR o ruptura de un núcleo muy pesado en dos núcleos ligeros; 2) FUSION NUCLEAR o aglomeración de núcleos ligeros para formar uno más pesado.

La segunda forma de reacciones nucleares, la de fusión, es la que corresponde a la forma de energía más difundida en el universo, pues diversos núcleos de átomos se fusionan permaneciendo en el seno de las estrellas. Para que se realice esta fusión de dos núcleos ligeros en uno más pesado es necesario vencer su repulsión electrostática - producto de su composición nuclear- y ponerlos en relación o contacto, uno con otro. Teóricamente estos dos núcleos ligeros debieran juntarse formando, durante un brevísimo período, un único núcleo que

35) La estructura del átomo puede ser modificada de dos formas: por el cambio en el número de sus partículas -desintegración-; o por una pérdida de electrones; ambas dejan al átomo estable o excitado, pero siempre se emiten radiaciones: partículas alfa (núcleos de Helio - $2\text{He}4-$ ); partículas beta (electrones positivos o negativos); neutrones; "cuantitas" de energía o fotones, es decir, rayos gamma de penetración mayor a las partículas alfa y beta; o rayos X que al igual que los gamma son de naturaleza electromagnética pero que poseen diferente longitud de onda y frecuencia, además de ser más propios de núcleos pesados.

nuevamente tiende a descomponerse en núcleos distintos, incluso diferentes a los que lo originaron. Actualmente se realizan estudios y experimentos importantes para desarrollar técnica y comercialmente la utilización de la fusión; estos estudios se han concentrado en la intervención del hidrógeno y sus isótopos<sup>36</sup>-deuterio y tritio-y del Helio. A diferencia de la fusión, la fisión -primera forma de reacciones nucleares antes indicada-, es la ruptura de núcleos pesados, como el uranio 235, bajo el impacto de un neutrón, en núcleos más pequeños, fenómeno que siempre se acompaña de un importante desprendimiento de energía -aproximadamente 200 millones de electron-volts<sup>37</sup> debido al incremento del déficit de masa; esta reacción se acompaña con el desprendimiento o la liberación de 2 o 3 neutrones y de productos radiactivos.

GRAFICA 3: REACCION NUCLEAR DE FISION



Esta gráfica representa el bombardeo del uranio 235 y la obtención, luego de la fisión, de dos neutrones, de energía, y de dos productos radiactivos: estroncio 94 y xenón 140. A su vez los neutrones liberados pueden provocar a su alrededor la fisión de otros núcleos y la liberación de más neutrones y así sucesivamente estableciéndose una

36) Los protones -su número- definen el número atómico de un elemento, que coincide con el número de electrones; la suma de protones y neutrones define la masa atómica. Átomos de un mismo elemento que difieren en su masa atómica se denominan ISOTOPOS y tienen diferentes propiedades físicas y nucleares.

37) Se trata de la unidad de medida de la energía de una partícula o una radiación. Un electrón-volt es la energía adquirida por un electrón acelerado en un campo eléctrico con un diferencial de potencia de 1 volt. Un millón de electron-volts tiene la siguiente equivalencia en término de joules: 1MeV=1.602 x 10<sup>-13</sup> joules.

reacción en cadena aunque, por otro lado, es posible que los neutrones sean absorbidos en el mismo uranio 238 o se evadan sin provocar más fisiones. Para que una reacción en cadena se establezca es necesario, pues, reunir en un mismo volumen una masa suficiente de núcleos fisiles, llamada MASA CRITICA, con el fin de que el número de neutrones productivos es decir, susceptibles de provocar fisiones, sea superior al de neutrones improductivos que se absorben o se evaden. Luego de su fisión el núcleo estalla, los fragmentos son frenados por el contacto con los núcleos cercanos y se produce una agitación que genera un gran calentamiento del material fisil, siendo esta reacción, precisamente, la base de la operación de las centrales nucleares de potencia, generadoras de electricidad<sup>38</sup>.

Precisamente por estos notables descubrimientos y en el marco de un extraordinario desarrollo científico-tecnológico, el uranio, recurso no renovable como el crudo, el gas y el carbón, se ha convertido en un mineral sumamente apreciado, con gran importancia económica y política dados sus usos como combustible para generar electricidad y sus aplicaciones bélicas.

En cuanto a las reservas mundiales de uranio, es posible reconocer cuatro categorías principales, establecidas en base a la relación de la viabilidad económica de su recuperación y la certeza geológica de su existencia, de manera muy similar a la establecida para el caso de las otras fuentes de energía primaria. Respecto a lo primero, viabilidad económica- identificada en el caso del uranio por el costo de explotación, se reconocen tres rangos: costos inferiores a los

38) La primera fisión del átomo fué efectuada en 1938 por O.Hahn y F.Strassmann en Copenhague, en el laboratorio de Niels Bohr. Y el primer reactor (pila nuclear) funcionó en la Universidad de Chicago el 2 de diciembre de 1942. En cuanto a la bomba atómica hemos de notar que se trata de una masa crítica en la que la reacción en cadena se propaga tan rápidamente que conduce a una reacción explosiva que comporta una energía muy grande. La primera explosión -16 julio 1945 en el desierto de Nuevo México- equivalió a 28 mil Tons, de TNT.

80.00US Dlls. por kilogramo;costos entre 80 y 130 US Dlls; y costos superiores a los 130 Us Dlls, pero inferiores a los 260 US Dlls. Y en cuanto a su certeza geológica,se reconocen cuatro categorías:1) Recursos Razonablemente Asegurados (RAR);2)Recursos adicionales estimados-categoría I (EAR-I);3)Recursos adicionales estimados-categoría II (EAR-II);4)Recursos especulativos (SR)<sup>39</sup>.

Los recursos razonablemente asegurados se refieren al uranio de minerales conocidos:tamaño,ley, configuración,etc.,y que pueden ser recuperados en los rangos de costos señalados y con la tecnología actualmente disponible.Los recursos adicionales estimados -categoría I hacen referencia al uranio que se deduce en base a estimaciones geológicas directas y evidentes, de acuerdo a exploraciones realizadas y a depósitos conocidos pero cuyos recursos no han sido incluidos en un nivel de seguridad razonable; la estimación de su ley, configuración y magnitud se fundamenta en métodos de muestreo directo. Los recursos adicionales estimados-categoría II incluyen el uranio de depósitos cuya existencia se infiere en áreas de configuración geológica bien definida en las que, incluso, ya se conocen algunos depósitos;y la estimación de su magnitud, ley y configuración se basa en el conocimiento adquirido de dichas áreas geológicas. Finalmente los recursos especulativos se integran con el uranio que se supone existe en base a evidencias indirectas y técnicas geológicas que fundamenta, exclusivamente, ciertas especulaciones.

<sup>39</sup>Esta clasificación es la utilizada por el Organismo Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency) y por la Nuclear Energy Agency de la OECD.

CUADRO 9: RESERVAS MUNDIALES DE URANIO\*

(miles de toneladas)

<u>Tipo</u>	<u>C 80 Dlls/Kgm</u>	<u>C 130 Dlls/Kgm</u>
Razonablemente Asegurados (RAR)	1,470	2,045
Adicionales Estimados (EAR-I)	900	1,200
<u>Subtotal RAR+EAR-I</u>	<u>2,370</u>	<u>3,245</u>
Adicionales Estimados (EAR-II)	510	1,136
Recursos Especulativos (SR)	n.d.	12,100
<u>Subtotal EAR-II+SR</u>	<u>510</u>	<u>13,236</u>
<u>TOTAL</u>	<u>2,880</u>	<u>16,481</u>

FUENTE: Elaboración propia con datos de OECD, Uranium: Resources, Production and Demand, Paris 1983.

Nota: los costos menores a 80 Dlls/Kgm se presentan también en su equivalente en dólares por libra: 30 Dlls/lb; similarmente los de 130 Dlls/Kgm se presentan como 50 Dll/lb.

\*) Sólo se incluyen los países de WOCA (no están centralmente planificados).<sup>40</sup>

En cuanto a los países poseedores de uranio, y considerando exclusivamente los recursos razonablemente asegurados, sobresalen los Estados Unidos con un 26.4% de las reservas mundiales y Sudáfrica, Australia y Canadá con 15.5%, 13.8% y 11.2% respectivamente, por lo que se reconoce que simplemente estos cuatro países poseen casi las dos terceras partes de las reservas de uranio con costos de recuperación menores a los 130 Dlls. por Kilogramo (67%).

<sup>40</sup> Se estima que los países socialistas tienen entre 450 y 500 mil toneladas de reservas (RAR), contando la Unión Soviética con 160 mil toneladas al igual que China, y Alemania Democrática 25 mil, Checoslovaquia 25 mil y Rumania 20 mil toneladas. Cfr. WORLD ENERGY CONFERENCE, Survey of Energy Resources, 1980.

CUADRO 10: RECURSOS DE URANIO (RAR)

(principales países)

<u>País</u>	<u>Toneladas</u> <u>(miles)</u>	<u>Porcentaje</u>
<u>TOTAL</u>	<u>2,045.0</u>	<u>100.0%</u>
Estados Unidos	605.0	26.4%
Sudáfrica	356.0	15.5%
Australia	317.0	13.8%
Canadá	258.0	11.2%
Nigeria	160.0	7.0%
Namibia	135.0	5.9%
Brasil	119.1	5.2%
Francia	74.9	3.3%
Suecia	38.0	1.7%
India	32.0	1.4%
Argentina	30.3	1.3%
Argelia	26.0	1.1%

FUENTE: Elaboración propia con datos de OECD, Uranium: resources, Production and Demand, Paris 1983.

En cuanto a la producción de uranio, puede señalarse que esta resulta significativa a partir de 1955, experimentando un notable crecimiento en el quinquenio 1955-1959, luego del cual se vio sometida a una fuerte caída que solamente hasta 1966-1967 se mejoró, elevándose sustancialmente a partir de 1975 y 1976, aunque recientemente ha experimentado nuevamente una desaceleración, íntimamente ligada a los bajísimos cumplimientos de las proyecciones que en cuanto a capacidad nucleoelectrónica mundial se preveían para estos años<sup>41</sup>.

41) Las estimaciones más conservadoras señalaron en 1971 que para el año de 1990 el mundo contaría con 1350 GWe instalados, y en 1974 rehicieron su proyección, indicando que en 1990 se encontrarían instalados 1600 GWe en el mundo. Pero la evolución de la industria nuclear -que más adelante consideraremos en detalle- han situado las previsiones para 1990 en un 77% menos de lo proyectado, es decir, 530 GWe. Simplemente hay que considerar que actualmente se cuenta apenas con unos 200 GWe, incluyendo los países socialistas.

Y salvo los dos últimos años en que Sudáfrica ha tenido la producción más grande del mundo, los Estados Unidos han mantenido el liderazgo productivo del uranio los últimos quince años, apenas seguido por la misma Sudáfrica y por Canadá.

CUADRO 11: PRODUCCION MUNDIAL DE URANIO\*  
(miles de toneladas)

	<u>1970</u>	<u>1973</u>	<u>1975</u>	<u>1978</u>	<u>1980</u>	<u>1983</u>
TOTAL	18.3	19.8	19.1	33.9	44.0	38.6
Estados Unidos	9.9	10.2	8.9	14.2	16.8	7.3
Sudáfrica	3.2	2.7	2.5	6.7	10.2	9.6
Canadá	3.2	3.7	3.5	6.8	7.2	7.5
Nigeria	-	1.0	1.3	2.1	4.1	4.3
Australia	0.3	-	-	0.5	1.6	3.9
Francia	1.1	1.6	1.7	2.2	2.6	3.3
Gabón	0.4	0.4	0.8	1.0	1.0	1.0

FUENTE:Elaboración propia con datos de ONU, Energy Statistics Yearbook, diversos años.

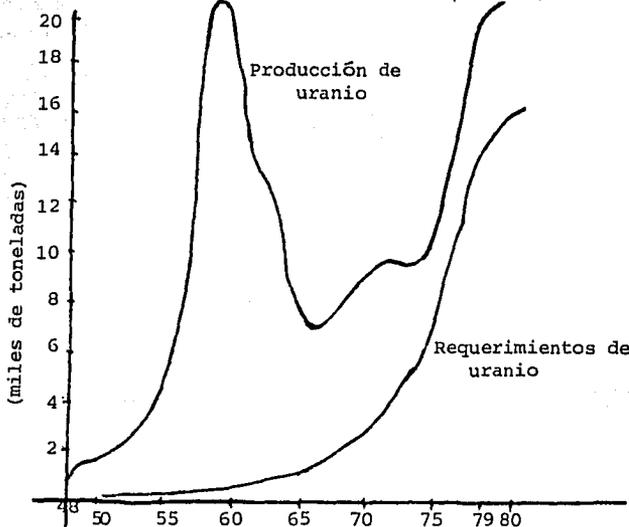
\*) Para algunos años la misma ONU ofrece cifras diversas; en estos casos se tomó la cifra de la publicación más reciente.

Las variaciones en la producción del uranio pueden explicarse en virtud de cierta promoción inicial que realizaron, entre 1954 y 1960 los "promotores" de la energía nuclear, que con garantías, primas, incentivos y préstamos, impulsaron la producción, claramente con sesgos militaristas; es el caso de Canadá, Australia, Francia, Sudáfrica y los mismos Estados Unidos. Pero una vez que decayó en cierto sentido el ánimo de proliferación, la industria del uranio se ha visto fuertemente protegida y apoyada, llegándose a una acumulación importante de ura-

nio a partir de 1965, llegándose en ciertos momentos a situaciones de sobreproducción muy grande que aumentó notablemente los inventarios<sup>42</sup>.

La evolución histórica de la producción y el consumo de uranio indica una tendencia permanente a la sobreproducción, que se ha agudizado tanto por el estancamiento de la nucleoelectricidad a nivel mundial, como por la continua expansión de recursos uraníferos mundiales, lo que hace pensar en una evolución débil del mercado del uranio, es decir, un mercado de compradores, como se dice comunmente.

GRAFICA 4: PRODUCCION Y REQUERIMIENTOS MUNDIALES DE URANIO  
(Mundo no socialista; excluyendo E.U)



FUENTE: Neff T. y Jacoby H, EL MERCADO INTERNACIONAL DEL URANIO, en Energéticos, Boletín del sector energético, año 5, no. 2, febrero 1981

42) En los Estados Unidos se llegó a tener un inventario de 100 mil toneladas a fines de los sesenta y una cantidad similar se estima para Australia, Canadá, el Reino Unido y Sudáfrica en conjunto. Además, analizando los requerimientos de las plantas de enriquecimiento de uranio, se reconoce una oferta muy superior. Por ejemplo en 1974 los requerimientos de los reactores que se encontraban en operación eran menores que la mitad de la producción de ese año, que fué de aproximadamente 20 mil toneladas. Cfr. Neff y Jacoby Op. Cit., y OECD, Libro Rojo (Recursos de Uranio), diversos años.

Finalmente, en cuanto a la comercialización internacional de los concentrados de uranio, ha de notarse un comportamiento marginal en la factura energética. Por ejemplo para los años de 1970, 1975, 1980 y 1982, en que la comercialización mundial de energéticos representó, respectivamente, 24 mil, 132 mil, 371 mil y 329 mil millones de dólares, los concentrados de uranio representaron, también respectivamente, 11, 69, 64 y 147 millones de dólares. Ha de notarse, sin embargo, que a partir de 1978 aumentó el monto de la comercialización mundial de uranio, aunque los precios tendieron a caer drásticamente: de alrededor de 45 dólares por libra en 1978 a aproximadamente 28 dólares en 1981, lo que muestra, al observar que simultáneamente ha disminuido la producción en algunos países, una preferencia por la compra de uranio por sobre la explotación propia; evidentemente es el caso de Estados Unidos, Canadá y Francia, que pese a tener un volumen importante de reservas, han aumentado sus importaciones de uranio los últimos años, aunque Francia recientemente las ha disminuido drásticamente.

Por todos los problemas y circunstancias que experimenta en estos momentos la industria nuclear, se prevee que el abastecimiento real de uranio para los próximos veinte años será sustancialmente menor a cualquier estimación, pues las circunstancias comerciales y políticas; la situación en cuanto a recursos humanos y equipos; los problemas ambientales y de reglamentación nuclear; entre otros, no permiten contemplar una recuperación en el corto plazo de la utilización, producción y comercialización de este energético<sup>43</sup>.

43) Es de esperarse que el mercado de uranio será débil en los próximos años, pues la capacidad planeada no permite esperar cambios sustanciales. Incluso se experimenta una tasa negativa por las cancelaciones de reactores nucleares. Los precios, previsiblemente, seguirán siendo bajos -más aún por la tendencia de los hidrocarburos-, y de haber una recuperación, los plazos de construcción de los proyectos nucleares permitirán que en esta industria no se presente algún fenómeno inesperado.

## 2.5 ENERGIA GEOTERMICA

Dentro de los recursos geotérmicos se incluyen todos los depósitos subterráneos de vapor, agua caliente o calor extraído de rocas con altas temperaturas, cuyo origen se atribuye, por lo general, al decaimiento natural que se va produciendo en los elementos radiactivos, principalmente el uranio, el torio y el potasio concentrados en las rocas, básicamente en las llamadas graníticas y que por la temperatura y la presión a grandes profundidades en la litósfera, se funden constituyendo grandes cámaras de magma, de las cuales la más fluida de ellas asciende a la superficie terrestre a través de las fisuras que tienen las rocas cristalizadas, hasta encontrar capas de rocas porósicas -areniscas- con las cuales se mezcla formando los depósitos subterráneos.

Eventualmente el fluido es expulsado a la atmósfera formando las fumarolas o géiseres; en otras ocasiones el agua no se expulsa y se encuentra aprisionada en el subsuelo dando origen a los campos de vapor seco.

Los estudios geológicos y geofísicos han demostrado que en la medida en que se incrementa la profundidad en la tierra, la temperatura aumenta. El gradiente normal de temperatura es del orden de 25oC. por kilómetro de profundidad, lo que supone que un pozo profundo de 1,000 metros tendrá, normalmente, una temperatura de 40oC., si se considera que la temperatura ambiente es del orden de 15oC. Pero existen configuraciones geológicas en las que la temperatura se eleva por encima

del gradiente normal, hasta 10C/mtr., permitiendo la producción de campos geotérmicos en los que se pueden alcanzar temperaturas del orden de 1,200oC. Se trata, ordinariamente, de campos situados en regiones volcánicas recientes o en zonas donde la corteza terrestre es bastante delgada o, finalmente, se trata de regiones ubicadas en los límites de los llamados bloques tectónicos<sup>44</sup>.

Es posible dividir los recursos geotérmicos en cuatro tipos: 1) Depósitos subterráneos con líquido dominante, caracterizados porque la cavidad porosa que los contiene se encuentra llena de agua -o de una solución con agua salada-, que circula por convección al transferir la energía calorífica de la roca madre subyacente. Se trata de depósitos en los que la temperatura varía de los 150C a los 360C; 2) depósitos subterráneos con vapor dominante, caracterizados por un vapor saturado que es base del fluido continuo en la mayoría de los espacios porosos y que alcanzan temperaturas de 200oC a 250oC; 3) depósitos pretotérmicos, caracterizados por la existencia de rocas secas calientes situadas a grandes profundidades y cuyo calor puede ser recuperado haciendo circular el agua; 4) finalmente, depósitos geopresurizados localizados en estratos sedimentarios profundos, donde la compactación ha tenido lugar a través de varios períodos geológicos y donde se han formado sellos efectivos a través de los cuales sale el agua con altas temperaturas y con una altísima presión. Estos últimos conforman sistemas en los que la temperatura alcanza hasta 240oC y presiones de hasta 770 kg/cm<sup>2</sup>.

---

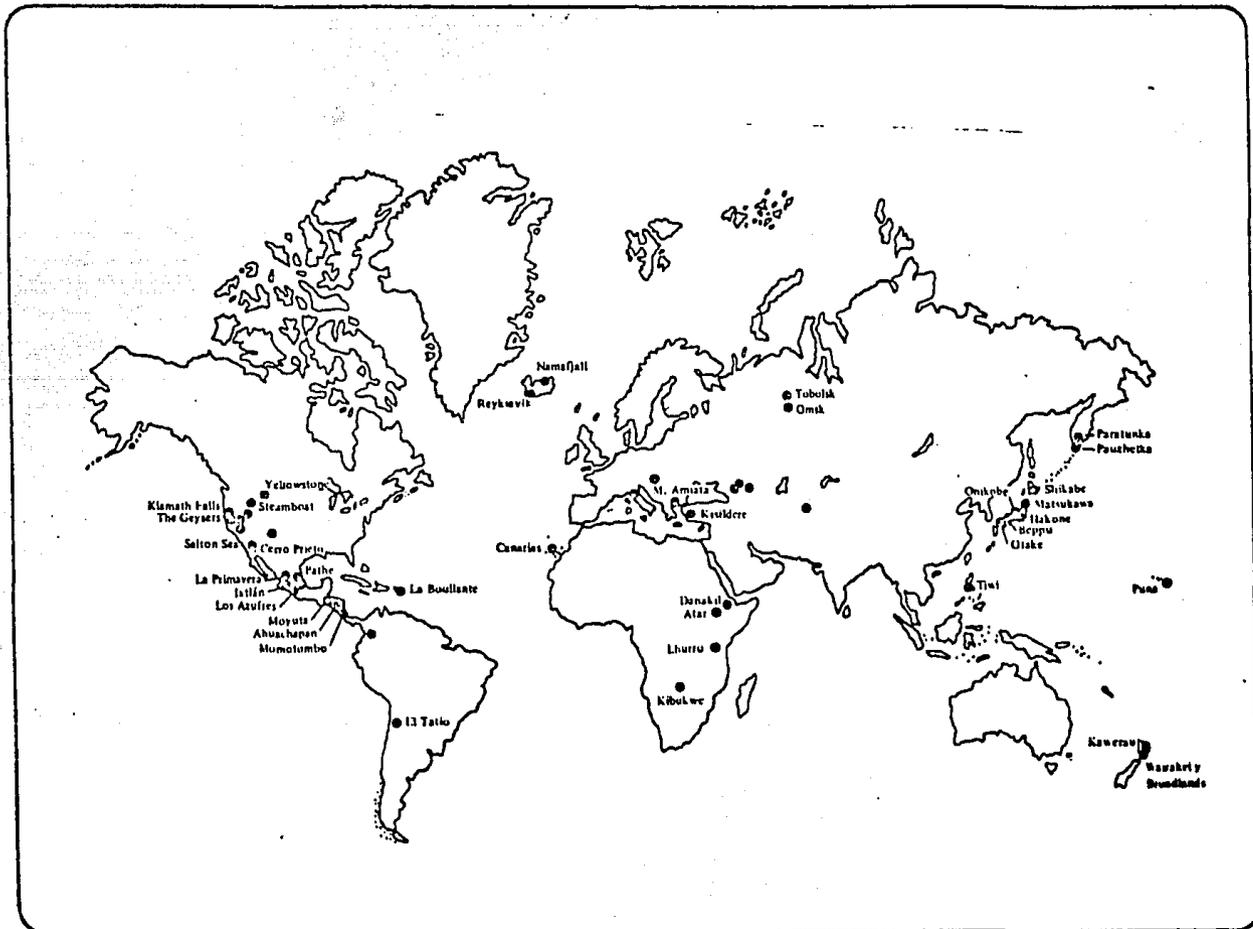
44) Precisamente la teoría de la tectónica de placas muestra cómo se va distribuyendo el valor de los flujos caloríficos en la superficie terrestre, distribución que guarda estrechísima relación con la configuración del subsuelo que permite la circulación o el almacenamiento del flujo calorífico, en ocasiones líquido y en ocasiones gaseoso. Para estas características técnicas y la calcificación de los recursos geotérmicos véanse diversos reportes técnicos de la Conferencia Mundial de Energía (WEC) de diversos años, OIEA, Energy and Nuclear Power, Op.Cit. y Gaffert Op.Cit, de donde se han extraído las principales características técnicas aquí mencionadas.

Teóricamente los recursos geotérmicos mundiales se estiman en 30 millones de MW eléctricos equivalentes, sobre la base, teórica también, del calor almacenado en la tierra a una profundidad inferior a 2 kilómetros. Sin embargo los recursos realmente disponibles, dependientes tanto de la tecnología como de la disposición geofísica efectiva<sup>45</sup>, es decir su conversión en un sistema geotermoeléctrico productivo, dada la tecnología existente, se considera del orden de 17 mil MWe, aunque la utilización de recursos geotérmicos en usos no eléctricos: calefacción y calor industrial se estima en una cantidad de calor tres veces mayor. Para caracterizar con más detalle los recursos geotérmicos se utilizan siete variables principales: 1) temperatura; 2) fluido del depósito geotérmico; 3) entalpía, es decir, las características que proporciona la energía interna del depósito geotérmico, con presión constante, medidas en caloría por gramo; 4) profundidad media del depósito; 5) salinidad del fluido; 6) flujo másico, evaluado en kilogramos de vapor por hora; 7) finalmente, porcentaje de gases no condensables. Precisamente en función de estas siete características y de la ubicación del depósito se establece el nivel de recuperación de la energía geotérmica.

Aproximadamente diecisiete países registran recursos geotérmicos: Italia, Nueva Zelanda, la Unión Soviética, Japón, Indonesia, Uganda, República del Congo, Argelia, Islas Azores, Islandia, Estados Unidos, México, Nicaragua, El Salvador, Isla de Santa Lucía, Argentina y Chile, muchos de ellos con yacimientos volcánicos.

45) "La distribución de los valores del flujo calorífico en la superficie terrestre se encuentra estrechamente enlazada a los fenómenos descritos en la teoría de la tectónica de placas, por lo que la mayoría de las anomalías térmicas superficiales y, en consecuencia, las áreas geotérmicas explotables se localizan en correspondencia a zonas de subducción y expansión. Sin embargo, es posible encontrar campos geotérmicos en zonas intraplacas con valores de flujo calorífico superficial normal o ligeramente alto, pero por lo general con producciones difíciles de aprovechar en la creación de electricidad a causa de la baja entalpía de los fluidos", Flores Ruiz, Hernán., TEORIA DEL POTENCIAL APLICADA A EXPLORACION GEOTERMICA", Reporte ININ-PN, Mayo 1984.

GRAFICA 5: LOCALIZACION DE CAMPOS GEOTERMICOS EN EL MUNDO



FUENTE: Jensen, James T., EL GAS NATURAL EN EL MUNDO, en Energéticos, año 6, n10, oct 1982

En perspectiva se considera optimista la utilización de los recursos geotérmicos, considerándose que un desarrollo tecnológico mayor en este ámbito permitirá aumentar considerablemente los recursos técnica y económicamente recuperables. Ciertas investigaciones se concentran en el desarrollo tecnológico para la explotación de los depósitos pretotérmicos (rocas calientes), los geospresurizados (sedimentarios profundos) y, finalmente de las zonas o cámaras magmáticas que son estructuras subterráneas de rocas fundidas con rangos de temperatura que oscilan entre 700°C y 1,200°C y muchas veces ubicadas a 10 kilómetros de profundidad. Sin embargo estos desarrollos no se espera fructifiquen antes del año 2,000 a partir del cual, entonces sí, se espera una creciente participación de la geotermia en la generación de electricidad, que hoy solamente representa, aproximadamente, 2500 MW eléctricos instalados.

## 2.6 ENERGIA HIDRAULICA

Se denomina energía hidráulica o hidroenergía a aquella que puede ser obtenida de transformar la energía cinética de los flujos hidráulicos en energía mecánica y ésta, a su vez, en energía eléctrica. Ordinariamente se trata de cauces y cuencas acuíferas que se explotan mediante represas que canalizan el agua hacia grandes ductos o canales dirigidos a equipos mecánicos que movilizan turbinas y dinamos capaces de producir electricidad.

Obviamente la energía hidráulica es un recurso renovable cuyo potencial puede llegar a considerarse relativamente constante y continuamente utilizable, solo dependiendo de los ciclos pluviales.

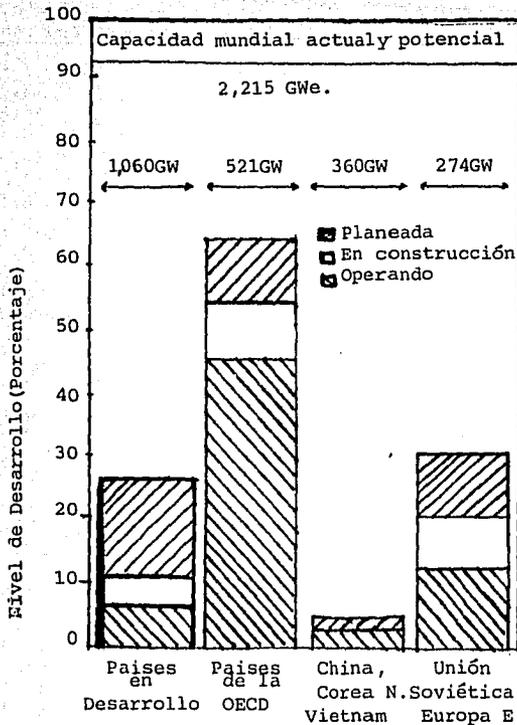
Así el potencial teórico de una cuenca acuifera o hidráulica depende de la precipitación que recibe el área de la cuenca, de la cantidad de agua que se conserva sobre la superficie, de los flujos realmente o potencialmente recuperables o utilizables durante el transcurso de la cuenca hacia el mar.

Por lo general los desarrollos hidroeléctricos son parte de un sistema hidráulico de usos diversos: irrigación, potabilización, navegación, etc., en virtud de eso su estimación supera con mucho las meras aplicaciones energéticas, por lo que el análisis de las condiciones económicas de recuperación de una cuenca hidráulica experimenta modificaciones respecto a otros energéticos.

Mundialmente se reconoce una capacidad hidroeléctrica instalada del orden de los 380 mil Mw eléctricos, contándose además con cerca de 100 mil Mwe en construcción y 250 mil planeados, lo que expresa un futuro promisorio para este recurso energético. La distribución actual del potencial hidráulico es la siguiente: 1) países de la OECD 24%; 2) Economía de Planificación Central 28%; 3) Países en desarrollo 48%. Sin embargo, conviene hacer notar una estimación de la Conferencia Mundial de Energía (WEC), según la cual el potencial aprovechado actualmente en los países de la OECD es del orden del 48%, mientras que en los países en desarrollo es, apenas de un 7%, lo que muestra la notable importancia de este recurso<sup>46</sup>.

46) Cfr. OIEA, Energy and Nuclear Power... Op. Cit; WEC, Hydraulic Resources, diversos años.

**GRAFICA 6:CAPACIDAD HIDROELECTRICA INSTALADA E INSTALABLE**



FUENTE: IAEA ,Energy and Nuclear Power Planning..., Op.Cit.

En 1973 la participación de la hidroelectricidad en el consumo mundial de energía primaria fué de un 6.8%, similar a la participación en 1982:6.6%, que representan, aproximadamente un consumo equivalente a 3,306 y 3,440 millones de barriles al año respectivamente, es decir 9.1 y 9.4 millones de barriles de petróleo equivalentes.

En términos del potencial<sup>47</sup> por países los recursos serían los siguientes:

47) Sorprende verdaderamente la capacidad de algunos proyectos hidroeléctricos, como el de Iatupú (Conjunto de Brasil y Paraguay) de 12,870 MWe actuales (21,500 potenciales); Grand Coulee (USA) 6,480 MWe actuales (10,230 MWe potenciales); Sayan (URSS) de 6,360 MWe; Krasnoyarsk (URSS) de 6,000 MWe; Cataratas Churchill (Canadá) de 5,225 MWe; Cabora-Bassa en Mozambique de 2,040 MWe y, finalmente, Iron Gates, proyecto conjunto de Rumania y Yugoslavia de 2,000 MWe de capacidad instalada. Cfr. OIEA, Energy and... Op.Cit.

CUADRO 12: POTENCIAL HIDROELECTRICO POR PAISES

País	1.Potencial*	2.Potencial	Relación Porcentual (1/2)
	Utilizado TW h	Utilizable TW h	
República Popular China	35.0	1,320.0	2.6%
Unión Soviética	132.0	1,090.0	12.0%
Estados Unidos	304.0	701.5	44.0%
Zaire	3.9	660.0	0.6%
Canadá	210.0	535.2	39.0%
Brasil	67.0	519.3	13.0%
Malasia	1.2	320.0	0.4%
Colombia	8.2	300.0	2.7%
India	27.4	280.0	9.8%
Birmania	0.4	225.0	0.2%
Vietnam y Laos	0.4	192.0	0.2%
Argentina	4.8	191.0	2.5%
Indonesia	1.6	150.0	1.0%
Japón	82.3	130.0	63.5%
Ecuador	0.4	126.0	0.3%
Nueva Guinea	0.2	121.7	0.8%
Noruega	76.5	121.0	63.2%
Camerún	1.1	114.8	0.9%
Perú	5.6	109.2	5.1%
Pakistán	4.9	105.0	4.6%
Suecia	57.3	100.3	57.1%
México*	16.9	99.4	17.0%
Venezuela	7.3	98.0	7.4%
Chile	6.0	88.6	6.8%
Gabón	0.0	87.6	0.0%
España	30.7	67.5	45.5%
Francia	56.8	65.0	87.4%
Yugoeslavia	20.7	63.6	32.5%
Subtotal	1,162.3	7,986.7	14.5%
OTROS PAISES	264.2	1,815.7	14.5%
TOTAL MUNDIAL	1,426.5	9,802.4	14.5%

FUENTE:IAEA,Energy and Nuclear Power Planning in Developing Countries,Viena,1985

\*)Potencial utilizado en 1974. Actualmente, como ya se ha mencionado, se tienen 380 mil Mwe aproximadamente, lo que eleva la relación 14.5% a un 19.6%, considerando que, en datos de 1984, se consumieron 480 millones de toneladas equivalentes de petróleo bajo la forma de hidroelectricidad y que un millón de toneladas equivalentes de petróleo representa 4 TW h de energía eléctrica, por lo que en 1984 se produjeron 1920 TW h. Se trata, por lo demás, de una cifra muy próxima a la estimación que la Conferencia Mundial de Energía formuló en 1976 para 1984, alrededor de 2,000 TW h.

Respecto al desarrollo futuro de la hidroelectricidad, diversas estimaciones consideran un desarrollo hidroeléctrico más extendido, aunque se reconocen las limitaciones a las que dicho desarrollo puede en-

frentarse: 1) problemas tecnológicos, sobretodo de transferencia para los países en vías de desarrollo; 2) problemas jurídico-legales, ligados al manejo de las propiedades en que se ubican las cuencas hidráulicas; 3) problemas y restricciones financieras; 4) finalmente, problemas políticos, relacionados con los desacuerdos existentes respecto a la importancia o prioridad de esta fuente de generación de energía.

## 2.7 RECURSOS ENERGETICOS CONVENCIONALES(consideración final)

Precisamente los recursos que hasta el momento se han mencionado constituyen el conjunto denominado "energéticos convencionales", que actualmente se explotan técnica y comercialmente, a diferencia de los llamados "no convencionales" cuya explotación no está plenamente probada técnica o comercialmente o es aún absolutamente marginal. Respecto a los energéticos convencionales y considerando exclusivamente las reservas probadas, que para el caso de los recursos uraníferos se identifican con los recursos razonablemente asegurados (RAR), el carbón mineral es el principal recurso, seguido de los hidrocarburos y del uranio, correspondiendo a los recursos hidráulicos y geotérmicos la participación más limitada desde un punto de vista meramente cuantitativos.

Una clasificación tradicional divide estos recursos en renovables y no renovables, división que si bien alude efectivamente a un fenómeno natural ligado a las características y disponibilidades de los diversos recursos, ha impedido construir una evaluación teórica más detallada respecto a los combustibles y energéticos mundiales en la

medida que se ha sobrevalorado la "no renovabilidad" como criterio de estimación de cada recurso, desechando otros criterios que necesariamente reevaluarían políticamente el sentido, la operatividad y la eficacia de cada energético. El carácter renovable o no de los energéticos se ha sobrevalorado porque tecnológicamente ha sido relevante, es decir, porque aún no se han desarrollado a plenitud tecnologías energéticas que relativicen en definitiva dicha renovabilidad, y que conviertan el ámbito energético en una esfera prácticamente sin "atractivo" comercial. Este fenómeno se encuentra ligado al carácter social de los energéticos, al hecho de que son valiosos, como hemos dicho al principio, y que tienen como propiedad más deseable, su intercambiabilidad. En el momento en que los desarrollos tecnológicos pongan en segundo plano el hecho de ser o no ser renovables, la intercambiabilidad de los energéticos, su valor y, en consecuencia su magnitud de valor y su precio se verán severamente afectados.

Algo similar ocurrirá con la "convencionalidad" de los recursos. De similar manera esta caracterización quedará reactivada con el desarrollo tecnológico, pues es previsible que en el mediano plazo - unos veinte años, mínimo, estiman los especialistas- los recursos solares, los recursos eólicos, la biomasa, la energía de los mares, entre otros elementos que enseguida consideraremos más brevemente, formarán parte importante de los balances energéticos de esta sociedad.

CUADRO 13: RECURSOS ENERGETICOS MUNDIALES 1984  
(reservas probadas)

<u>FUENTE DE ENERGIA</u>	<u>RESERVAS</u>		<u>PARTICIPACION</u>
	Monto	Quads*	
HIDROCARBUROS		<u>8,717.5</u>	<u>32.2%</u>
Petróleo y líquidos de gas	687,000 MB	3,984.4	14.7%
Gas Natural	2,956x10 <sup>12</sup> p <sup>3</sup>	2,819.2	10.4%
Esquistos y Arenas	330,000 MB	1,913.9	7.1%
CARBON	662,932 MT	<u>17,286.9</u>	<u>63.7%</u>
URANIO	2,045 mT	<u>1,045.0</u>	<u>3.8%</u>
RECURSOS GEOTERMICOS	4.415 TWh	<u>30.1</u>	<u>0.1%</u>
RECURSOS HIDRAULICOS	9,802 TWh	<u>66.8</u>	<u>0.2%</u>
<b>TOTAL</b>		<u><u>27,146.3</u></u>	<u><u>100.0%</u></u>

FUENTE:Elaboración en base a los cuadros correspondientes a cada recurso.

\*1 QUAD = 10<sup>15</sup> BTU ; 1kWh=3412 BTU; 1 BTU= 0.252 kcal.

Según las anteriores clasificaciones u equivalencias, un millón de barriles equivalentes de petróleo al día, representa 620 TWh de energía eléctrica, con un equivalente calorífico de 2.1x10<sup>15</sup> BTU/año que equivale, a su vez a 2.1 QUADS/año.

OTRAS EQUIVALENCIAS:

1,000 Millones de Barriles de Petróleo equivalente (MB)= 5.7997 QUADS

1,000 Millones de Toneladas de Carbón equivalente (MT)= 26.0764 QUADS

1 Millón de Toneladas de Uranio(U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>) equivalente (MT)=511.1002 QUADS

## 2.8 RECURSOS ENERGETICOS NO CONVENCIONALES\*

Se denominan energéticos no convencionales a aquellas fuentes que aún se encuentran en etapas de prueba técnica o comercial y cuya contribución energética es marginal todavía. Los recursos solares; los recursos eólicos; la biomasa; la energía maremotriz; la energía de la conversión térmica de mares; la leña; e, incluso, la misma tracción animal o humana, conforman el conjunto de energéticos no convencionales.

### 2.8.1 RECURSOS SOLARES

Como se comenta en diversas ocasiones, el sol es un gran reactor nuclear que produce calor e iluminación merced a la fusión<sup>48</sup> de átomos de hidrógeno que se transforman en átomos de helio. Ahora bien las radiaciones solares pueden ser directas o difusas; las primeras son aquellas que se reciben en los tiempos soleados y las segundas aquellas que pasan filtradas por las nubes. Y tres son los principios básicos que permiten la conversión de estas radiaciones en energía útil: 1) el principio de los invernaderos en los que se combina la capacidad de absorción de calor que tiene el color negro con la capacidad del vidrio de permitir el paso de la luz almacenando el calor; 2) el principio de concentración de la energía solar según el cual las radiaciones recibidas en una superficie determinada pueden concentrarse en otra superficie menor; 3) el efecto fotovoltaico, surgido de la capacidad de ciertos materiales semiconductores para producir energía eléctrica en tanto está expuesto a las radiaciones solares.

48) Ver Parte 2.4 páginas 46 y 47

\*) Los elementos técnicos básicos de este apartado se han consultado de las siguientes obras, principalmente: ENERGETICOS, Boletín informativo del sector energético, diversos números de diversos años; OIEA, Energy and Nuclear Power, Op. Cit., Programa Universitario de Energía de la UNAM, TECNOLOGIAS ENERGETICAS DEL FUTURO, México, Marzo de 1983; Barbet Philippe, LES ENERGIES NOUVELLES, La Decouvert/Maspero, Paris 1983.

Las tecnologías que se desarrollan para el aprovechamiento de la energía solar se clasifican en cinco categorías principales: 1) tecnología de sistemas pasivos, que involucra adecuaciones a edificios y construcciones para aprovechar la transferencia del calor solar como sistema de calefacción; 2) tecnología de sistemas con colectores fijos en los que se utilizan colectores planos con un fluido transmisor de calor; 3) tecnología de sistemas de colectores móviles, similares a los anteriores pero con movimiento para aprovechar las radiaciones difusas que son de naturaleza multidireccional; 4) tecnología de estanques solares, que son colectores en forma de pozo con agua salina para generar un gradiente importante de temperatura (50°C a 70°C); 5) finalmente, tecnología de sistemas fotovoltaicos, que se fundamenta, como antes se ha mencionado, en la utilización de semiconductores que por medio del efecto fotovoltaico convierten directamente la energía solar en energía eléctrica.

La utilización futura de la energía solar en forma masiva depende de la evolución de cinco factores principales: 1) ante todo, el problema de almacenamiento de grandes cantidades de energía; 2) el problema de la eficiencia de la conversión; 3) problema de la degradación de los elementos de los sistemas solares; 4) los problemas derivados del interfase y control de los sistemas de gran capacidad; 5) finalmente, el problema de costos de materiales y procesos de manufactura.

### 2.8.2 RECURSOS EOLICOS

Proveniente también de la energía solar, el viento es resultado de los diferentes niveles y grados de insolación de diferentes zonas y regiones de la tierra, que generan zonas de alta y baja presión atmosférica y el flujo de importantes corrientes de viento, que se concentran en ciertas regiones de modo tal que dicho flujo eólico (energía cinética del viento) puede ser una fuente importante de generación de energía mecánica y energía eléctrica. Para recuperar la energía cinética de los vientos se utilizan las aspas de molinos y, más recientemente, los denominados eolios. La energía producida siempre es proporcional al cubo de la velocidad (Ley de Betz) y al cuadrado del diámetro de las hélices del eolio o del molino; en virtud de esto las variaciones de la energía eólica de un lugar a otro involucran selecciones cuidadosas de los eolios. Los sitios para recuperación de energía eólica se seleccionan tratando de evitar todo obstáculo a la circulación del viento (vegetación, colinas, construcciones, etc.) pues afectan gravemente el rendimiento, más aún si se considera que la velocidad del viento es variable en el tiempo. Actualmente existen diversos tipos de eolio: 1) los eolios lentos, correspondientes a potencias bajas y tecnologías simples, utilizados generalmente para bombeo de agua; 2) los eolios rápidos, de tecnología más compleja, como los aerogeneradores de hélice doble o triple y los eolios llamados Darrieus. Dadas las condiciones actuales del desarrollo de los eolios, su utilización se clasifica en dos categorías: la utilización para producir energía descentralizada en sitios más o menos aislados y la utiliza-

ción para la producción de energía en redes eléctricas y en asociación con otros medios, precisamente por la inestabilidad de los vientos.

Respecto a esta última utilización, es posible reconocer hoy en día algunos aerogeneradores medianos y grandes con diámetros que fluctúan entre 15 y 100 metros y que son capaces de proporcionar potencias variables: de 100 Kw a varios MW. Se trata de generadores que actúan de frente al viento, bajo una turbina eléctrica alimentada por otros medios -carbón, combustóleo, etc.-

La promoción y difusión de esta fuente de energía se enfrenta a problemas similares a los de la energía solar: 1) existen aún problemas de costos importantes, ligados a los riesgos y fenómenos a que se expone un aerogenerador; 2) la obtención de rendimientos aceptables en relación a la utilización específica de los aerogeneradores. Se trata, sin embargo de una fuente que si bien puede ser limitada es sumamente prometedora.

### 2.8.3 BIOMASA

La biomasa ha sido definida como la materia vegetal o animal convertible en energía e incluye árboles, arbustos, otros tipos de vegetación leñosa y hierbas. Pero también incluye cultivos que son fuentes de energía, algas, plantas acuáticas y residuos agrícolas, forestales, sólidos e industriales, aguas de desecho y desechos humanos. Son bien conocidos los usos de la biomasa para generar energía, como la

conversión de residuos de la madera y de las operaciones agrícolas mediante combustión directa, para la producción de calor, vapor o electricidad. También se conoce, dentro de la biomas, la conversión de caña de azúcar y de granos, mediante fermentación, para producir combustibles a base de alcohol; igualmente se sabe de la conversión de abonos de origen animal mediante la biometanización para producir metano y anhídrido carbónico.-biogas-. Finalmente se sabe también de la conversión de residuos de madera y de la agricultura en combustibles líquidos y gaseosos mediante sistemas de conversión termoquímica y la producción de aceites vegetales utilizables como extensores del diesel.

Prácticamente la biomasa puede transformarse en energía útil mediante dos procedimientos básicos:1) la recuperación y valorización de desechos;2) el cultivo de plantas destinadas a producir energía. Dos son los procesos básicos de recuperación y valorización de desechos: 1)la valorización bioquímica de desechos húmedos; 2) la valorización termoquímica de materias secas. Y, a su vez, la valorización bioquímica contiene dos procesos básicos:a)la fermentación anaeróbica que incluye el proceso generador de biogas (metano) y la destilación de etanol; b)y la fermentación aeróbica,prácticamente utilizada para la generación de calor. Por su parte la valorización termoquímica incluye tres procesos elementales:a)la combustión simple;b) la pirólisis; c)la gasificación

La biomasa constituye una fuente muy accesible para aquellas zonas a las que la electricidad u otras formas tradicionales de energía no pueden llegar o cuya introducción es sumamente costosa.

Es, por lo demás, una fuente descentralizada por excelencia y su comercialización es realmente escasa aún, por su propia naturaleza: manejo de desechos y residuos. La energía producida por la biomasa es fácilmente adaptable, tiene limitaciones sociales mínimas y es ampliamente aceptable, aunque es preciso señalar que actualmente se utiliza con bajísima eficiencia, lo que representa todavía un desperdicio muy grande de recursos.

En perspectiva se prevé un uso más extensivo, principalmente a través del reciclaje de desechos domésticos, urbanos e industriales, mediante reactores de fermentación, principalmente, que puedan ser instalados, aunque, conviene indicarlo, difícilmente se podrá construir plantas muy grandes análogas a las grandes centrales termoeléctricas convencionales o a las centrales nucleoelectricas o carboeléctricas.

#### 2.8.4 ENERGIA DE MARES Y OCEANOS

Se incluyen en esta gran clasificación la energía de las mareas y de las olas y la energía de conversión térmica de los mares, aunque en ocasiones se habla también de la energía recuperable a partir de las corrientes y de los gradientes de salinidad marinos, por un lado, y de la biomasa marina, por otro.

Respecto a la energía de mareas existe una experiencia importante en Francia (La Rance) en donde hay una planta de 240MW y tiene una vida útil de 18 años, según se ha estimado. Aparte de esta planta, en la Unión Soviética hay una pequeña planta experimental de 400kW.

Según estimaciones diversas se considera que la energía de mareas representa un potencial de 30,000 TWh -tres veces el potencial hidráulico- cuyas capacidades específicas variarían de acuerdo a los lugares, a propósito de lo cual se han mencionado unos 50 sitios en el mundo que poseen condiciones favorables para minimizar las tareas de ingeniería y optimizar resultados. Pero en todos los casos se ha hablado de plantas de 1,000 MW, dado que plantas de poca potencia sería sumamente costosas, plantas que se asocian a mareas de 5 a 12 metros.

El futuro de esta fuente de generación depende tanto de la evolución de condiciones técnicas como de la evolución de los costos.

En cuanto a la energía de las olas, ellas misma efecto de la energía solar y del viento, se calcula un potencial eléctrico equivalente del orden de 10 millones de MWe. La tecnología está evolucionando rápidamente y se esperan resultados importantes en unos quince años. Esta fuente será más propia de lugares ubicados entre los paralelos 30oN y 30oS, zona en la que se encuentran los oleajes más importantes, a excepción de las costas de Africa Oeste que entre el ecuador y el paralelo de 20oS presentan oleajes de mucha fuerza y altura.

Por su parte la conversión térmica de los mares resulta de las diferentes temperaturas de la superficie y las profundidades marinas, que en algunas zonas en torno al Ecuador y entre los Trópicos de Cáncer y de Capricornio presenta temperaturas de 15oC a 25oC más fría en las aguas de 750m y 1,000m. Hay sistemas llamados de ciclo cerrado en que el calor de las aguas superficiales será utilizado para vaporizar amoníaco y accionar una turbina, amoníaco que será enfriado nuevamente por las aguas profundas. Otros sistemas, de ciclo abierto, consiste en pre-

sionar agua caliente dentro de un vaporizador para luego separar agua de la sal enviar el vapor a una turbina que acciona a su vez un generador, condensándose nuevamente el agua.

Cuando se habla del portencial del gradiente térmico de mares, se señala un centenar de naciones con acceso a esta fuente con un gradiente promedio de 20oC dentro de la zona marítima exclusiva; de esas naciones 62 son países en desarrollo. Y en cuanto al rango potencial de esta fuentes, se mencionan posibilidades de entre 10,000 y 100,000MWe. Actualmente se habla de que pequeñas plantas de 1 a 10 MWe son rentables, con pequeños generadores diesel, en el caso de islas remotas a las que es difícil proporcionar energía de sistemas continentales o en las que resulta excesivo la instalación de una central convencional.

#### 2.8.5 LEÑA

Actualmente clasificada entre energía no convencionales, la leña de hecho, representa una de las fuentes más importantes del mundo actual, después del petróleo, el carbón y el gas natural. Hay países, incluso, en los que el consumo de leña representa más de las dos terceras partes de su consumo energético global. Se trata de países con zonas rurales extensas y con una dispersión muy grande de la población en dichas zonas, razón por la cual no se han logrado instalar sistemas centralizados. En 1978 la leña representó un 5.4% en relación a la energía global producida en forma comercial, aunque este porcentaje, como hemos indicado, se eleva de manera importante para algunos países.

CUADRO 14: LA LEÑA EN EL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA 1978

	Leña Consumida (m <sup>3</sup> )	Energía Producida* (Mill.bpe)	Porcentaje respecto al total comercial
Mundo	1,566	2,601.0	5.4%
Mundo Desarrollado	145	240.1	0.7%
Mundo en Desarrollo	1,421	2,360.9	20.6%
Africa	353	586.3	57.9%
Asia	796	1,321.4	16.6%
América Latina	272	451.8	18.4%

FUENTE: Conferencia Mundial sobre Fuentes de Energía Nuevas y Renovables, Informes especiales preparatorios, Grupo Técnico Leña y Carbón Vegetal, agosto 1981.

\*Se supone que un metro cúbico de leña representa 9.4 Gigajoules y que un gigajoule equivale a 0.1767 barriles de petróleo.

Como se puede observar, al menos en Africa, durante 1978 la relación de la energía producida por la leña en relación a la energía comercial supera el 50%. Pero existen países, incluso no africanos donde esta relación es aún mayor.

CUADRO 15: PAISES CON ALTA PARTICIPACION DE LA LEÑA 1980

<u>País</u>	<u>Participación</u>	<u>País</u>	<u>Participación</u>
Afganistán	69%	Angola	70%
Benin	85%	Burma	77%
Burundi	79%	Camerún	72%
Africa Central	89%	Chad	96%
Congo	76%	Etiopía	89%
Gambia	78%	Guinea	71%
Haití	83%	Honduras	65%
Laos	81%	Madagascar	73%
Malawi	91%	Mali	98%
Nepal	96%	Niger	76%
Nigeria	72%	Rwanda	99%
Sudán	87%	Tanzania	92%
Uganda	78%	Alto Volta	89%

FUENTE: IAEA, Energy and Nuclear Power Planning., Op.Cit, Viena 1985

Precisamente por tratarse de una fuente de energía tan importante para muchos países, y reconociendo que la eficiencia de utilización es bajísima, la Conferencia Mundial de Fuentes de Energía Nuevas y Renovables celebrada en Nairobi en 1981, formuló cinco recomendaciones ligadas a una grave consideración ahí señalada, la creciente disminución de los recursos forestales en el mundo y el abuso en la tala de árboles; las recomendaciones son las siguientes: 1) Intensificar la producción de recursos de madera; 2) Creación y fortalecimiento de nuevos recursos forestales; 3) Fortalecimiento del pre-procesado de la leña para obtener mayor eficiencia y durabilidad en la combustión; 4) Organización de la distribución de la leña y adecuación de los instrumentos para transportarla; 5) Desarrollo y profundización de la introducción de estufas de leña para favorecer una explotación más eficiente e, incluso, de usos múltiples: alimentación, calefacción, etc.

Pese a todo, se habla actualmente de un déficit sumamente grave, que afecta a ce-ca de 1,000 millones de personas de las regiones rurales del mundo y a más de 200 millones de las zonas urbanas, según estimaciones de la misma Conferencia Mundial de Energía Nuevas. De seguir esta tendencia para el año 2,000 sólo pocos países dispondrán de los recursos adecuados para seguir utilizando la leña como energético principal.

#### 2.8.6 TRACCION ANIMAL Y HUMANA

Pese a todos los desarrollo la tracción animal y la energía humana siguen siendo sumamente importantes en el mundo, aunque se les clasifique en energías no convencionales y pocas estimaciones se formulen respecto a su potencial. Según estimaciones de la Conferencia de Energía antes mencionada, los próximos 30 años aproximadamente 2,000 millones de personas se valdrán todavía de la energía de la tracción animal y todavía muchos millones de personas seguirán desarrollando su potencial humano en trabajos diversos. En casi todos los casos que se estiman, se trata de países con bajísimo nivel de desarrollo y de personas prácticamente dedicadas a la pequeña agricultura, que utilizan los animales en la siembra y en otras actividades agrícolas, y en el arrastre de vehículos, transporte de bienes y transporte de personas.

Respecto a la energía humana se considera que se la seguirá utilizando en labores de carga y descarga, en múltiples y diversas actividades artesanales o en la pequeña industria, en la misma pequeña agricultura y en la movilización personal de pequeñas distancias en zonas rurales, y urbanas.

### 3. Proceso de producción de energéticos: proceso de trabajo y de valorización

En la esfera de la producción de energéticos es posible distinguir, al menos, cinco procesos específicos que constituyen el proceso global de producción de combustibles y energía. Un primer proceso corresponde a las actividades extractivas e involucra las actividades de prospección, exploración, explotación y beneficio de minerales combustibles, aunque para el caso de fuentes diversas de energía este primer proceso involucre actividades de exploración y explotación exclusivamente<sup>49</sup>. Un segundo proceso incluye los trabajos orientados a la conversión de los recursos energéticos y a la generación de electricidad. El tercer proceso específico involucra las actividades de transporte - transmisión en el caso de la electricidad-, almacenamiento y distribución de energéticos y combustibles, aunque es preciso reconocer que este tercer proceso puede realizarse aun antes del segundo en el caso, por lo demás tan importante, de transporte -nacional e internacional- de combustibles (hidrocarburos, carbón, uranio, sobretodo). Un cuarto proceso se conforma con el consumo de energéticos y combustibles, algunos de los cuales experimentaron procesos de transformación a partir de su estado original surgido de las actividades extractivas<sup>50</sup>. Finalmente un quinto proceso, simultáneo al de consumo pero diferenciado de aquel, es el de utilización de energía, bajo sus formas finales de luz, movimiento, calor de proceso, calefacción y aire acondicionado.

En todos los casos el trabajo humano se va apoderando de los recursos naturales energéticos, hasta convertirlos en formas de energía útiles para la vida, formas diversas y diferenciadas; precisamente, los recursos

49) Los trabajos de aprovechamiento de un cauce hidráulico, de un pozo geotérmico, o de ingeniería y construcción para recuperar la energía solar, maremotriz u otra, corresponderían análogamente a las actividades extractivas primarias.

50) No hablamos aquí del consumo de los energéticos en tanto materias primas de productos petroquímicos o siderúrgicos, sino en tanto productores de energía.

naturales, la tierra, el agua, el viento, el sol, constituyen el objeto de trabajo del proceso de trabajo global orientado a la producción de combustibles y energéticos, del cual los diversos procesos específicos representan partes constituyentes que generan diversas materias primas energéticas. Es decir, en cada proceso específico ingresa, como materia prima, un recurso energético que es, a su vez, producto del proceso anterior. Por ejemplo, el petróleo crudo, los líquidos del gas, el gas natural, la torta amarilla (concentrados de uranio - $U_3O_8$ -), el carbón, todos ellos son medios de producción de las actividades de conversión y generación, de manera similar a la gasolina, el diesel o la turbosina, que son medios de producción en la industria del transporte cuyo producto es el movimiento de personas y cosas.

Pero habría que distinguir la participación de energéticos como elemento sustancial de un producto, como es el caso de los hidrocarburos en la industria petroquímica o del carbón coquizable en la industria siderúrgica, de su participación como combustibles, generadores de calor, movimiento, iluminación y, en ese sentido, partícipes de ese proceso en tanto materias auxiliares, aunque no por ello menos importantes que otras materias primas o medios de trabajo. Sin embargo, incluso establecida esta distinción, todos los productos energéticos son productos semielaborados o productos intermedios que experimentan diversas transformaciones hasta arribar a su transformación final, en virtud de la cual, precisamente y en tanto energéticos, constituyen uno de los pocos productos que son **CONDICION DE EXISTENCIA** de todo proceso de trabajo.

Así pues, el proceso energético global, constituido de los procesos específicos señalados, representa el conjunto de actividades productivas orientadas a producir los valores de uso capaces de producir a su vez luz, calor, movimiento; pero precisamente en virtud de la forma actual de organización social, en virtud de que los productos del trabajo son intercambiables, son valores, el proceso energético global, independientemente de sus características particulares, se orienta a producir valores. Más aún cada proceso específico: prospección, exploración y explotación; conversión y generación; transporte, transmisión, almacenamiento y distribución; consumo y utilización, son procesos de producción de valores, cuya magnitud está determinada por los sucesivos tiempos de trabajo socialmente necesarios para su producción, lo que supone unas condiciones normales de producción prácticamente instauradas a nivel mundial, un nivel medio de destreza de la fuerza de trabajo, un determinado grado de desarrollo de la ciencia y la tecnología, una forma específica de coordinación, administración y control del proceso -o procesos- de producción, que supone, a su vez, un determinado nivel de eficiencia, todas ellas condiciones que si bien operan y se consideran actuantes a nivel nacional, tendencialmente van instaurándose y reivindicando su vigencia a nivel del mercado mundial, máxime en el caso de productos prácticamente "extrovertidos" en dicho mercado, como son los combustibles y energéticos.

Además, dicho trabajo social general, requerido para la producción de los diversos productos semieleborados o involucrado en el proceso glo-

bal de producción, se encuentra representado o constituido en los diversos precios de los productos energéticos, en los diferentes precios de los combustibles, en virtud de los cuales sólo el tiempo de trabajo socialmente necesario se representa, a través de un precio de costo que repone los adelantos de capital consumidos en la producción de los energéticos -medios de producción y fuerza de trabajo- y una ganancia -relativa a la distribución del capital social global en las diversas esferas de la producción merced a la competencia-. Esta suma de precio de costo y ganancia media constituye el mecanismo social del mercado capitalista a través del cual sólo se reconoce el tiempo de trabajo socialmente necesario para la producción que, como ya hemos dicho antes, supone e implica una producción de mercancías de acuerdo a cantidades correspondientes a las necesidades sociales (solventes). Precisamente el precio de costo se identifica al costo capitalista de los productos del trabajo y siempre es inferior a su valor; y la ganancia es la masa de valor que corresponde al capital de determinada esfera -en nuestro caso de la esfera energética- como parte del capital social global y que en los hechos es la forma en la cual se manifiesta y expresa el valor valorizado en el proceso productivo merced a la diferencia entre el valor adelantado en el pago de la fuerza de trabajo y el valor reproducido y nuevo creado por dicha fuerza de trabajo denominado plusvalor y el cual es deducido analizando, precisamente, la ganancia, su origen, su comportamiento y su desarrollo.

Precisamente por lo anterior, el proceso de trabajo orientado a la producción de combustibles y energéticos, además de ser un proceso de formación de valor -de productos para el intercambio- es un proceso de valorización, de acrecentamiento continuo y ampliado -pese a todo- de la

magnitud de valor adelantado para el pago del trabajo vivo, de la capacidad humana de los trabajadores de transformar los medios de producción, las materias primas, los recursos naturales en general. Se trata, pues, de un proceso capitalista de producción, tanto global como parcialmente. Es decir, tanto la producción global de energéticos como cada uno de sus procesos específicos constitutivos: prospección, explotación y explotación; conversión y generación; transporte; almacenamiento; distribución; consumo y utilización; todos ellos son procesos de trabajo, procesos de formación de valor y procesos de valorización. Y, por ello mismo, todos ellos involucran precios específicos correspondientes a cada momento, como si se tratara de diferentes esferas de la producción.

### 3.1 Proceso de producción primaria

El proceso de producción primaria comprende el conjunto de actividades de prospección y exploración, explotación y beneficio de los recursos o fuentes energéticas. En el caso de combustibles como el petróleo, el carbón, el uranio y el gas natural el proceso incluye actividades geológicas y geofísicas orientadas a la cuantificación de los recursos y al diseño de procesos de explotación que den como resultado la disponibilidad de petróleo crudo, de carbón, torta amarilla ( $U_3O_8$ ) y gas natural. En el caso de energéticos como las cuencas hidráulicas, las radiaciones solares, los pozos geotérmicos, las actividades de este primer proceso específico del proceso energético tienen por objetivo poner a disposición la fuerza cinética de las cuencas, el vapor geotérmico, las radiaciones solares, la fuerza de mareas y oleajes, el gradiente térmi-

co de corrientes marítimas, los desechos o la leña. Se trata de procesos que pudiéramos considerar análogamente dentro del proceso específico primario, pues pese a todas sus diferencias y especificidades producen valores que constituyen materias primas indispensables para las siguientes partes del proceso energético global. Además, se trata de los productos energéticos más comercializables y comercializados en el mercado mundial y en cuya producción, como veremos con un poco más de detalle enseguida, resulta definitiva tanto la productividad o fertilidad natural de los yacimientos o su equivalente, la existencia de fuerzas naturales capaces de generar energía, como su ubicación respecto a los grandes centros de consumo de dicho mercado mundial.

### 3.2 Proceso de Conversión y Generación

De todos los energéticos fruto del proceso primario -también llamados energéticos primarios- sólo una pequeña proporción pasan al proceso de consumo y utilización final. Casi todos requieren un proceso de "preparación" que hemos denominado proceso de conversión o, alternativamente como es el caso de los recursos que no son fruto de yacimientos, se utilizan directamente en la generación de electricidad, aunque algunos de los preparados son utilizados también para la generación de electricidad.

El carbón y demás combustibles sólidos acaso experimentan un leve proceso de preparación, pero conservan básicamente sus propiedades y su configuración con la que surgen del proceso primario. No así el petróleo crudo que experimenta un proceso de refinamiento al fin del cual se obtienen un conjunto importante de derivados del petróleo: gas combustible, propano, butano, gasolinas ligeras, gasolinas automotrices, turbosinas, petróleo doméstico y petróleo industrial -combustóleo- que a su vez se utiliza, como antes hemos mencionado ya, en la producción de electricidad.

El gas también experimenta algunas conversiones; se le separa de otros componentes con los que viene asociado, se le endulza y estabiliza buscando reducir el contenido de agua e hidrocarburos pesados para que cuando se transportado por tuberías se evite la formación de hidratos y condensaciones, por un lado, y para que su combustión sea más limpia. En cuanto a la gasificación del carbón (y su licuefacción), baste mencionar solamente que se trata de procesos de conversión que se encuentran todavía en fase de prueba y experimentación; se trata de procesos orientados a producir gas para usarse tanto en síntesis química como en generación de electricidad, en un caso, y en otro orientados a producir un gas de alto poder calorífico sustituto del gas natural.

El uranio, por su parte, también es beneficiado en este proceso de conversión, pues una vez separado de otros materiales con los que se encuentra mezclado da origen a los concentrados de uranio-uranatos de amonio, de sodio y de magnesio- que contienen  $U_3O_8$  (de un 75% a un 85%) que son refinados transformándose en Oxido de Uranio  $UO_2$ ; y, como hemos mencionado antes, este óxido de uranio puede o no ser enriquecido, no sin

antes haber sido transformado en  $UF_6$  -hexafloruro de uranio- forma gaseosa necesaria para dicho enriquecimiento, que no es otra cosa que un proceso de modificación de su relación isotópica, elevando la participación del isótopo radiactivo  $-U^{235}$  de un 0.70% a un 3%, que es la proporción necesaria para que el uranio sea quemado en los reactores generadores de electricidad.

Así, transformados los principales combustibles<sup>51</sup>-hidrocarburos, carbón y uranio - un porcentaje importante de los productos convertidos se destinan a la generación de electricidad a través de las plantas termoeléctricas convencionales, las carboeléctricas y las nucleoeeléctricas, que se añaden a las generadoras de electricidad a base de la fuerza acúfferay el vapor geotérmico y que conforman las tecnologías más usuales en la generación de electricidad.

### 3.3 Proceso de Transporte, Almacenamiento y Distribución

Resulta más o menos evidente observar que las zonas de producción de los energéticos primarios no coinciden plenamente y de acuerdo a los requerimientos con las zonas donde se consumen. Incluso, no coinciden con las regiones donde se concentran procesos importantes de conversión y generación. En el mundo actual se transportan, almacenan y distribuyen cotidianamente y en los ámbitos nacional e internacional, enormes volúmenes de combustibles y energéticos. Los sistemas fundamentales de transporte son los ferrocarriles, los barcos y buquetanques, los sistemas de oleoductos y gasoductos, los autotanques y, para el caso particular de la electricidad, los sistemas de conducción eléctrica básicamente

---

<sup>51</sup>La transformación -conversión y generación- no se reduce a estos combustibles "comercializables", sino que incluye al resto de energéticos que hemos mencionado y cuyos procesos específicos de conversión y generación no mencionamos, pero que pueden ser ampliamente consultados y analizados en algunos de los libros técnicos mencionados antes.

líneas de alta tensión y redes interconectadas.

En cuanto a la distribución de energía, señálese que se refiere básicamente al fenómeno interno a un país o región, e incluye formas como los oleoductos o como las redes de distribución de gas doméstico o industrial y las redes eléctricas que incluyen líneas aéreas y terrestres. Finalmente, el almacenamiento de energía comporta tecnologías que incluyen formas de conexión a las redes de distribución, trátase de grandes depósitos de combustibles líquidos, sólidos o gaseosos o trátase de baterías o depósitos electroquímicos.

### 3.4 Procesos de Consumo y Utilización

Se trata de dos procesos prácticamente concomitantes. Más aún podemos decir que el consumo de energía es, esencialmente, un consumo productivo, cuyo valor de uso final es la energía útil producida.

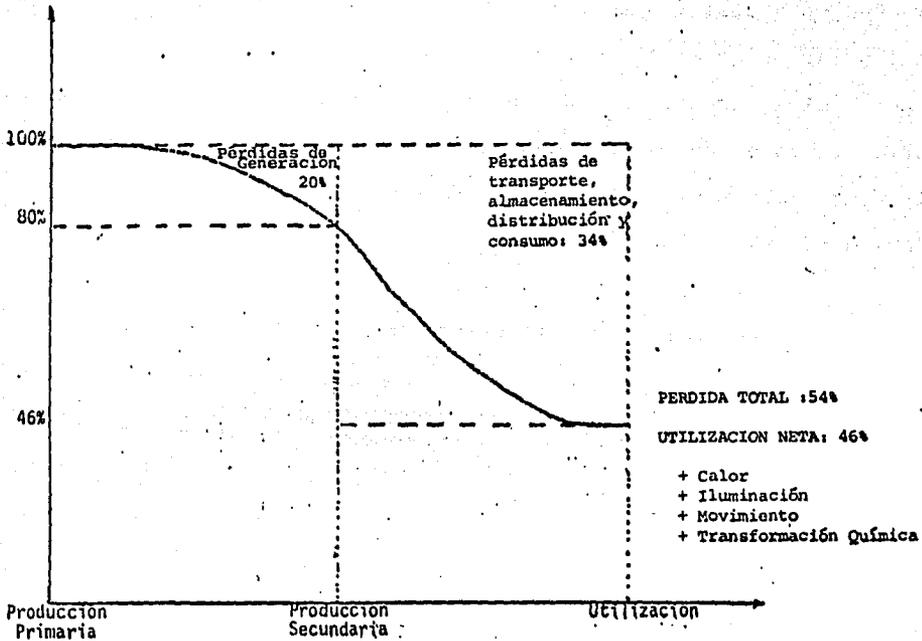
De todo el largo proceso productivo energético, solamente un pequeño porcentaje de la energía es energía en formas útiles: luz, calor, movimiento, etc. Tanto en los procesos de conversión y generación, como en los procesos de transporte, transmisión, almacenamiento y distribución hay pérdidas energéticas.<sup>52</sup>

Múltiples y diversas son las tecnologías de consumo, dependiendo de la forma final de energía deseada: motores, turbinas, calderas, hornos, lámparas, etc., conforman el panorama de mediaciones necesarias para la obtención de movimiento, calor, luz, reacciones químicas, aire acondicionado, refrigeración, etc.

---

<sup>52</sup>De un 100% de la producción primaria, establecida en términos del poder calorífico de los productos primarios, las pérdidas de conversión y generación representan un 20%, las pérdidas de transporte, almacenamiento, distribución y consumo un 34%. Es decir se tiene una pérdida neta total del orden de un 54%, quedando una utilización neta del 46% bajo las formas señaladas: calor, iluminación, movimiento, reacciones químicas, etc.

GRAFICA 7:EFICIENCIA DEL PROCESO ENERGETICO

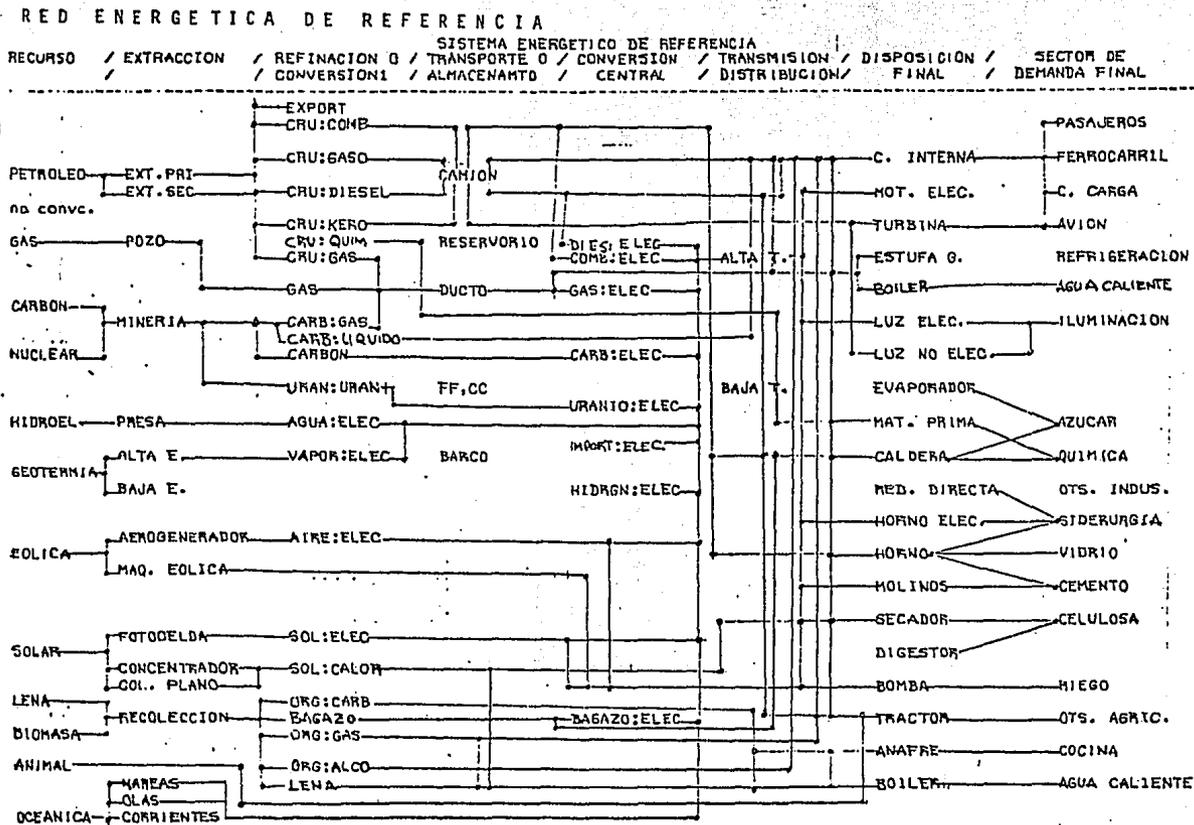


FUENTE: ININ-UNAM, Modelo de Oferta de Energía para México, Proyecto de Investigación AZ59, México octubre de 1984

Globalmente, pues, podemos suponer un proceso de fases o etapas sucesivas, continuas e ininterrumpidas, que conformarían lo que técnicamente se denomina red energética de referencia y que partiendo de mostrar el origen de los recursos energéticos muestra las transformaciones y destinos sucesivos hasta arribar al consumo y la utilización final.

(Ver Gráfica 8).

GRAFICA 8: RED ENERGETICA DE REFERENCIA



Pero el orden y la continuidad lógicos de esta red energética, de este proceso energético global, no se realiza sino a través de diversos procesos, diversas fases y múltiples y diversos componentes que, por lo demás, se encuentran plenamente internacionalizados. Es decir, lo que hemos señalado como cinco procesos productivos específicos constituyentes difícilmente se realizan en un sólo país de manera autosuficiente en todos sus sentidos. O bien se trata en algunos casos de países con un proceso de conversión y generación autárquico pero relativamente dependiente de materias primas importadas; o, incluso, se trata de países casi absolutamente dependientes en todos los procesos. Por ejemplo, los mismos Estados Unidos que poseen cantidades importantes de recursos energéticos -carbón, uranio, hidrocarburos, cuencas hidráulicas- son los principales importadores de crudo en el mundo (de un 17% a un 24% del total los últimos diez años); Japón, a su vez, país tecnológicamente sólido, ha participado, también los últimos años de un 16% a un 18% de las importaciones mundiales de crudo, pese a ser un importante exportador de tecnologías energéticas, básicamente turbinas y generadores; Canadá, por su parte, poseedor de reservas importantes de uranio, se ha convertido en el principal importador de ese material radiactivo los últimos cinco años; México, para señalar un ejemplo más, ha llegado a ser, junto con Gran Bretaña y Noruega un productor importante de crudo para el mercado mundial fuera de la OPEP; así pues, el crudo mexicano se refina en España a donde llega, en ocasiones en buques británicos, japoneses, norteamericanos o, de la misma España.

Pocos procesos se encuentran tan internacionalizados como el de los energéticos que, como señalamos al principio de este capítulo, representa la quinta parte de las transacciones en el mercado mundial.

A nivel del proceso de formación de valor, esto significa que los respectivos valores, fruto de cada uno de los procesos de producción específicos, son validados indistintamente en el mercado interno de los diversos países productores o en el mercado mundial, lo que de inmediato plantea una doble validación del trabajo social reconocido -a nivel interno de un país o a nivel del mercado mundial-, con su consecuente expresión en precios distintos y diferenciados, situación que es preciso reconocer y explicar, pese a que tendencialmente van asimilándose las diferencias, dejando operar a nivel mundial la ley del valor.

Precisamente la concurrencia -nacional, regional, mundial- va imponiendo el reconocimiento de los valores según su tiempo de trabajo social necesario, a través del reconocimiento de los precios de producción, que no son sino la reivindicación del precio de costo -adelantos de capital consumidos en la producción- y la ganancia media, que como expresión del plusvalor producido socialmente, corresponde a cada capital de las esferas diversas de producción, y constituye un elemento regulador indisoluble del movimiento de la concurrencia capitalista. Pero, como hemos dicho, tendencialmente la vigencia de la ley del valor se va estableciendo en el mercado mundial, integrado por los diversos países, que poseen diferentes niveles de productividad del trabajo, diversos niveles de intensidad, magnitudes diferentes de la jornada laboral y, consecuentemente, valores de la fuerza de trabajo también distintos. Más aún, "cantidades de mercancías del mismo tipo producidas en países diferentes en el mismo tiempo de trabajo tienen por consiguiente valores internacionales desiguales, que se expresan en precios diferentes o sea en sumas de dinero que difieren según los valores internacionales".<sup>53</sup> Y la manifestación más nítida de

53) Marx C., EL CAPITAL, Capítulo XX, Tomo I, Vol 1, Siglo XXI, México 1975

esta tendencia es la creciente internacionalización del desarrollo capitalista mundial que en su fase imperialista ha superado ya sus etapas de imperialismo clásico y de imperialismo de entreguerras para acceder a una etapa de internacionalización que culmina en la gran crisis mundial de 1974-1975, luego de la cual hemos vivido una depresión generalizada de aproximadamente diez años, pero que muestra tanto una extensión creciente del capitalismo a nivel mundial como una ampliación continua de sus bases de valorización y reproducción. Precisamente las condiciones objetivas del desarrollo capitalista tienden a consolidar ya no sólo nexos y relaciones comerciales entre diversas zonas de un país o diversos países, sino nexos en la misma producción y en el financiamiento de la acumulación, conformándose una nueva situación en la que el reconocimiento social de los productos del trabajo tiende a efectuarse, como hemos repetido, en el ámbito mundial.

Pero es preciso reconocer que se trata de un proceso complejo, contradictorio y desigual, cuya conformación y configuración históricas se ven afectadas por un sinnúmero de factores, precisamente los que determinan, entre otras cosas, el valor de cambio de los productos del trabajo: nivel de desarrollo científico y tecnológico, evolución de la productividad social del trabajo, grado y nivel de la concentración y centralización del capital, extensión y composición del mismo capital, estructura y nivel de cualificación de la fuerza de trabajo, naturaleza específica de los Estados nacionales, entre otros elementos.

Así pues, como también hemos señalado al principio de este trabajo, surge y tiende a consolidarse en esta fase de internacionalización un mercado mundial en el que concurren ya no sólo las mercancías, los capitales,

y la fuerza de trabajo de diversas naciones, sino los mismos Estados nacionales, tendiendo a homogeneizarse el trabajo social, las condiciones de reproducción del capital y de la fuerza de trabajo y modificando sustancialmente tanto la evolución del comercio exterior, del comercio mundial, como el movimiento internacional de capitales.

De los procesos específicos energéticos, podemos señalar a la fase primaria o extractiva y de beneficio primario como la fase más internacionalizada, más "extrovertida", en la que la determinación de los precios de producción en relación a una ganancia media mundial y a un precio de costo también mundial es más evidente. El movimiento internacional de combustibles y energéticos se concentra, precisamente, en los productos primarios. Más aún, las tecnologías de prospección, exploración, explotación y beneficio de energéticos en su proceso primario son las más extendidas y homogéneas, razón por la cual las diferencias de productividad surgidas de las propiedades naturales de los yacimientos energéticos o de la existencia de fuentes naturales generadoras de energía cobra mayor importancia en esta fase del proceso energético global, definiendo, en rigor, el ámbito de operación de la renta energética internacional. Se trata de una productividad diferencial, fruto de la fertilidad o de la ubicación, que permite un precio de costo menor que el medio, que el socialmente reconocido en el mercado mundial, generando la posibilidad de que en la concurrencia mundial se consolide esta diferencia bajo la forma de ganancia extraordinaria que, por su origen, se transforma en renta diferencial y que influye decisivamente en las condiciones de reproducción de esta esfera productiva como veremos enseguida.

#### 4. Energéticos, acumulación de capital y reproducción social

Resulta prácticamente evidente reconocer que los energéticos pueden ser parte de los medios de producción o de los medios de consumo utilizados por la sociedad en su proceso de reproducción material y que hoy se organiza en base a la subordinación de la fuerza de trabajo al capital a través de una relación salarial que "justifica" el proceso de formación de valor y de valorización. Como medio de producción los combustibles y los energéticos forman parte de la producción de un gran sector (sector I) orientado a producir elementos materiales que conforman el capital constante social; y como medio de consumo, los combustibles y energéticos forman parte de la producción de elementos que conforman el capital variable global social y que definen un gran sector productivo diferente al anterior pero necesariamente relacionado con aquel (sector II).

Además, como producto del sector I los energéticos pueden ser, incluso, materia prima o materia auxiliar, aunque en ambos casos forman parte del capital constante y las tendencias que experimenten su valor y su precios afectarán el comportamiento histórico del capital constante global de la esfera de la producción en la que se les utilice, tratándose de una esfera orientada al mercado nacional o al mercado mundial. A un cierto nivel de abstracción y prescindiendo de la evolución de ciertos elementos fundamentales de la acumulación: composición del capital, es decir, relación entre capital adelantado en medios de producción y capital adelantado en fuerza de trabajo, producción, intensidad y destreza media del trabajo, magnitud de la jornada laboral, etc., la relación global entre los sectores I -de medios de producción- y II

-de medios de consumo- exige un intercambio entre productos de ambos: medios de producción por medios de consumo. Precisamente la consolidación de los productos del sector I y del sector II se logrará en el cambio, exceptuando aquellas partes destinadas a reponer y ampliar el capital consumido en ambos sectores y que se identifica con una reposición en natura; se trata, para el sector I del capital constante consumido  $C_1$  más la parte del valor valorizado, del plusvalor que se destinará a ampliar, precisamente el capital constante  $C_1$  y que bien podemos expresar como  $b_1 a_1 P_1$ , donde  $P_1$  representa el plusvalor generado en el sector I,  $a_1$  la parte de ese plusvalor que se destina a ampliar la acumulación y  $b_1$  la parte de  $a_1 P_1$  que se destina a ampliar el capital constante del sector I. El resto de valores de uso producidos en el sector I, expresados en una magnitud de valor equivalente a la suma de  $V_1$ -adelantos para fuerza de trabajo en el sector I-,  $(1-a_1)P_1$  -rédito para el consumo capitalista- y  $(1-b_1)a_1 P_1$  -adelantos para ampliar el capital variable- deben ser intercambiados por productos del sector II ya que son medios de producción que no pueden ser satisfacer el consumo ni de capitalistas ni de trabajadores.

Por su parte el sector II, que produjo medios de consumo, repone en natura los adelantos de capital variable  $V_2$ , el consumo de los capitalistas del sector II :  $(1-a_2)P_2$ , siendo  $P_2$  el plusvalor generado en el sector II, y la ampliación de  $V_2$ , que se representa por  $(1-b_2)a_2 P_2$ , donde  $a_2$  es la proporción que define la ampliación de la acumulación en el sector II y  $(1-b_2)$  la parte proporcional de esta proporción orientada a ampliar el capital variable  $V_2$  destinado a utilizar fuerza de trabajo.

Así pues, si la representación de los componentes de valor de las respectivas producciones de los sectores I y II es:

$$\begin{array}{l} \text{SI} \qquad \qquad C_1 + V_1 + P_1 \\ \text{SII} \qquad \qquad C_2 + V_2 + P_2 \end{array}$$

donde además, tratándose de reproducción ampliada tenemos:

$$P_1 = a_1 P_1 + (1-a_1)P_1 \quad \text{y} \quad P_2 = a_2 P_2 + (1-a_2)P_2$$

Y, a su vez:

$$a_1 P_1 = b_1 (a_1 P_1) + (1-b_1) (a_1 P_1)$$

y

$$a_2 P_2 = b_2 (a_2 P_2) + (1-b_2) (a_2 P_2)$$

la relación de intercambio global se representará así:

$$V_1 + (1-a_1)P_1 + (1-b_1)(a_1 P_1) \text{-----} C_2 + b_2 (a_2 P_2)$$

siendo, pues,  $a_1$  y  $a_2$  las respectivas tasas de acumulación y  $b_1$ ,  $b_2$  las respectivas proporciones de ampliación del capital constante en ambos sectores.

Esto nos señala una interdependencia entre el consumo de los trabajadores y de los capitalistas en el sector I y la reposición y ampliación del capital constante en el sector II, interdependencia que nos permite reconocer que, en particular, los energéticos, como parte de la producción del sector I y del sector II influyen en este intercambio, es decir, influyen notoriamente en la reproducción.

Un aumento de la productividad en la esfera de los energéticos, se traduce -debe traducirse- en un aumento de la productividad general de la economía, pues tanto en la relación  $C_1/V_1$  como en la relación  $C_2/V_2$  intervienen sustancialmente los energéticos, propiciando una desvalorización unitaria general que afectará más en aquellas esferas de la producción donde la participación de los energéticos sea mayor, es decir en aquella donde E -energéticos componentes de C- sea mayor. Así, si expresamos  $C_1$  como  $K_1 + E_1$ , siendo  $K_1$  la representación de la magnitud de valor de los medios de producción no energéticos y  $E_1$  la representación de la magnitud de valor de los medios de producción energéticos; y similiarmente expresamos  $C_2$  como  $K_2 + E_2$ , la relación generalizada del intercambio social global se representaría así;

$$V_1 + (1-a_1)P_1 + (1-b_1)(a_1P_1) \text{-----} K_2 + E_2 + (K_2^* + E_2^*)$$

donde  $K_2^* + E_2^*$  representan a  $b_2(a_2P_2)$ , la ampliación del capital constante en el sector II, pues dicha ampliación se expresará, necesariamente en una ampliación del consumo productivo de energéticos.

Podemos reconocer, analizando a este nivel de abstracción el intercambio social -que a decir de Rosdolsky<sup>54</sup> demuestra una dependencia recíproca entre la sustitución de valor y la sustitución de materias- que los aumentos de productividad en la esfera energética significa mayores unidades caloríficas en el mismo valor, -expresadas en barriles, toneladas o sus equivalentes- cuando no va acompañada de una desvalorización de los productos energéticos, comporta la necesidad de un acrecentamiento de la tasa de acumulación en el sector II, pues de no hacerlo el valor de los medios de consumo producidos en el sector II tendrá un reconocimiento inferior, afectando tanto la tasa de ganancia del mismo sector II, como el desplazamiento de capitales que tenderían a trasladarse al sector I, aparte de los efectos de inundar el mercado de energéticos y generar fluctuaciones complementarias en los precios. Pero cuando este acrecentamiento de valores energéticos -de su masa de valores- es reconocido desvalorizando los productos, se experimenta una desvalorización del capital constante global de la economía, de todas sus esferas productivas y en todos los países, en virtud de la participación de los energéticos como materia auxiliar indisociable de los procesos productivos, colaborando a una elevación generalizada de la tasa de ganancia, situación que especialmente y con mayor intensidad puede darse en la desvalorización de los energéticos que participan en el consumo de los trabajadores, pues generaría una desvalorización de la fuerza de trabajo que aumentaría, desde luego, la tasa de plusvalía y, consecuentemente, la tasa de ganancia. Precisamente por esto, el desarrollo de la productividad en la esfera energética es sustancial para com-

---

54) Cfr. Rosdolsky R., El capital de Marx., pp. 501 y ss., Siglo XXI

pensar la elevación de la composición del capital, que siempre deprime la tasa de ganancia. Y esto se logra con un mayor desarrollo tecnológico en la esfera energética: nuevas tecnologías más eficientes, nuevos energéticos también más eficientes, o con la incorporación de nuevos yacimientos o nuevas fuentes que permiten productividades sustancialmente mayores, aunque no hay garantía de que siempre se incorporen fuentes o yacimientos de mayor fertilidad, lo cual ubica al desarrollo científico y tecnológico como elemento sustancial para esta evolución. Ahora bien, señalados estos elementos del intercambio global social y de cierta participación de los energéticos en él, conviene notar, además que esta interrelación está mediada por la tendencia a la igualación de la tasa de ganancia que se da en el contexto de una pugna de capitales entre sí y de una pugna entre compradores y vendedores de las diversas esferas de la producción en las que se van consolidando, originalmente, tasas de ganancia diferentes que, precisamente, la concurrencia tiende a nivelar en una tasa general de ganancia, ponderación de todas, y en función de la cual se distribuyen los beneficios, siempre en función de las magnitudes de capital correspondientes a cada esfera, independientemente de su magnitud y que se llama, como ya se ha mencionado también antes, tasa media de ganancia, y que termina siendo el eje vertebrador de los diversos desplazamientos de capitales. Esta tasa general de ganancia resulta determinada, en último término, por la composición de los capitales en las diferentes esferas de la producción, que definen las diversas tasas de ganancia; y por la distribución del capital social global, su participación cuantitativa particular en cada esfera. Pero la creciente internacionalización de la economía implica, también, una creciente subordinación de las economías nacionales al proceso general de reproducción de capital a esca-

la mundial, de donde se puede reconocer que la determinación de la tasa general de ganancia implica la determinación de tasas nacionales, la determinación de las tasas internacionalizadas a través de empresas multinacionales y la determinación de un indicador de la rentabilidad internacional general, la tasa de interés, que son los elementos que tienden a orientar el movimiento internacional de capitales y la consecuente conformación internacionalizada de los sectores de medios de producción y medios de consumo con sus consecuentes interrelaciones. Para el caso particular de la esfera de la producción de energéticos y combustibles, hemos de notar un grado creciente de internacionalización -de donde es posible hablar de una rentabilidad internacional- reconocida tanto en un conjunto importante de intercambios comerciales que se encuentran inscritos en la dinámica mundial de reposición de materias y de valor, como en los procesos internacionales de transferencia de tecnología y en los flujos de financiamiento de éste ámbito productivo, igualmente internacionalizados por la consolidación del crédito internacional, fenómenos que, en suma, manifiestan la instauración paulatina pero firme de una rentabilidad ya no sujeta a los meros espacios nacionales. Precisamente por el nivel tan elevado de internacionalización<sup>55</sup> que ha asumido la esfera de los energéticos, se reconoce una participación creciente de los Estados nacionales, tanto "productores" como "consumidores" en la gestión particular de la participación de esta esfera en la concurrencia mundial y en su rentabilidad particular. Más todavía si consideramos que a pesar de la homogeneización cada vez mayor de las tecnologías energéticas: de producción primaria, de generación de electricidad, de transporte de energéticos, de consumo y utilización, la esfera energética sigue siendo ocasión para la apropiación de una ganancia extraordinaria que se transforma en renta: renta energética.

<sup>55</sup> Para un análisis excelente sobre la internacionalización de la industria petrolera particular y elementos sobre la industria energética en general, véase Chevalier, LA BRZA DEL PETRÓLEO, Laia, Barcelona, 1974

Pero esta apropiación de la renta energética se sujeta al comportamiento cíclico de la acumulación de capital, que deviene precisamente de la suerte que corre la composición del capital considerada tanto en términos de su valor:proporción en que el capital se divide en constante o valor de los medios de producción y variable o valor de la fuerza de trabajo, como en términos técnicos:proporción entre la masa de medios de producción empleados en la producción y la cantidad de fuerza de trabajo requerida para ello. Así, la determinación de la tasa general de ganancia resulta de evaluar la relación entre el plusvalor generado (p) y la magnitud de valor del capital global adelantado (C+v)-que no sólo el constante transferido (c) más el variable adelantado (v):

$$g' = \frac{p}{C + v} = \frac{p'}{CO + 1}$$

donde CO expresa la composición orgánica, es decir, C/v.

Pero esta relación se ve modificada en el proceso de acumulación según se vaya modificando la composición orgánica y, desde luego, la tasa de plusvalor; la primera dependiendo fundamentalmente de la tasa de acumulación, esto es, de la relación entre capital y rédito en la masa de plusvalor, y la segunda de las condiciones mismas de explotación, variables de acuerdo al comportamiento de la productividad social del trabajo, las variaciones en la magnitud de la jornada laboral, en la intensidad del trabajo y, finalmente, en el salario.

De manera particular los energéticos y combustibles actúan en el proceso de acumulación como materia prima, materia auxiliar o medio de consumo necesario para la reproducción de los trabajadores (gasolina para su transporte, gas doméstico, electricidad para las viviendas, energéticos necesarios para los servicios de salud, recreación, deporte, segu-

ridad social, etc.), por lo que una parte es producida en el sector I y otra en el sector II, y desde este punto de vista, participan también en el intercambio generalizado que hemos descrito antes. Pero esto significa también que sus variaciones en términos de valor, afectan la composición orgánica C/v, de acuerdo al grado y nivel de participación en el capital constante adelantado o en el capital variable. Resulta prácticamente evidente reconocer que es mayor la participación de los energéticos en C que en v, por lo que cambios en el valor de los energéticos tenderán, prácticamente, a aumentar la composición orgánica y, en consecuencia, a deprimir la tasa de ganancia, a menos que se vean compensados por un ahorro creciente o por un crecimiento más acelerado del consumo de energéticos como bien salario, situación que resulta sumamente difícil tanto por la participación que estos tienen en el consumo global de los trabajadores -baja en relación a otros rubros- como por cierta tendencia al aumento de la eficiencia de las tecnologías que median el consumo energético doméstico. Así pues, una elevación en el valor de los energéticos básicamente elevará la composición y deprimirá la tasa de ganancia; pero esta tendencia no se puede considerar absoluta, en virtud de que los aumentos de productividad en la esfera de los energéticos- por lo demás existentes- tienden a desvalorizarlos, desvalorizando simultáneamente el capital constante -como ya hemos comentado antes a propósito de los intercambios sectoriales y las respectivas tasas de ganancia- pero desvalorizando, en su respectiva proporción, según el consumo, la fuerza de trabajo, con lo que se logra un aumento, leve pero definido, de la tasa de plusvalor. De esto concluimos que si bien los energéticos afectan la tasa de ganancia, esta afectación no es absoluta, pues hay ciertas con-

tratendencias que impiden la absolutización a la que nos hemos referido.

De esto podemos intuir que una elevación de precios de los energéticos no puede ser causa de una crisis, como acaso se quiso explicar en los años de 1973-1974, pues para que esto fuera así, debieron haber precedido a esta coyuntura de elevación de precios, años de una caída importante de la productividad en la esfera de los energéticos -en sus cinco procesos específicos- y debió haberse acrecentado de manera por demás acelerada en relación al crecimiento del producto el consumo energético, situaciones que, desde luego, no acontecieron.

Ciertamente una elevación de precios de los energéticos puede operar como catalizador de una tendencia generalizada, propia del capitalismo, a la sobreacumulación de capital, forma que asume, invariablemente, el desarrollo de la productividad social del trabajo en este régimen productivo, por lo que precisamente el desenvolvimiento de esta fuerza productiva se convierte, contradictoriamente, en obstáculo a la valorización en la medida que se expresa en una composición orgánica creciente, que sólo puede modificarse con un abaratamiento de los elementos del capital constante y compensarse con una elevación de la explotación del trabajo y una reducción del salario, incluso por debajo del valor de la fuerza de trabajo.

Para el caso de los energéticos el desarrollo de la productividad se puede traducir, también, en una sobreproducción de energéticos, manifestada en una "inundación" del mercado que tenderá a deprimir precios, afectando sus componentes, pero nunca al grado de ubicarse por debajo de su precio de costo más una ganancia, que temporalmente puede plantearse por debajo de la media, afectándose, mas no anulándose, la ganancia extraor-

dinaria surgida de la fertilidad natural de los yacimientos energéticos o de su ubicación, que experimentará cambios cuantitativos en la medida que la sobreproducción tenderá a "dejar fuera" a aquellos yacimientos de fertilidad menor y a convertir en yacimientos de fertilidad menor a otros de mayor productividad que los "expulsados".

Por ello, por el comportamiento general del proceso de acumulación: cíclico y de crisis recurrentes expresadas en la caída de la tasa general de ganancia, la renta energética se verá sometida también a cambios cuantitativos, dependiendo del comportamiento general de la acumulación y de la dinámica interna de la esfera productiva en la que las actividades de prospección o el desarrollo de la productividad en cualquiera de los procesos específicos de la esfera energética global, pueden suponer la incorporación o el surgimiento de fertilidades mayores o productividades acrecentadas, que permanentemente redefinirán no sólo las diferencias entre los diversos energéticos, sino las diferencias al interior de cada tipo de combustible.

Con todo lo anterior queda esbozada la articulación de los energéticos en el proceso de acumulación en general y en la relación -a cierto nivel de abstracción- entre la reposición de materia y la reposición de valor expresada a través de los esquemas de reproducción antes indicados.

Resulta evidente reconocer, pues, que el comportamiento general de la reproducción social global, sujeto a crisis recurrentes, cíclicas y de diversos niveles de profundidad según el nivel de desarrollo de la productividad social y el grado de la sobreacumulación del capital, es el marco en el que se inscribe el desarrollo de la producción e intercambio de energéticos, esfera en la que además de una ganancia media se juega la posibilidad de consolidar una ganancia extraordinaria.

##### 5. La renta energética: consideración final

Dentro del proceso energético global, en cada uno de sus procesos específicos se han ido produciendo valores, más aún, valores valorizados, cuya magnitud no sólo permite reponer el capital constante consumido, sino reproducir el capital variable adelantado para adquirir y contratar fuerza de trabajo y generar un excedente, el plusvalor. Pero por la naturaleza del proceso energético en el que intervienen de manera definitoria las fuerzas naturales, las cualidades naturales de los yacimientos y de las fuerzas energéticas alternativas en la producción de electricidad, parte de ese plusvalor, consolidado en el precio de producción, tendrá como destino el propietario del yacimiento o de la fuerza natural generadora de energía. En un caso esa transferencia de plusvalor al propietario se explicará en virtud de ciertas condiciones naturales del yacimiento o de la fuerza energética que permiten un precio de costo inferior al social medio. En otro caso se explicará exclusivamente por el carácter privado de la propiedad del recurso natural, del recurso o fuerza energética, independientemente de que dicho propietario sea un particular o sea un organismo, una corporación o el mismo Estado.

La renta, en nuestro caso energética, no es sino una valorización del monopolio que ejerce el propietario de la fuente energética o del yacimiento. Por tanto la renta energética presupone la propiedad del yacimiento o de la fuente energética.

Además, se trata de plusvalor transformado en ganancia extraordinaria y más precisamente en renta, que surge de la diferencia que el precio de costo del proceso que usufructa la fuente natural o el yacimiento

mantiene respecto al precio de costo social, al precio de costo medio, lo cual supone, desde luego, que se da en condiciones en que en virtud de la concurrencia, se han aplicado las cuotas del tiempo de trabajo global a las diversas esferas de la producción necesarias para la satisfacción de las necesidades sociales, en nuestro caso las necesidades energéticas. Más aún el monto de esta renta, desde luego, está determinado precisamente por el desarrollo social del trabajo en el ámbito energético, en cada uno de los procesos específicos, de los cuales, en particular, en términos de la renta energética el proceso primario es el más importante.<sup>56</sup> En rigor hablaremos pues de renta energética en los procesos energéticos en los que la propiedad de un yacimiento natural de combustibles, o el control que esta propiedad de sobre una fuerza natural capaz de producir formas intermedias de energía -electricidad- o formas finales, útiles, resulte definitiva en el surgimiento de una productividad diferencial, capaz de consolidar, según las circunstancias de la concurrencia -nacional o mundial- una plusvalía extraordinaria, una ganancia extraordinaria que se transforma, merced a la organización social actual, en renta asignada al propietario del yacimiento o fuente natural. Se trata de una ganancia extraordinaria cualitativamente diferenciada de la obtenida por la disminución del salario por debajo del promedio, o por una elevación "artificial" de precios posibilitada tanto por un control monopólico del mercado como por una coyuntura de demanda especialmente intensa o, finalmente por la existencia de condiciones tecnológicas excepcionales y aún no generalizadas en una esfera de la producción, que permiten al poseedor individual de esa tecnología una productividad diferencial, un plusvalor extraordinario que, insistimos, puede o no consolidarse y constituirse

56) Esto no elimina la importancia del proceso de generación de electricidad o de la utilización de fuerzas naturales para movimiento, luz, calor, utilización mediada por el cambio, pero que resultan marginales considerando el proceso energético global.

de acuerdo a las condiciones de la concurrencia. La renta, pues, surge o "emana de una fuerza natural monopolizable que...sólo se halla a la disposición de quienes a su vez dispongan de determinadas porciones del plantea y sus anexos... y cuya posesión constituye un monopolio en manos de su poseedor, una condición de elevada fuerza productiva del capital invertido que no puede lograrse mediante el proceso de producción del propio capital".<sup>57</sup> Y en decir del mismo Marx, "la renta es siempre renta diferencial, pues no entra de manera decisiva en el precio de producción general de la mercancía, sino que lo presupone;...además, no proviene de la elevación absoluta de la fuerza productiva del capital empleado o del trabajo apropiado por el mismo, elevación que en general sólo puede reducir el valor de las mercancías, sino de la mayor productividad relativa de determinados capitales individuales invertidos en una esfera de la producción, en comparación con las inversiones de capital excluidas de estas condiciones favorecedoras excepcionales de la fuerza productiva creadas por la naturaleza...Pero (conviene aclarar) la fuerza natural no es la fuente de la ganancia extraordinaria, sino sólo la base natural de la misma, por ser la base natural de la fuerza productiva excepcionalmente elevada del trabajo...Ni la propiedad de la tierra crea la parte de valor que se transforma en ganancia extraordinaria, sino que sólo capacita al terrateniente (propietario de la fuerza natural) para lograr que esta ganancia extraordinaria abandone los bolsillos del fabricante y vaya a parar a los suyos... (Se trata, además)...de una fuerza natural que no tiene valor, porque no representa un trabajo objetivado en ella... y cuyo precio no es otra cosa que renta capitalizada."<sup>58</sup>

<sup>57</sup>) Marx C., EL CAPITAL, Capítulo XXXVII, Tomo III, Vol 8, Siglo XXI, México 1975  
<sup>58</sup>) Marx C., Op.Cit., pp823-833

La renta energética se constituye de la presencia de múltiples formas de satisfacción de las necesidades energéticas, de diversos valores de uso, SUSTITUIBLES, que permiten satisfacer luego de su producción primaria -carbón, cuencas hidráulicas, pozos geotérmicos, etc.- o luego de un proceso de conversión y transformación en formas intermedias de energía, las necesidades de luz, movimiento, reacciones químicas, calor.

Pero las múltiples formas, suponen, además, composiciones de capital diferentes que reivindican para sí una cantidad de ganancia correspondiente a su proporción relativa respecto al capital social global, analizado nacional o internacionalmente y de acuerdo a la participación de la esfera energética en cada uno de ellos y la participación de las otras esferas energéticas, en el mercado nacional y en el mercado mundial. Es decir que en en las mercancías de diversas esferas de la producción y más particular en los productos energéticos diversos se encuentran contenidas cantidades de plusvalor diversas, según se encuentre en cada proceso un conjunto de composiciones de capital diferentes.

Pero para analizar la renta energética, siempre se considerará tanto una comparación de relaciones iguales de capital y trabajo, como una equivalencia energética de los productos, dadas las tecnologías existentes.<sup>59</sup> Es decir, el reconocimiento preciso de los márgenes de renta diferencial apropiados supone una homogeneización -al menos teórico analítica- entre las composiciones orgánicas y los yacimientos o fuerzas naturales utilizables o explotables, lo cual no representa que en todos los procesos y en todos los energéticos deban encontrarse invertidos capitales iguales.

<sup>59</sup>Por ejemplo, se considera equivalente, dada la tecnología actual y su extensión a nivel mundial, un millón de toneladas equivalentes de petróleo con 1.5 millones de toneladas de carbón o 1,111 millones de metros cúbicos de gas natural o 12,000 millones de kwh, según señalan las conversiones propuestas por British Petroleum, Op.Cit.1984

Las causas generales de la renta energética son la fertilidad natural de un yacimiento o una fuente o recurso energético y su ubicación respecto a los centros de validación social, respecto a los mercados, siempre consideradas ambas -fertilidad y ubicación- desde la perspectiva de un nivel de desarrollo de la ciencia y sus aplicaciones tecnológicas. Pero Marx habla de otras causas, particulares: 1) la distribución impositiva, sobretodo cuando es desigual; 2) las desigualdades a nivel de la fuerza productiva, aunque en el caso de los energéticos ya anotábamos que se trata de una esfera con una tendencia muy acelerada a la homogeneización tecnológica y a su difusión creciente; 3) la desigual distribución de los capitales en la esfera energética.<sup>60</sup>

Para nuestro caso específico la fertilidad se establecería en relación a las características físico-químicas de los energéticos, a su capacidad para realizar un trabajo -siguiendo la definición más tradicional de energía-, y al grado, nivel o volumen de recursos que un yacimiento a un recurso energético permite recuperar. En este sentido, por ejemplo y dadas condiciones iguales, consideraremos más fértil un pozo petrolero que produce crudo más ligero que otro que produce crudo más pesado; o, similarmente, una mina carbonífera que produce carbón con menos cenizas y mayor poder calorífico que otro; o una cuenca hidráulica con mayor gasto que permite una recuperación energética mayor en la generación de electricidad; o, para poner un ejemplo más, un yacimiento de uranio que produce concentrados con mayor ley. Y la ubicación, desde luego considerando los notables adelantos en el transporte de energéticos, llevaría a valorar más un pozo petrolero del Golfo de Campeche respecto al mercado norteamericano, que un pozo iraní respecto al mismo mercado estadounidense; como también llevaría a considerar más ubicado

60) Cfr. Marx. C., Caps XXXVII y XXXVIII, Sección 6a. Tomo III.

un efluente hidráulico cercano de la gran zona industrial del sur de Francia que una cuenca hidráulica en el oriente de este mismo país. Como podemos notar, fertilidad y ubicación no tienen porqué actuar en el mismo sentido; un pozo muy fértil de Arabia Saudita tiene una ubicación más débil respecto a un pozo menos fértil del Mar del Norte en relación a los grandes centros industriales del norte de Europa. Ahora bien, considerados los factores generales y señalados los particulares, normalmente podrían presentarse dos casos típicos de surgimiento de renta: 1) la denominada por Marx renta diferencial I, que alude a resultados desiguales de cantidades iguales de capital aplicados a yacimientos o fuerza naturales energéticas equivalentes en extensión, profundidad, dimensiones<sup>61</sup>; se trata de diferentes productividades de iguales inversiones de capital en iguales superficies, yacimientos, causas, de diferente fertilidad energética; 2) y la denominada renta diferencial II, surgida cuando volúmenes de capital distintos son aplicados en el mismo yacimiento, en la misma fuente energética. En ambos casos surge una ganancia extraordinaria; la diferencia estriba en que en el caso de la renta II, aparecen situaciones específicas que tornan más complicada la transformación de la ganancia extraordinaria en renta diferencial, en la que influye, por cierto, la capacidad de crédito de los productores en la medida que puede determinar diferentes aplicaciones de capital en un mismo yacimiento o fuente energética, situación que genera complicaciones porque las sucesivas inversiones de capitales distintos pueden realizarse una vez que los precios de producción cambiaron -a la alza o a la baja-, aunque no se descarta que dos inversiones sucesivas se asociaran o se realizaran con precios de producción estables.

---

61) Para toda esta parte véase Marx C., Sección 6a. Tomo III. En particular estamos identificando la extensión agrícola con sus análogos en el ámbito energético: profundidad de un pozo; dimensión de un yacimiento; gasto, volumen y longitud de una cuenca, etc.

Renta I y renta II son, igualmente, ganancias extraordinarias surgidas de productividades naturales diferenciales respecto a las productividades que definen los precios de producción de los energéticos y en torno a los cuales se establecen los precios de mercado. Ahora bien, en el ámbito de la industria extractiva energética o de la generación de electricidad, este precio de producción se establece en base al precio de costo individual mayor, en la medida que la fijación en el precio medio, implicaría la salida de la esfera de aquellos de precio de costo menor, situación que sólo es posible en determinadas coyunturas pero al fin de las cuales, incluso, el de anterior precio medio -suponiendo la salida de los de precio de costo inferior- se convierte, a su vez, en precio de costo inferior. Y es que a diferencia de otros ámbitos de la industria, en la industria energética, precisamente en sus fases primaria y de conversión y generación, la existencia de fuerzas naturales energéticas o la fertilidad y ubicación de estas y demás yacimientos de combustibles, es imprescindible; más aún la expansión de la producción de energéticos y combustibles sólo puede lograrse -ordinariamente y en el denominado largo plazo- incrementando la producción de yacimientos de poca fertilidad o de mala ubicación o incorporando nuevos yacimientos o fuentes energéticas.

Aunque antes hemos señalado algunos elementos de diferenciadores de esta renta diferencial, respecto a otras formas de ganancia extraordinaria, es importante distinguirla, pues, de la ganancia extraordinaria surgida de diferentes productividades -de ordinario temporales- respecto a una media, explicadas, precisamente, por innovaciones tecnológicas no

extendidas aún en la esfera de la producción de que se trate ni en la economía en general, cuando esto sea posible, denominada también renta tecnológica. Pero también es necesario diferenciarla de las ganancias extraordinarias que surgen de la posibilidad de establecer un precio monopolístico, un precio determinado exclusivamente por la apetencia de compra y la capacidad de compra de quienes pretenden adquirir el bien o la mercancía asociada a dicho precio, independientemente de su precio de producción y de su valor.<sup>62</sup>

Explicar pues el comportamiento de la concurrencia en el ámbito energético en esta esfera tan internacionalizada y tan importante para la reproducción social en escala mundial y nacional, supone entender las características particulares y específicas del proceso energético, del proceso productivo y los elementos que a nivel de la concurrencia, comportan estas características, tanto las fertilidades y ubicaciones distintas como el carácter monopolizable de estas, elementos que influyen en la determinación y el comportamiento de los precios por detrás de las modificaciones o alteraciones que las variaciones de la oferta y la demanda puedan generar y que siempre generarán oscilaciones en torno a los precios de producción, a su vez determinados por los tiempos de trabajo que la sociedad -a nivel nacional o mundial- reconoce acorde a sus necesidades siempre en referencia -inconsciente y fetichizada- a un tiempo de trabajo social global que origina mercancías particulares en cada una de las esferas de la producción hoy absolutamente autonomizadas por la división capitalista del trabajo y sólo relacionadas a través del cambio.

## 6. Epiflogo

Podemos señalar, a manera de reflexión final de este capítulo, que lo que hemos llamado sustituibilidad de los energéticos, es decir, la posibilidad de satisfacer las necesidades de movimiento, iluminación, generación de calor o refrigeración, generación de reacciones químicas, entre otras, pueden ser satisfechas mediante diversos combustibles o energéticos y a través de diferentes tecnologías asociadas al consumo productivo o al consumo final de los mismos. Este conjunto de propiedades naturales analizadas y comparadas en un momento histórico-social determinado, con un grado de desarrollo científico y tecnológico igualmente determinado, expresado fenoménicamente a través de un esquema de precios de los combustibles, se nos ha revelado en contradicción, precisamente con los elementos definitorios de dichos precios, que aparecen en el proceso energético global y en sus procesos específicos, como un enfrentamiento de dos elementos constituyentes del capital: los medios de producción -maquinaria, equipos, edificios, materias primas, materias auxiliares- asociados a un nivel de desarrollo tecnológico y la fuerza de trabajo, poseedora de un nivel de productividad, una destreza y una eficiencia similarmente determinados, que un proceso que es simultáneamente proceso de trabajo y proceso de formación de valor y específicamente, proceso de valorización, produce mercancías que en el mercado se cambian por un precio de producción capaz de reivindicar tanto los adelantos de capital consumidos en su fabricación, como parte del excedente generado en la producción, devengando también una ganancia extraordinaria que resulta de la productividad diferencial que guardan los yacimientos o fuentes energéticas entre sí, en virtud tanto de sus condicio-

nes naturales particulares consideradas a un cierto nivel de desarrollo tecnológico y su ubicación, considerando los desarrollos recientes y extendidos del transporte de energéticos, así como las tecnologías de consumo y utilización.

Tras este trasfondo objetivo se despliegan y desarrollan relaciones políticas entre los Estados en el mercado mundial, confiriéndose una segunda limitante o un segundo elemento constituyente de la sustituibilidad entre ellos, plasmado en el actual "reparto" del mundo.

Por eso, precisamente, consideramos que los denominados procesos de diversificación energética, muchas veces convertidos en declaración de intenciones de los países energéticamente dependientes o con riqueza energética pero con una fuerte subordinación tecnológica, financiera y comercial, no pueden transgredir ni desplegarse en contra de estas tendencias objetivas que hemos señalado a lo largo de este capítulo, que se desarrollan sobre una situación material determinada en cuanto a la disponibilidad y disposición de recursos y fuentes energéticas y en cuanto al acceso a tecnologías energéticas de producción primaria, de conversión y generación, de transporte, transmisión, almacenamiento y distribución, y de consumo y utilización, que también hemos esbozado sucintamente en este capítulo.

Explicar los fracasos de los procesos de diversificación energética; señalar las tendencias de la esfera productiva de los combustibles y los energéticos; más aún, indicar con verosimilitud los fracasos de algunos países por utilizar tecnologías llamadas alternativas; incluso explicar el fracaso a nivel mundial de algunas tecnologías que previsiones realizadas hace más de quince años consideraban más importantes de lo que de

hecho resultaron, todo esto, no puede ser explicado con fundamento en el señalamiento de la bondad de los pueblos, la bondad de sus relaciones comerciales, financieras, tecnológicas, o los ańimos de cooperación internacional, pues estos fenómenos se subordinan a la dinámica objetiva de esta sociedad que buscando permanentemente la obtención del máximo beneficio en las diversas esferas de la producción, se enfrenta a la limitante que impone un reconocimiento de los productos y de los tiempos de trabajo destinados en su producción de acuerdo a las necesidades solventes.

Lo que en realidad muestra la dinámica capitalista es que resulta indiferente a estas necesidades sociales; más aún, resulta indiferente respecto al valor de uso que produce y a los trabajos concretos que despliega. No así respecto al beneficio, buscando el máximo de ganancia, de forma tal que, cuando, además de la ganancia media, se ve la posibilidad de que esferas particulares devenguen una ganancia extraordinaria mediante la posesión de partes de los recursos naturales que pueden llegar a monopolizarse -como el caso de la esfera de los energéticos-, en torno a dichas esferas se desarrolla una violenta pugna de capitales entre sí, entre productores y consumidores y, dado el desarrollo capitalista actual, entre Estados, expresado en una oscilación violenta de precios. Pero, desgraciadamente, "cuanto más desarrollada esté la producción capitalista, y cuanto mayores sean, por ende, los medios para un aumento súbito y sostenido de la parte del capital constante integrada por maquinaria, equipo, instalaciones, etc., cuanto más rápida sea la acumulación (como ocurre principalmente en tiempos de prosperidad), tanto mayor será la sobreproducción relativa de maquinaria y del restante capital fijo, y tanto más frecuente será la sobreproducción relativa de ma-

terias primas vegetales y animales (materias primas energéticas también, AR), tanto más intenso será...el ascenso de su precio y la reacción correspondiente a dicho aumento. Tanto más frecuentes son, por lo tanto, las revulsiones que se fundan en esta violenta oscilación de los precios como uno de los elementos principales del proceso de producción.<sup>62</sup> Lo normal, pues, en esta forma de organización social, es la anarquía, la falta de coincidencia permanente entre la producción y las necesidades sociales, el enfrentamiento violento entre la producción de valores y los valores de uso en los que dicha producción se plasma, crecientemente sesgados respecto a lo que la sociedad, a nivel nacional e internacional, llega a validar. Por ello los vaivenes de precios señalados; por ello las pugnas; por ello los fracasos de la planificación técnica y económica desarrollada en el contexto de la evolución capitalista en el contexto del imperio del valor.

---

62) Marx C., EL CAPITAL, Capítulo VI, Sección 1a, Tomo III, Siglo XXI, pp. 147

## CAPITULO II: CRISIS MUNDIAL Y REESTRUCTURACION ENERGETICA: el caso de la industria nuclear internacional

### 1. Introducción

Luego de la Segunda Guerra Mundial surgió una nueva industria en el mercado mundial: la industria nuclear, que si bien desde principios de siglo se venía conformando ligada a las actividades de investigación y desarrollo de áreas como la física y la química o a las actividades de diseño e ingeniería de las ramas eléctrica, electrónica y, en general, energética, sólo hasta que explotó la bomba atómica y terminó la Guerra y en íntima conexión con la gran fase expansiva del desarrollo capitalista, se desarrolló con mayor impulso integrando las actividades de diseño y fabricación de reactores nucleares de potencia y de fabricación del combustible nuclear, que incluye la industria minera del uranio.

El año de 1946 resultó determinante para el desarrollo de la industria nuclear internacional, pues en los Estados Unidos se aprobó el Acta sobre Energía Atómica, permitiendo la transferencia de la tecnología nuclear del área militar a la civil, creándose ese mismo año la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos con el objetivo manifiesto de "civilizar" los usos y aplicaciones de la tecnología nuclear, de las radiaciones y los radioisótopos.

1) Pocas historias resultan tan dramáticas, pese a los notables descubrimientos, como la historia de la industria nuclear, que aprovechando la llamada "época de oro" de la física (período de entreguerras), llegó a la fabricación del arma más terrible fabricada por el hombre: la bomba atómica, que fué arrojada en agosto de 1945 sobre Hiroshima y Nagasaki, y con lo cual comenzó la era nuclear. El desarrollo más importante se concretó en los Estados Unidos que destinaron un volumen importante de recursos en el llamado Proyecto Manhattan al que se encuentran ligados de manera indisoluble nombre como el del General Groves -responsable del mismo-, Robert Oppenheimer, Enrico Fermi, Leo Szilard, Eugenio Wigner y, desde luego Franklin D Roosevelt y Harry S Truman. Precisamente por los notables recursos -financieros, técnicos y humanos- que los Estados Unidos destinaron al descubrimiento de la bomba, en rigor el origen de la "industria civil" nuclear se tuvo en dicho país, del cual surgieron las diversas variantes tecnológicas de aplicación civil nuclear: los reactores y los instrumentos para medir las radiaciones y los r...

Más de 150 mil personas empleadas en los Estados Unidos para desarrollar el Proyecto Manhattan cuya finalidad fué producir la primera bomba nuclear; y una inversión superior a los 2,000 millones de dólares del año de 1943 ( 13,250 millones de dólares actuales) propiciaron el surgimiento de un consorcio nuclear impresionante poseedor de múltiples y diversas instalaciones distribuidas en todos el país y que, paralelamente, consolidó una burocracia nuclear muy fuerte, sólidamente aliada con la burocracia política norteamericana y con una fracción importante del capital monopólico y financiero internacional, fundando lo que diversos autores<sup>2</sup> han denominado la "hermandad nuclear" o "los barones nucleares" y que hoy gravita en torno a once consorcios financieros norteamericanos internacionalizados que también ejercen fuerte influencia en la industria nuclear internacional: J.P. Morgan and Company Bank; Bankers Trust; Chase Manhattan Bank; Manufacturers Hanover Trust Company Bank; Citicorp Bank; Chemical Bank; Prudential Life Insurance Company; Metropolitan Life Insurance Company; New York Life Insurance Company; Teachers Insurance and Annuity; y Lord Abbett and Company<sup>3</sup>.

La larga fase expansiva de desarrollo económico mundial constituyó el mejor marco que una industria naciente pudo haber tenido para su evolución y consolidación; de forma tal que ya para fines de la década de los años sesenta, la industria nuclear integraba, además, de las actividades de fabricación de reactores y combustibles nucleares, un con-

2) Dos de los más detallados estudios y análisis de la evolución de la industria nuclear internacional son los realizados por Pringle Peter y Spigelman James, LOS BARONES NUCLEARES, Planeta 1984 y Hertsgaard Mark, NUCLEAR INC -The Man and Money Behind Nuclear Energy-, Pantheon Books, New York, 1983.

3) Un ejemplo de la influencia internacional de estos consorcios financieros lo pueden proporcionar los datos que respecto a activos y créditos en el extranjero tienen estos grupos financieros y que según los estudios de Jorge Basave y Carlos Morera presentan los siguientes resultados: Citicorp, Chase Manhattan y Morgan por ejemplo, tienen más del 60% de sus operaciones fuera de Estados Unidos; igualmente tienen más del 52% de sus activos fuera y obtienen, también fuera de Estados Unidos, más del 60% de sus utilidades. Similarmente los otros bancos y compañías de seguros, aunque con porcentajes un poco menores: 50% y 45%. Ver DESARROLLO Y ESTRUCTURA DEL CAPITAL FINANCIERO EN MEXICO, Borrador de Tesis de Maestría, 1985 (Mimeo).

junto importante de empresas de diseño, ingeniería y construcción; de fabricación de partes, componentes y equipos nucleares; de generación de electricidad; y, pese a todo, de fabricación de armas nucleares. En términos precisos de sus aplicaciones en la generación de electricidad, la alternativa nuclear representaba 90 reactores instalados con un poco más de 16,000 MWe operando, que en esos años finales de los sesenta, llegaron a generar el 2.5% de la electricidad mundial.

Pero desde 1976, la industria nuclear internacional experimenta un drástico decaimiento tanto en la ampliación de nuevos pedidos e instalaciones como en la suspensión de obras comenzadas o la disminución en el ritmo de crecimiento e implantación de diversos programas nucleares nacionales que manifiestan un absoluto incumplimiento de las proyecciones "optimistas" formuladas a principios de los años sesenta y que sostenían y defendían la "increíble alternativa" que para el mundo representaba la vía nuclear y que luego de la primera elevación de los precios internacionales de los hidrocarburos en 1973 y 1974 fueron reafirmadas y confirmadas a pesar de que, precisamente en esos años, el mundo comenzaba a vivir una de las más profundas crisis de sus últimos tiempos a la par que comenzaba una larga fase depresiva, desigual y diferenciada para los diversos países de la economía mundial, que hoy persiste aún, generando un proceso internacional de reestructuración financiera, industrial y comercial que ha involucrado a la industria energética internacional y, entre ella, a la misma industria nuclear.

De manera específica la recesión prolongada de la industria nuclear internacional y su crisis actual se explican por factores técnicos, sociales y políticos que han impedido la obtención de los jugosos beneficios esperados y planeados por los múltiples propietarios de esta industria: modificaciones en el consumo energético respecto a lo planeado hace veinticinco años en virtud de la evolución cíclica de la economía, la crisis de 1974-1975 y la larga fase depresiva de los últimos diez años; crecimiento sin precedentes de los retrasos en la puesta en marcha de reactores en virtud del aumento de requerimientos y requisitos técnicos, sobretodo acelerados a partir del accidente del reactor número 2 de la planta de Three Mile Island en Harrisburg, Estados Unidos, el 28 de Marzo de 1979; múltiples y diversas dificultades financieras ligadas a la evolución depresiva de la economía mundial, pese a que en esta ocasión la crisis no ha implicado una severa retracción del crédito internacional; igualmente múltiples y diversas oposiciones al desarrollo nuclear, que en algunos países, como Austria han implicado la suspensión definitiva de la evolución nuclear.

La crisis de la industria nuclear se ha manifestado en una caída muy acelerada de los nuevos pedidos de reactores y en la suspensión ya no sólo de pedidos formalmente establecidos, sino de plantas, incluso con avances notables en la construcción:

Ciertamente hasta 1974 y 1975, la industria nuclear experimentó un rápido crecimiento en los países industrializados y generó grandes expectativas en países semindustrializados y en algunos países en pro-

ceso de industrialización que formularon sendos programas de diversificación energética por la vía nuclear. Durante todos estos años de relativo auge nuclear, surgieron múltiples procesos de transferencia de tecnología nuclear -originalmente desarrollada en los Estados Unidos, principalmente, y en la Unión Soviética<sup>4</sup>- que permitieron la consolidación de no menos de diez empresas de reactores que bajo licencia de los dos grandes consorcios norteamericanos Westinghouse y General Electric, desarrollaron y aun modificaron los dos tipos principales de reactores nucleares: el PWR (Pressurized Water Reactor) y el BWR (Boiling Water Reactor). General Electric estableció acuerdos con las empresas Allgemeine Elektrizitäts Gesellschaft (AEG, alemana) y con Toshiba y Hitachi (japonesas); Westinghouse, por su parte, los estableció con Siemens (alemana) y con Mitsubishi (japonesa), además de que la misma Siemens, más tarde, transfirió tecnología a Fuji Electric, también japonesa. Fuera de esta influencia original norteamericana, otras firmas importantes desarrollaron reactores para el mercado mundial: la empresa suiza Brown Boveri and Cie; la francesa Framatome -aunque ésta estableció cierto nivel de relaciones de intercambio con Westinghouse-; la británica Parsons; la sueca ASEA Atom; y, desde luego, el consorcio estatal soviético Atomenergexport, denominación con que se identifica a las empresas soviéticas nucleares. Con otro tipo de reactor, el HWR (Heavy Water Reactor), el consorcio canadiense, producto de la múltiple asociación de General Electric, Westinghouse, Babcock and Wilcox (norteamericanas) y algunas firmas británicas, ofreció una alternativa tecnológica a los reactores PWR y BWR que utilizan uranio enriquecido y agua ligera como moderador., pues el HWR utiliza uranio natural

4) Quizá con menos recursos que el Proyecto Manhattan, pero con la presión de Stalin para contar con la bomba, científicos básicamente soviéticos -pese a las historias sobre los espías extranjeros- y algunos científicos alemanes desarrollaron la tecnología de reactores, pero buscando también la bomba, que detonaron en agosto de 1949.

y agua pesada. Precisamente sobre la base de esta expansión y difusión tecnológicas, el número de reactores nucleares generadores de electricidad creció de 16 en 1960 a 89 en 1970 y a 175 en el año de 1975, para luego experimentar una impresionante desaceleración que se agudizó los últimos cinco años.

Ciertamente en términos de generación eléctrica, la vía nuclear ha tenido mayor dinamismo que otras fuentes: termoeléctrica convencional, hidroeléctrica, carboeléctrica; pero hoy en día no se ofrecen los pronósticos optimistas de hace, incluso, doce años, cuando a propósito de la "crisis energética" se consideró que la industria nuclear experimentaría una aceleración sin precedentes. Pero no ha sido así y junto con estos diez años de depresión mundial, la industria nuclear ha decaído y no ha logrado las metas propuestas ni ha satisfecho las proyecciones establecidas.

En virtud de todo ello y en concomitancia con la reestructuración internacional, la industria nuclear también se reestructura, redefiniendo tanto sus acuerdos y alianzas intermonopólicos e interestatales, tradicionalmente gestionados en el Club de Londres<sup>5</sup>, que empiezan a

---

5) El Club de Londres está formado por el grupo de países industrializados de mayor desarrollo nuclear para controlar la transferencia internacional de tecnología nuclear. Fundado por Canadá, Francia, la República Federal de Alemania, Japón, el Reino Unido de la Gran Bretaña e Irlanda del Norte, los Estados Unidos y la Unión Soviética, cuenta hoy con quince miembros pues se han sumado Bélgica, Checoslovaquia, Italia, República Democrática Alemana, Polonia, Suecia, los Países Bajos y Suiza. Su motivación fundamental es mantener su dominio, mantener su hegemonía, controlar las exportaciones de ciertos materiales nucleares tratando de evitar que más países produzcan la bomba o armamento nuclear moderno que ponga en peligro su hegemonía en el ramo. Proclaman la necesidad de que ellos tengan el "pleno control" en las transferencias y para ello han formulado unas "Directrices para las transferencias nucleares" que, incluso, son más severas y restrictivas que lo acordado en el Organismo Internacional de Energía Atómica. Cfr. Alonso Gitta, MEMORANDUM SOBRE EL CLUB DE LONDRES, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, junio 1980.

modificar tanto las formas y mecanismos de financiamiento, como los lineamientos industriales y comerciales mismos. Reagrupación de los consorcios internacionales de la industria nuclear; reagrupación de las fuentes de financiamiento de su expansión; búsqueda de alternativas de comercialización; búsqueda de resolución de los problemas de seguridad y salvaguardias nucleares; entre otras medidas, configuran y redefinen la estrategia global de reestructuración de esta industria encabezada por grandes monopolios internacionales.

## 2. Fase expansiva del desarrollo económico internacional y desarrollo energético.

Hoy se reconoce plenamente que la Segunda Guerra Mundial en la que, incluso, se vieron involucrados el conjunto de países que en el período de entreguerras se habían ido separando paulatinamente del mercado mundial -el campo socialista-, no es sino expresión ineludible de las luchas interimperialistas que desencadenó la evolución de las contradicciones internacionales engendradas luego de la Primera Guerra Mundial y de la Gran Depresión de 1929. También se reconoce que esta Guerra implicó una reestructuración radical del sistema económico mundial y que asumió las características propias de una nueva correlación internacional de fuerzas en la que los Estados Unidos ejercían una hegemonía absoluta y de un intento generalizado de las nuevas potencias industriales por "civilizar" los adelantos tecnológicos logrados durante la guerra y que, en definitiva, representaron el triunfo de los aliados merced al éxito del proyecto Manhattan que logró producir la bomba atómica.

La hegemonía norteamericana se asentó en un extraordinario crecimiento de la productividad desarrollado durante la Guerra y que supuso un notable avance de algunas ramas industriales<sup>6</sup> Esta hegemonía cobró fuerza en los acuerdos de Breton-Woods en los que el esquema monetario triangular de la libra, el franco y el dólar fué sustituido por un esquema con primacía absoluta del último, constituido ya para esos momentos de fines de la década de los cuarenta y principios de los cincuenta, en dinero mundial, bajo el supuesto de una fijación de su paridad con el oro<sup>7</sup>.

Ahora bien, la incorporación industrial de las innovaciones tecnológicas logradas durante la Segunda Guerra fué posibilitada también por la destrucción de los elementos materiales de valorización del capital fijo<sup>8</sup>, factor que resultó fundamental en la ulterior evolución económica favorable de Japón y Europa en la medida que significó una importante caída de la composición orgánica del capital y que la introducción de las innovaciones tecnológicas no rewertió de forma radical sino hasta mediados de los sesenta.

6) Mandel habla de una tercera revolución tecnológica que surge, precisamente de la economía de armamento desplegada en la Segunda Guerra y que se plasma en la posibilidad de una creciente automatización de los procesos productivos, que a su vez genera la posibilidad de "emancipación" de dichos procesos respecto a la fuerza de trabajo. Asimismo señala que la aplicación de "esta nueva tecnología comenzó en aquellas esferas de la industria química donde la fuerza impulsora decisiva es el abaratamiento del capital constante circulante". Mandel E., EL CAPITALISMO TARDIO, Ed. Era, México 1979, pp.189

7) De forma brillante Philippe Zarifian -INFLACION Y CRISIS MONETARIA INTERNACIONAL, Ed Blume, pp 11 a 157- señala que Breton Woods "materializa la necesidad de mejorar y desarrollar las corrientes de intercambio en el seno de la esfera imperialista, traduciendo la posición hegemónica del imperialismo norteamericano en las postrimerías de la Segunda Guerra Mundial... y se orienta a garantizar al máximo la libertad de pagos corrientes... favoreciendo un desarrollo rápido de los intercambios de capitales-mercancías. Es, además, una profesión de fe en las virtudes del liberalismo comercial... privilegiando las nociones de apertura, competencia y competitividad... garantizando que los países deficitarios por dicha apertura reciban créditos de un organismo: el Fondo Monetario Internacional".

8) Contradictoriamente la desvalorización del capital fijo -constituyente del capital constante global adelantado- permite una caída importante de la composición orgánica del capital que a su vez posibilita la recuperación de la tasa de ganancia, a pesar de los efectos devastadores de dicha desvalorización.

Así pues, y precisamente sobre estos dos grandes cimientos -los notables adelantos tecnológicos y los acuerdos internacionales de Bretton Woods-, sobrevino un acelerado desarrollo de la economía mundial que configuró una larga fase expansiva de más de quince años con dos momentos diferenciados: "una primera etapa, de reconstrucción económica y política de las principales regiones devastadas por la Guerra.. y de creación de las instituciones interestatales de carácter internacional... en las que ulteriormente se apoyaría la liberalización y regulación de las transacciones internacionales; y una segunda de firmes progresos hacia la restauración del mercado mundial capitalista, apoyada en el comienzo del crecimiento sostenido de las principales regiones industriales, la tendencia gradual hacia la superación de la "guerra fría" y el establecimiento de lazos de coexistencia pacífica con Oriente y de un circuito estable de intercambios comerciales y estabilidad monetaria entre América del Norte, Europa Occidental y Japón".<sup>9</sup> Por ello, a partir de la posguerra y hasta después de la primera mitad de la década de los años sesenta, reconocemos una consolidación de la economía y del mercado mundial, fundamentada en la creciente liberalización, en una expansión de las empresas e industrias internacionalizadas, en un importante crecimiento del comercio mundial y del crédito internacional, y en la consolidación de un "verdadero" ejército internacional de reserva de fuerza de trabajo que se manifestó en una proliferación de los procesos migratorios internacionales, situación que coadyuvó a fortalecer una tendencia hacia el lento crecimiento de los salarios reales, en muchos países por debajo de la productividad y que constituyó una de las condiciones esenciales del auge.

9) Dabat A., LA ECONOMIA MUNDIAL Y LOS PAISES PERIFERICOS EN LA SEGUNDA MITAD DE LA DECADA DEL SESENTA, en Teoría y Política No.1, abril-junio de 1980, pp.22 y 23. De este trabajo de Dabat y otro, denominado, TESIS PRELIMINARES SOBRE LA EVOLUCION DEL SISTEMA CAPITALISTA IMPERIALISTA MUNDIAL, Mimeo 1985, hemos tomado los elementos principales para el análisis de la evolución de la dinámica económica-social mundial.

CUADRO 1: INDICE DE PRODUCTIVIDAD Y SALARIO REAL 1960-1976  
(1960=100)

	<u>Estados Unidos</u>		<u>Alemania</u>		<u>Japón</u>	
	Salario	Productiv.	Salario	Productiv.	Salario	Productiv.
1960	100	100	100	100	100	100
1967	115	127	159	151	156	190
1971	123	140	244	184	244	288
1976	130	157	438	245	372	389

FUENTE: Busatto C., *LA CRISIS DEL IMPERIALISMO Y SUS CONSECUENCIAS SOBRE LA REPRODUCCION DEL CAPITAL Y LA INSERCCION DE LA ECONOMIA BRASILEÑA*, Tesis de Maestría DEFFE, UNAM, Julio 1979.

Salvo el caso alemán, el salario creció por abajo de la productividad, incluso en otros países cuyos datos no se insertan (Francia, Gran Bretaña, Canadá, Italia), aunque en estos últimos países sólo hasta la segunda mitad de la década de los años sesenta se manifestó más definitivamente esta misma tendencia.

Pero como en la actual forma de organización social de la producción y de la distribución de la riqueza toda tendencia conlleva sus contratendencia, en la misma fase de auge empezaron a engendrarse las condiciones para que el crecimiento de la relación trabajo muerto-trabajo vivo que implica la introducción de avances tecnológicos, se expresara en un aumento de la composición de valor de esta relación, y, consecuentemente en una creciente caída de la tasa de ganancia.

Efectivamente la fase expansiva de desarrollo económico mundial implicó una creciente extensión del sistema capitalista, que amplió las bases y los espacios de su reproducción, precisamente por la ampliación tan extraordinaria que experimentaron tanto el mercado mundial, el comercio, como la producción, sustentado esto en una difusión amplia de los avan-

ces tecnológicos que implicaron una mecanización más extendida en los procesos productivos y, también consecuentemente, un aumento en la tasa de plusvalor y en la tasa de ganancia. Pero simultáneamente se desarrollaron nuevas formas de concentración y centralización de capitales, en el ámbito denominado privado merced a la creación de nuevas formas organizativas del capital financiero, del capital industrial, bancario e industrial y en el ámbito denominado público merced a una reorganización tanto de los Estados nacionales como de los organismos internacionales de control y regulación de la reproducción, que fueron dando como resultado global una internacionalización mayor del proceso de reproducción en todos los niveles: a nivel del financiamiento de la reproducción -tanto a nivel nacional como mundial-; a nivel de los procesos productivos que se internacionalizaron en algunas de sus fases; a nivel del comercio mundial, que creció como pocos años; y, como ya mencionábamos, a nivel de la misma regulación que se tradujo en una organización internacional más fina de todos los organismos internacionales: FMI, GATT, BIRF, OPEP, etc.

Pero entre los factores que surgieron a manera de contratendencia de este notable auge, podemos señalar los siguientes: 1) por la notable ampliación de la producción y la difusión extensiva de los desarrollos tecnológicos, se produjo un aumento importante de capital fijo y de sus costos de reposición; 2) por los mismos desarrollos tecnológicos tan notables, se produjo una depreciación acelerada de los equipos, además de que se agudizó la concurrencia tanto a nivel nacional como mundial; 3) por la ampliación productiva y, principalmente, industrial, se suscitó una notable expansión urbana concentrada que supuso no sólo nuevos problemas, sino una ampliación de los recursos destinados a esa

expansión que suscitó severos conflictos, sobretodo para los Estados, principalmente en los países que empezaron a acceder a una industrialización sostenida -semiindustrializados- o que comenzaron su industrialización; 4) por la consolidación de los nuevos consorcios financieros y la ampliación estatal propias de la aceleración del proceso de concentración y centralización, se amplió de manera espectacular el volumen de gastos improductivos -públicos y privados-; 5) por la ampliación del monopolio, también ligada al proceso de centralización y concentración de la época, cayeron las ganancias extraordinarias que una menor difusión tecnológica y una extensión también menor de la producción a nivel mundial habían permitido los primeros años de esta gran fase de auge: Por eso, podemos decir que a lo largo de esta largo período comprendido entre los años 1948 y 1973 -homogéneo pese a ciertas coyunturas particulares como la de 1958 de crisis y como la de 1968 a 1969 de franca desaceleración- podemos encontrar dos grandes períodos básicos, como antes se señaló: el primero de restauración y reestructuración global de los mecanismos de la acumulación de capital a escala mundial (1948-1960); y el segundo de sólida expansión e internacionalización del capital, caracterizado por una creciente hegemonía del capital financiero (1960-1973)

Y precisamente a lo largo de estos dos grandes períodos es posible reconocer, también, dos circunstancias nuevas, producto de esta expansión e íntimamente ligadas a la expansión del mercado mundial y a la consolidación del capital financiero. Se trata, por un lado, de la rápida recuperación y el rápido crecimiento de los países europeos y del Japón. Y, por otro, del crecimiento y fortalecimiento industrial de algunos países llamados periféricos que lograron convertirse en

países semiindustrializados en los que las formas intensivas de acumulación del capital pasaron a ser el fundamento de su evolución económica y social.

En el plano energético, su consumo, su producción, la estructuración del mercado, la evolución de la producción, los procesos de financiamiento de esta esfera, por señalar algunos elementos de esta realidad, la fase expansiva de la acumulación a nivel mundial implicó modificaciones importantes que conviene notar.

En términos de la evolución del volumen de minerales energéticos y combustibles que fueron comercializados en el mercado mundial, se experimentó un comportamiento creciente: de 1950 a 1960 se duplicó la comercialización internacional de energéticos y combustibles, creciendo tres veces, doce años después, en 1972.

CUADRO 2: INDICE DEL VOLUMEN DE ENERGETICOS COMERCIALIZADOS  
(1965=100)

1950	32
1955	45
1960	66
1965	100
1970	172
1972	198
1973	219

---

FUENTE:Elaboración propia con datos de ONU, YEARBOOK OF INTERNATIONAL TRADE STATISTICS, diversos años.

Estos cambios se expresaron también en la variación de la factura energética mundial, que de aproximadamente 4 mil millones de dólares en 1950 ascendió a 9,600 millones en 1960, 14 mil en 1965, y 23 mil millones en 1970.

CUADRO 3: COMERCIO MUNDIAL DE ENERGETICOS 1950-1973

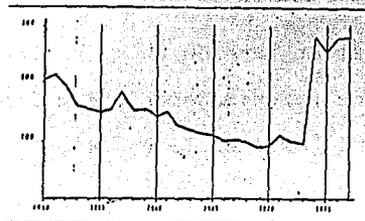
(millones de dólares)

1950	4,000
1955	6,500
1960	9,600
1965	14,300
1970	23,700
1972	34,000
1973	49,700

FUENTE: ONU, YEARBOOK OF INTERNATIONAL TRADE STATISTICS, diversos años 1950-1984

Sin embargo, pese a este crecimiento tan sorprendente en la comercialización internacional de energéticos, ha de notarse, al menos hasta fines de la década de los sesenta, un crecimiento ligeramente mayor del volumen de energéticos comercializados que su valor, lo que muestra una tendencia relativamente conservadora en la evolución de los precios. Un ejemplo muy claro de esto, considerado en términos reales lo muestra el comportamiento de los precios del petróleo crudo importado por Francia los años 1950 a 1970, cuyo precio real experimentó, como en general la factura energética, una clara tendencia a la baja, además de la modificación radical de la composición en el consumo mundial de combustibles.

GRAFICA 1: EVOLUCION DE LOS PRECIOS REALES DEL CRUDO  
(francos franceses de 1970 por ton.)



FUENTE: Martin Jean-Marie, PRODUCCION Y CONSUMO DE ENERGIA, en Investigación Económica, abril-sept. 1979, revista de la Facultad de Economía, UNAM.

Efectivamente, el consumo mundial de energéticos experimentó una transformación muy importante; mientras que en 1950, 1956 y 1960 el carbón representó, respectivamente, el 60%, 55% y 52%, esta participación se transformó totalmente para 1970, año en que el carbón significó solamente el 35% del consumo mundial de combustibles y energéticos. Su lugar fué ocupado paulatinamente por el petróleo y el gas natural que recibieron gran impulso con los descubrimientos de los yacimientos del Medio Oriente a fines de los años treinta; estos, entre otras cosas, además de extensos eran poseedores de una fertilidad muy grande respecto a los yacimientos estadounidenses del Golfo de México. Precisamente los hidrocarburos -petróleo y gas- representaban en 1950 un 39% del consumo mundial y para 1970 llegaron a representar ya el 63% del consumo mundial: 42% el petróleo y 21% el gas natural. Es decir, entre una de las características principales del desarrollo energético mundial de esta gran fase expansiva del mercado mundial, se descubre un cambio importante en el patrón mundial de consumo energético: anteriormente sustentado en el carbón, pasará a depender casi absolutamente del petróleo y del gas natural.<sup>10</sup>

---

10) En realidad este será el cambio más importante y radical en el patrón de consumo energético mundial luego de la Segunda Guerra, pese a que se ha venido hablando de "diversificación energética" permanentemente, sin lograrse mayor éxito, ni siquiera -como luego veremos- con la alternativa nuclear. En realidad la diversificación nunca podrá consolidarse con "buenas intenciones o declaraciones"; es necesaria una base económica real, como sucedió con el petróleo, según explican con detalle y finamente Centeno R, ECONOMIA DEL PETROLEO Y DEL GAS NATURAL, Tecnos, Madrid 1974 y Chevalier Jean-Marie, LA BAZA DEL PETROLEO, Laia, Barcelona 1974, quienes, como hemos dicho, señalan realmente la dinámica material que permitió esta transformación en el patrón de consumo. Por lo demás, como estos mismos autores demuestran, se trata de un patrón cualitativamente diferente, pues en virtud de las innovaciones tecnológicas incorporadas después de la Segunda Guerra, se modificaron de manera importante algunas eficiencias de transformación energética. Por ejemplo, en 1950 se requerían 5,000 kilocalorías para producir un kilowatt-hora de electricidad, es decir un kilo de carbón producido en México; para 1970 se requerían solamente unos 2,200 kilocalorías, es decir, menos de medio kilo del mismo carbón. Así, muchos coeficientes de transformación se han ido modificando (Cfr. autores señalados) y, consecuentemente, el patrón de consumo representa no sólo otros porcentajes sino de calidad diversa.

CUADRO 4: CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMARIA\*1950-1970  
(Porcentajes)

	<u>1950</u>	<u>1956</u>	<u>1960</u>	<u>1965</u>	<u>1970</u>
Total	100%	100%	100%	100%	100%
Carbón	60%	55%	52%	43%	35%
Petróleo	29%	30%	31%	37%	42%
Gas Natural	9%	13%	15%	18%	21%
Electr**	2%	2%	2%	2%	2%

FUENTE:Elaboración propia con datos de ONU,ENERGY STATISTICS YEARBOOK, diversos años 1960-1983

\*)Para algunos años la ONU ofrece cifras distintas; siempre se han tomado las cifras de la publicación más reciente. \*\*)Nuclear e Hidráulica.

Otra situación importante a resaltar es la creciente importancia de la electricidad.<sup>11</sup> En términos de la electricidad primaria -generada por vapor geotérmico, energía nuclear o cuencas hidráulicas- su participación se conservó más o menos constante:un 2% aproximadamente. Pero considerada globalmente, es decir, considerando la electricidad generada por carbón y por hidrocarburos, su importancia ha ido en ascenso. Mientras que en 1950 la electricidad representaba un 12.6% del consumo energético global, esta porcentaje se elevó a un 22% en 1970, tendencia que ha continuado y que manifiesta, por un lado, la importancia tan -rande que han ido adquiriendo las tecnologías de generación de electricidad y, por otro, la transformación tecnológica en el consumo final hacia instrumentos y equipos operando a base de electricidad.

11)La electricidad, como hemos indicado en el capítulo I, es una forma intermedia de energía, generada a partir de hidrocarburos (combustible y gas), carbón y merced a la utilización de la energía cinética de cuencas hidráulicas, la fuerza de los vapores geotérmicos o la energía nuclear de un reactor. Es, pues una forma intermedia, pero que se obtiene con un desperdicio muy grande de energía calorífica, compensado, acaso, por su versatilidad y por el alto rendimiento con el que se transforma en energía útil:calor, movimiento,iluminación, reacciones químicas. Usando las cifras de la nota anterior (10) diremos que un kilowatt-hora se genera con 2,200 kilocalorías, aunque la energía final disponible es solamente de 850 KCal, aproximadamente. Ahora bien para el caso de la electricidad se requiere que la producción coincida permanentemente con el consumo-por la imposibilidad de hecho para almacenarla;luego la instalación de plantas generadoras de electricidad debe obedecer, para optimizar la utilización de recursos- a una planeación y programación adecuadas. ¡Nada más alejado de una realidad en la que se planea sin considerar el carácter cíclico y recurrentemente crítico de la evolución económica bajo el desarrollo capitalista! El ejemplo de México, como veremos luego, resulta dramático en este sentido. Decenas de planes, programas y proyecciones, totalmente refutadas por la realidad.

CUADRO 5: EVOLUCION DE LA ELECTRICIDAD MUNDIAL

	CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA	GENERACION EJ*	ELECTRICIDAD TWh	ELECTR/CONS.MUND. (porcentaje)
1950	76.2 EJ	9.60	1,045	12.6%
1955	100.9 EJ	13.80	1,500	13.7%
1960	131.2 EJ	23.20	2,520	17.7%
1965	162.0 EJ	31.30	3,400	19.3%
1970	228.0 EJ	50.10	5,440	22.0%

FUENTE:Elaboración propia con datos de IAEA,ENERGY AND NUCLEAR POWER PLANNING IN DEVELOPING COUNTRIES,Vienna 1985; British Petroleum,BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY,june 1984; ONU,ENERGY STATISTICS YEARBOOK,diversos años.

\*)1 EJ=  $10^{18}$  julios; 1 EJ=  $277,778 \times 10^6$  kWh (electricidad primaria, que se transforma en electricidad secundaria multiplicando por un factor de  $860/2,200=0.390909$ ).

En general, pues tenemos modificaciones sustanciales en la estructura del consumo energético mundial, además de que se trata de una estructura más "involucrada" con el mercado mundial. Es decir, la satisfacción de las necesidades de energía y combustibles para la reproducción se cubren con un acceso cada vez mayor al mercado mundial. Un indicador de esta tendencia es la relación entre el crecimiento del incremento del volumen de energéticos comercializados en el mercado mundial y el incremento del PIB a nivel mundial cuya relación mostraría la tendencia a la internacionalización, específicamente de los energéticos y combustibles.

CUADRO 6:INTERNACIONALIZACION DE LOS ENERGETICOS

	(1) Incremento del volumen de energéticos comercia- lizados en el merc.mund.	(2) Incremento del PIB real en los países capital.	(1/2) Coeficiente de internac. de energét.
1950-1955	10.2%	4.5%	2.27
1955-1964	8.8%	4.5%	1.96
1964-1968	12.4%	4.9%	2.53
1968-1973	17.7%	4.7%	3.77

FUENTE:Construido con datos señalados en el cuadro 3 y datos del PIB de ONU, YEARBOOK OF NATIONAL ACCOUNT, citados en Dabat, LA ECONOMIA MUNDIAL, Op.Cit., Teoría y Política No.1, abril-junio 1980

Sin embargo, conviene notar que se trata de una internacionalización desigual, es decir, el acceso al mercado mundial de los energéticos y la participación en el consumo mundial de combustibles y energéticos es absolutamente desigual, como desigual es también la participación de la factura energética en las importaciones de diversos países.

En cuanto al consumo, notemos que para 1965, en pleno auge, Europa Occidental, Norteamérica -Estados Unidos y Canadá- y Japón, consumían más del 60% de la energía primaria mundial, en tanto que los países socialistas un 28% y América Latina y el Sudeste Asiático, apenas consumían el 3.6% y el 2.8% de la energía primaria mundial. Se trata, además de participaciones que se conservaron hasta mediados de los setenta y que sólo después del primer "shock" petrolero empezaron a modificarse. Precisamente para 1970 Europa Occidental había elevado su participación a un 21% y Japón, de un 3.9% en 1965, había ascendido a un 5.5% para aquel año. En conjunto, Japón, Europa y Norteamérica habían elevado su participación a un 62% de la energía mundial; y por su parte tanto el Sudeste asiático como América Latina conservaron su participación relativa más o menos constante.

CUADRO 7: PARTICIPACION EN EL CONSUMO ENERGETICO MUNDIAL

	<u>1965</u>	<u>1970</u>	<u>1973</u>
Europa Occidental	20.9%	21.1%	21.0%
Norteamérica	36.8%	35.2%	33.9%
-Estados Unidos	33.7%	32.1%	30.7%
Japón	3.9%	5.5%	5.9%
América Latina	3.6%	3.7%	4.0%
Sudeste Asiático	2.8%	3.1%	3.3%
Países Socialistas	28.2%	27.1%	27.7%

FUENTE: Elaboración propia con datos de British Petroleum, 1984

Y en cuanto a la participación que la factura energética adquirió en las importaciones, sobresale la situación de los países industrializados en los que los combustibles representaron desde un 5% de las importaciones -Canadá en 1970- hasta un 21% -Japón en 1970-, participaciones relativamente bajas, expresión de una tendencia conservadora de los precios, especialmente del petróleo cuyos precios en términos reales, fueron disminuyendo de manera importante, como antes hemos anotado.

CUADRO 8: IMPORTACIONES DE COMBUSTIBLES  
(porcentaje de importaciones totales)

	<u>1960</u>	<u>1965</u>	<u>1970</u>
Estados Unidos	10.4%	10.4%	7.2%
Alemania	7.7%	7.8%	8.8%
Japón	16.5%	20.0%	21.0%
Reino Unido	10.6%	10.7%	10.5%
Italia	14.1%	15.7%	14.0%
Francia	17.0%	15.5%	12.0%
Canadá	8.8%	7.3%	5.0%

FUENTE:Elaboración propia con datos de ONU, YEARBOOK OF INTERNATIONAL TRADE STATISTICS, diversos años.

Para fines de la década de los años sesenta, estas importaciones de energéticos se constituyeron en un 85% de petróleo crudo y gas natural, pues el carbón apenas representaba ya el 14% de la comercialización mundial de combustibles, Y, precisamente, en términos de su participación en las importaciones de crudo y gas natural, sobresale la escasa participación de algunas regiones en el mundo, situación relacionada con su participación marginal en el consumo, por un lado, o por la existencia de un volumen importante de recursos por otra, como es el caso del Medio Oriente y de México y Venezuela.

CUADRO 9: DISTRIBUCION DEL COMERCIO DE CRUDO Y GAS \*

(Participación en las importaciones)

	1969	1970	1971	1972	1973
Europa Occidental	58%	59%	58%	56%	52%
	41%	39%	39%	42%	47%
Norteamérica	12%	11%	10%	12%	14%
	38%	38%	37%	36%	30%
-Estados Unidos	10%	9%	8%	10%	12%
	35%	37%	37%	36%	30%
Japón	13%	13%	13%	15%	16%
	11%	13%	12%	13%	15%
América Latina	8%	9%	10%	9%	11%
	8%	7%	9%	7%	7%
Sudeste Asiático	5%	5%	6%	5%	5%
	1%	1%	1%	1%	1%

FUENTE:Elaboración propia con datos de ONU, YEARBOOK OF INTERNATIONAL TRADE STATISTICS, diversos años.

\*)El primer renglón corresponde a crudo, el segundo al gas.

La escasa participación de regiones como el sudeste asiático, América Latina o Africa, no es sino expresión de la situación general que guarda las reservas energéticas, en este caso de crudo, su consumo y su comercialización. Precisamente de los años de 1969 a 1973, las importaciones de los países en desarrollo apenas alcanzan un 15.3% en promedio, mientras que las exportaciones de crudo de estos países en desarrollo tienen un promedio del 94%. Esto muestra, evidentemente, que los recursos no están donde se consumen, salvo el caso de Estados Unidos y la Unión Soviética, que como hemos mostrado en el primer capítulo, son poseedores de un volumen importante de recursos energéticos (Cfr. Primer Capítulo pp.23 a 43). La relación anterior, por cierto, es más extrema para el caso del Medio Oriente, que participa un escasísimo 1% en el consumo mundial -importaciones- de crudo, pero proporcionalmente, ni más ni menos, que el 53% en promedio en estos últimos años de la década de los sesenta y primeros años de la década de los setenta.

Pero atrás de esta relación, se encuentra una historia muy importante, definitoria respecto al panorama energético mundial: la de las reivindicaciones de los países petroleros en contra del control monopólico que sobre sus propios yacimientos ejercieron durante muchos años las grandes compañías de petróleo, llamadas las Siete Grandes: Standard Oil, Mobil Oil, Gulf, Texaco, SOCAL, British Petroleum, Shell, la mayoría expresión de la asociación de capitales norteamericanos y británicos.

Se ha mencionado en diversas ocasiones que el juego del petróleo es el juego por el excedente, por la renta petrolera. Durante todo el primer capítulo hemos tratado de señalar que atrás del juego de precios y de las pugnas en torno al control de la esfera de producción y el mercado energéticos se encuentra la disputa por las ganancias extraordinarias que el control monopólico de una fertilidad natural o de una ubicación estratégica respecto a los grandes centros de consumo, pueden generar. Precisamente de 1950 a 1973 esta disputa queda plenamente expresada. Acciones concertadas de las Grandes compañías petroleras para controlar precios y permitir que incluso yacimientos con altos costos de recuperación puedan ingresar al mercado; pugnas de estas grandes compañías con los Estados de países petroleros; acuerdos violentos y violentados respecto a las participaciones fiscales; investigaciones diversas para conocer la realidad económica de la explotación petrolera por parte de dichos Estados petroleros; nuevas compañías -francesas, italianas, japonesas, norteamericanas, canadienses- buscando alternativas para librar al monopolio de las Siete Grandes que en 1970 controlaban, precisamente, el 80% de las exportaciones

de crudo y el 90% de la producción del Medio Oriente, que como señalamos anteriormente, participaba con más de la mitad de las exportaciones mundiales. Se trata de acontecimientos vividos durante esa gran fase expansiva del mercado mundial que, entre otras cosas, propició que algunos países maduraran social y políticamente y, para el caso particular de los países petroleros, se fueran gestando movimientos de emancipación de las concesiones "draconianas" establecidas con las grandes empresas monopólicas petroleras. México había sido el primer país en nacionalizar sus recursos naturales energéticos en el año de 1938. Irán desplegó un movimiento reivindicativo importante en 1951, y con la fundación de la OPEP en 1960 países como Irak, Venezuela, Kuwait, Arabia Saudita, Argelia y Libia habían decidido buscar su independencia de las grandes compañías petroleras, proponiéndose la búsqueda de acuerdos comunes para replantear la participación fiscal en la explotación petrolera, primero, y controlar precios y producción después, situación que sólo hasta la década de los años setenta se concretó en íntima relación con la denominada "crisis energética" que consideraremos luego.

CUADRO 10: MOVIMIENTOS NACIONALIZADORES EN PAISES PETROLEROS

	<u>Empresas Estatales</u>	<u>Año de Creación</u>	<u>Año de Nacionalización</u>
México	PEMEX	1938	1938
Irán	NIOC	1954	1951
Venezuela	CVP	1960	1970
Kuwait	KNPC	1960	1970
Arabia Saudita	PETROMIN	1962	1970
Argelia	SONATRACH	1963	1965
Irak	INOC	1965	1970
Libia	LINOCO	1969	1970

FUENTE: Elaborado con datos de Chevalier J-M, LA BAZA DEL PETROLEO, Iai 1974

Hasta antes de la crisis que comenzó en 1970-1971, los precios de los hidrocarburos se habían mantenido relativamente estables, incluso con cierta baja real, como mencionamos antes. En los Estados Unidos el 80% del consumo proveniente de recursos nacionales se cotizaba a un precio de 3.50 Dll por barril; y el 20% del petróleo se importaba a un precio de 2.17 Dll. por barril. En Europa y el Japón, también antes de la crisis, el petróleo se conseguía a 2.00 Dll por barril, teniéndose a nivel mundial un precio de referencia en base al crudo árab ligero 34o.API, entonces cotizado a 1.80 Dll por barril, sin incluir fletes. Considerando, además, que los combustibles participaban entonces en un 15% del precio de costo de los productos industriales manufacturados, esta tendencia a la baja de los precios, sostenida casi toda la fase expansiva, representó una circunstancia muy importante para la elevación de la tasa de beneficio, al deprimir la elevación de la composición del capital. Por lo demás se trataba de un precio establecido sobre la base de un costo de recuperación máximo mundial de entre 10 y 15 centavos de dólar, según afirman varios autores especializados,<sup>12</sup> lo cual permite suponer la existencia de yacimientos con costos menores, pues parte de la política de las Grandes era propiciar la participación de yacimientos con costos más elevados, incluso que el promedio, máxime cuando la tendencia a la alta del consumo lo permitía.

Sin embargo, en virtud de las expresiones emancipadoras que desde fines de la década de los años cincuenta empezaron a manifestarse, tanto las grandes compañías como diversos países cuyo abastecimiento energético dependía de la subordinación política y económica de algunos países, diversificaron y aceleraron sus exploraciones buscando abasteci-

---

12) Para estos datos y la explicación general del movimiento de emancipación de los países petroleros consúltese a Chevalier Op.Cit., a Arce Isaac, Luis, PETROLEO Y POLITICA CRISIS ENERGETICA, Minfar, La Habana 1979., y Centeno R., Op.Cit. Angelier, LA RENTA PETROLERA.

mientos alternativos, tanto de petróleo mismo, como de carbón -que se venía revalorizando de manera creciente- y de energía nuclear que no había logrado la expansión planeada.

En cuanto a yacimientos petroleros alternativos, se disponía ya de Alaska que, pese a sus problemas, garantizaba un abastecimiento a partir de 1976, según se estimaba. Estaba también el Mar del Norte, que produciría más o menos el 10% del consumo europeo y que empezaría a producir a partir de 1980. Noruega también garantizaba alguna producción futura. Y en México -siempre tan cerca de Estados Unidos- se empezaron a acelerar las labores de prospección y exploración, pues se estimó -como resultó cierto- que podrían aumentar rápidamente las reservas mexicanas de crudo y gas natural.

La revalorización del carbón se sustentaba en las investigaciones y desarrollos para su licuefacción y gasificación, por un lado, y para la disminución de los problemas de desulfuración<sup>13</sup>.

---

13)Técnicamente puede considerarse al carbón como un hidrocarburo con una enorme deficiencia de hidrógeno, con una mezcla mayor de otros minerales. Existen, pues, tres técnicas de conversión del carbón:pirólisis, gasificación e hidrogenación, que podrían alterar sus estructura química para convertirlo en gas sintético, que luego de su purificación, se compondría de monóxido de carbono e hidrógeno, elementos que se recombinarían en procesos catalíticos para producir el combustible deseado:metano, metanol, crudos ligeros, etc. Respecto a la licuefacción del carbón es posible descubrir, al menos, dos tendencias:la obtención de combustibles propios(eliminación de azufre, nitrógeno y oxígeno de los minerales utilizando catalizadores, presión, temperatura e hidrógeno) y la obtención de un producto base, sustituto del petróleo crudo(más hidrogenado que el propio combustible). Y en torno a la gasificación, se ha estudiado su cinética en dos reacciones:con oxígeno aislado y con oxígeno combinado y se han mencionado dos tipos de gasificación:gasificación in situ, orientada a aprovechar yacimientos profundos de carbón y la gasificación en superficie con tres resultados diferentes:un gas de bajo poder calorífico;un gas de poder calorífico medio; y, finalmente un gas de poder calorífico equivalente al gas natural, que, obviamente, tendrían diversas utilizaciones y aplicaciones. Sin embargo se trata de procesos que aún no han sido resueltos técnicamente en todos sus aspectos y que económicamente aún presentan problemas. Para más detalles véase HAMDAN F,ARELLANO J.,LEE JS.,LA GAZEIFICACION DU CARBON,Rapport de Seminaire,Mimeo, 1980. yIAEA,Energy and..Op.Cit.pp237 a 245.

Y en cuanto al desarrollo nuclear, pese a la expansión importante -se generaba en 1970 el 2% de la electricidad mundial-, no se cumplieron las optimistas proyecciones y la extensiones estimadas a mediados de los años cincuenta, cuando se promovió el Programa de Átomos para la Paz y se fundó el Organismo Internacional de Energía Atómica. Pero tanto los problemas generados por la creciente emancipación de los países petroleros, la fundación de la OPEP y su ánimo por controlar precios y producción, por un lado, como la menor presión que la desaceleración económica que desde 1968 y 1969 se venía experimentando y que explotó en la crisis de 1974-1975, permitirían el surgimiento de condiciones para promover una campaña internacional pro-nuclear orientada tanto a acelerar los programas de los países industrializados, como a involucrar en esta alternativa a países semiindustrializados o de reciente industrialización, lo que reactivó, al menos momentáneamente, esta industria.

### 3. Expansión nuclear internacional

Hemos mencionado que la industria nuclear internacional se desarrolló, merced a fuertes promociones norteamericana y británica, a partir de la posguerra. Gran Bretaña y Estados Unidos, precisamente, encabezaron la "civilización" de esta industria originalmente bélica que integró tanto la industria minera del uranio y la industria del ciclo del combustible nuclear para reactores, como el desarrollo y la manufactura de materiales y equipo, conjunto de actividades que se mantuvo separadas de las actividades propiamente bélicas, de fabricación de armamento nuclear

Ahora bien, la civilización inmediata exigía crear un gran parque mundial de centrales nucleoelectricas, y precisamente el Programa de Atomos para la Paz anunciado por Eisenhower en la ONU en diciembre de 1953 centró parte de sus objetivos en la generación de electricidad por la vía nuclear, aunque simultáneamente este Programa se orientó a disminuir la ofensiva diplomática soviética hacia algunos países en vías de industrialización, a los cuales Estados Unidos ofreció la tecnología nuclear "civil" a cambio de que se aplicaran un conjunto de normas y salvaguardias nucleares, muchas de ellas plasmadas en el Acta de la United States Atomic Energy Commission de 1954, en la que se establecían severas restricciones y férreos controles para la transferencia de tecnología nuclear. Luego de la constitución de la USAEC, Estados Unidos promovió la firma de más de 40 acuerdos bilaterales con diversos países interesados en la tecnología nuclear y sus aplicaciones. Esta acción fue el antecedente más inmediato para la creación del Organismo Internacional de Energía Atómica (International Atomic Energy Agency) con sede en Viena en 1957 cuya acta de fundación señala, explícitamente, la necesidad de acelerar la contribución de la energía nuclear a los usos pacíficos y vigilar la utilización de la energía atómica en sus propósitos no militares. En dicho Organismo, además, se diseñó y aprobó aunque con retraso por las dificultades que comportaba, un sistema internacional de seguridad y salvaguardias nucleares, oficialmente dado a conocer en 1961.

Así, los años cincuenta representaron la época de organización internacional para utilizar pacíficamente la energía nuclear, organización que se ha enfrentado con el control de los grandes del Club de Londres.

Para 1953 únicamente cinco países operaban reactores nucleares de investigación: Canadá, Francia, el Reino Unido, Estados Unidos y la Unión Soviética, han sido considerados, por ello, los pioneros de las aplicaciones pacíficas de la energía nuclear, aunque siempre han sido igualmente beligerantes respecto al armamento atómico. Para 1963, gracias a las promociones internacionales del OIEA, 26 países contaban ya con reactores nucleares de investigación. Y para ese año se contaba, también con 54 reactores en el mundo, que representaban aproximadamente 4,600 MW(e) instalados.

CUADRO 11: REACTORES NUCLEARES INSTALADOS 1954-1970  
(Número y capacidad acumulada)

	<u>Número de reactores</u>		<u>Capacidad Nucleoeléctrica</u>	
	<u>Unidades</u>	<u>Acumulado</u>	<u>MWe</u>	<u>Acumulada</u>
	<u>Anual</u>		<u>Anual</u>	
1954	n.d.	2	n.d.	7
1955	-	2	-	7
1956	4	6	106	113
1957	4	10	101	214
1958	8	18	539	753
1959	4	22	361	1,114
1960	2	24	190	1,304
1961	3	27	265	1,569
1962	14	41	1,326	2,895
1963	13	54	1,673	4,568
1964	8	62	1,532	6,100
1965	4	66	1,006	7,106
1966	8	74	1,372	8,483
1967	6	80	1,689	10,172
1968	1	81	722	10,894
1969	8	89	4,048	14,942
1970	9	98	5,073	20,015

FUENTE: Elaborado con informes del Organismo Internacional de Energía Atómica, diversos años.

Y ya para 1970 la generación nucleoelectrica representaba el 1.8% de la generación eléctrica mundial, aunque para algunos países como Francia ( 8 reactores, 1,500 MW); Alemania (7 reactores 850 MW); Japón

( 5 reactores, 1,200 MW); Reino Unido (27 reactores 3,400 MW); Estados Unidos (17 reactores 6,170 MW); y la Unión Soviética (13 reactores, 1,500 MW) dominaban la estructura nucleoelectrica mundial en ese año.

Pero en términos de tipo de reactor el GCR (Gas Cooled Reactor), un reactor que utiliza uranio natural como combustible, grafito como moderador y gas carbónico (CO<sub>2</sub>) a presión como refrigerante, y que hasta 1970 dominaba el mercado en virtud de su amplia utilización en Francia<sup>14</sup> y en el Reino Unido (27), países en los que fué manufacturado por los consorcios electromecánicos SACM (Societe Alsacienne de Constructions Mechaniques) y por TNPG (The Nuclear Power Group). Pero también para 1970 los reactores PWR (Pressurized Water Reactor) y BWR (Boiling Water Reactor) manufacturados respectivamente por Westinghouse y General Electric empezaban a dominar el mercado mundial de reactores (35%), tanto por sus crecientes exportaciones como por su expansión en el mercado interno norteamericano.

Tanto General Electric como Westinghouse exportaron durante los diez años señalados más de 25 reactores, cifra que los primeros años de la década de los setenta se elevaría a más de 30 reactores, a diferencia de otras firmas prácticamente concentradas en el mercado interno: AECL de Canadá; FRAMATOME de Francia; ASEA-ATOM de Suecia; y Kraftwerk-Siemens de Alemania, que también a principios de los años setenta empezó a ser un exportador importante.

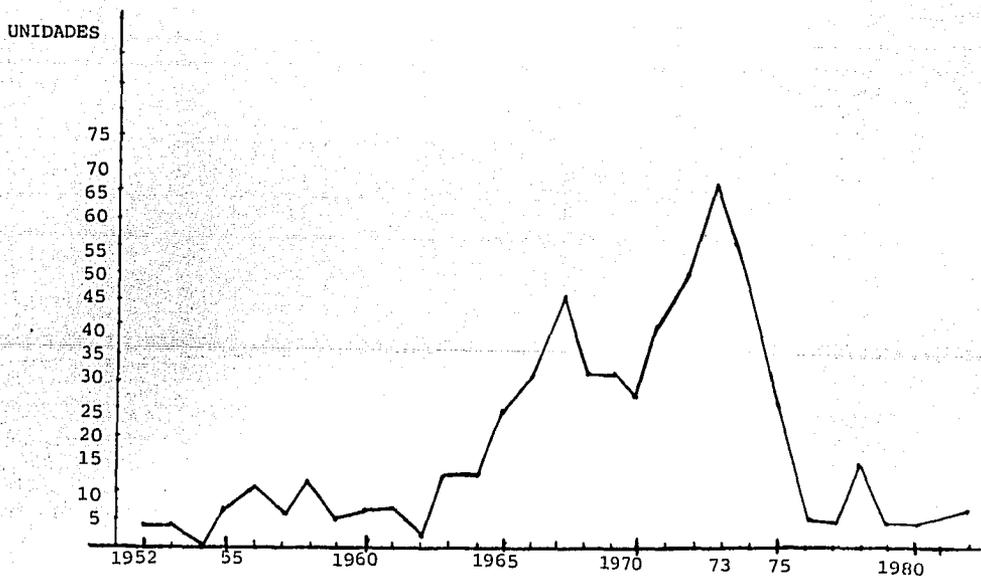
---

<sup>14</sup> Pocos años después, en los setenta, Francia abandonaría los reactores GCR y se lanzaría, luego de una reestructuración industrial de su consorcio estatal electromecánico y de su organización en el área nuclear, a fabricar reactores tipo PWR luego de haber adquirido la licencia de Westinghouse, produciendo años después un reactor con diferencias importantes respecto al original. Otras reagrupaciones también se dieron; ya hemos mencionado la asociación de las empresas Siemens y AEG en Alemania, la primera con licencia Westinghouse y la segunda con licencia General Electric, y fundaron la Kraftwerk Union AE (KWU) que desarrolló indistintamente los dos tipos de reactor. Algo similar ocurrió en Japón. Cfr notas anteriores pp.1 a 5

Pero el acontecimiento más importante de la década 1962-1968 fué el fortalecimiento de los pedidos de reactores nucleares a las grandes compañías exportadoras: General Electric, Kraftwerk, Wstinghouse, por un lado, y la expansión de las plantas nucleoelectricas nacionales, sobretodo en Canadá, Francia, Inglaterra, Japón, Suecia, Alemania y la Unión Soviética, aunque ya para fines de esos años sesenta, varios países semindustrializados se habfan involucrado en planes nucleoelectricos nacionales: Argentina, Brasil, India, Corea, Pakistán, México, Filipinas, Rumania, Taiwán, Yugoslavia, entre otros, fortaleciendo los pedidos de reactores.

GRAFICA 2 : PEDIDOS DE REACTORES NUCLEARES 1954-1984

( Unidades )



FUENTE:Elaboración propia con datos de Nuclear Power Progress, Nuclear Engineering International y reportes del Organismo Internacional de Energía Atómica,1984

Precisamente este comportamiento de los pedidos de reactores nucleares se expresará en un crecimiento aceleradísimo de reactores en operación durante los años de 1973 a 1979 y la caída que la gráfica anterior muestra a partir de 1976 también se expresará en la caída de nuevos reactores puestos en operación en los años ochenta, además de un conjunto más de elementos que han afectado dicha caída y que luego consideraremos a propósito de la persistente crisis internacional.

CUADRO 12: EXPORTACION\*DE REACTORES NUCLEARES 1960-1982

	Westinghouse (USA)		General Electric (USA)		KWU (Alemania)		AECL (Canadá)	
	Oper.	Constr.	Oper.	Constr.	Oper.	Const.	Oper.	Const.
Austria	-	-	-	-	1*	-	-	-
Bélgica	3	-	-	-	-	-	-	-
Alemania	-	-	1	-	-	-	-	-
Italia	1	-	2	2	-	-	-	-
Suecia	2	1	-	-	-	-	-	-
España	2	6	1	3	-	1	-	-
Suiza	2	-	1	-	1	-	-	-
Francia	1	-	-	-	-	-	-	-
Países Bajos	-	-	1	-	1	-	-	-
Yugoeslavia	1	-	-	-	-	-	-	-
Rumania	-	-	-	-	-	-	-	1
Japón	4	-	6	-	-	-	-	-
Argentina	-	-	-	-	2	1	-	1
Taiwán	-	2	3	1	-	-	-	-
Corea del Sur	1	5	-	-	-	-	-	1
India	-	-	2	-	-	-	2	2
Pakistán	-	-	-	-	-	-	1	-
Brasil	-	1	-	-	-	2	-	-
México	-	-	-	2	-	-	-	-
Filipinas	-	1	-	-	-	-	-	-
<b>TOTALES</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
<b>GRAN TOTAL</b>	<b>33 PWR</b>		<b>25 BWR</b>		<b>9 PWR BWR</b>		<b>8 HWR</b>	

\*)Además de estas compañías principales Framatome de Francia ha exportado dos reactores PWR a Bélgica; TNP del Reino Unido uno a Italia (GCR); SFAC de Francia (Creusot), un reactor GCR a España; ASEA-ATOM de Suecia exportó dos reactores BWR a Finlandia; General Electric de Gran Bretaña un reactor GCR a Japón; y la misma compañía francesa Framatome de Francia dos reactores PWR a África del Sur. Es decir, que al menos hasta el año de 1982 el mercado mundial de reactores había acumulado no más de 80 reactores exportados en 22 años, cifra muy por debajo de las predicciones formuladas a fines de la década de los años cincuenta y principios de los sesenta.

FUENTE:Elaboración con datos del Organismo Internacional de Energía Atómica y confirmados con datos del Commissariat d'Énergie Atomique (CEA) de Francia, citado por Angelier Jean Pierre, LE NUCLEAIRE, Maspero, Paris 1983.

Ahora bien, en relación indisociable con el desarrollo de la industria de reactores, básicamente de origen electromecánico -pues fué precisamente la industria de fabricación de centrales de potencia la que se orientó a la industrialización de los reactores- se fué desarrollando la industria del ciclo del combustible, que en función del tipo de reactores que se fueron imponiendo en el mercado, se conjuntó con las actividades de minería del uranio y de enriquecimiento del mismo, proceso fundamental en la fabricación de bombas atómicas.

En cuanto a la minería del uranio, ha de reconocerse que en la década de los años sesenta, cuatro potencias tenían el control de este mineral radiactivo, precisamente por el control que ejercían sobre los principales poseedores del mineral: el Reino Unido controlaba tácitamente los minerales de Australia, Canadá y Sudáfrica; Estados Unidos poseía suficientes recursos, además de ejercer también un cierto control sobre Sudáfrica, Canadá y Australia, en alianza con el Reino Unido; Francia controlaba el uranio de sus dominios en África Central, básicamente Nigeria y Gabón; y, finalmente, la Unión Soviética, además de sus yacimientos, controlaba los de Alemania del Este y Checoslovaquia. El proceso de fabricación del combustible nuclear, como hemos señalado en el primer capítulo (Cfr. pp.44 a 54), implica la producción de concentrados de uranio ( $U_3O_8$ ), su transformación en hexafluoruro de uranio ( $UF_6$ ) gas que permite un enriquecimiento del isótopo  $U^{235}$ , del 0.7% en que se encuentra normalmente al 3%, luego de lo cual se fabrican elementos combustibles que se introducen en el reactor y forman su núcleo radiactivo. El proceso más costoso de estos es, precisamente, el de enriquecimiento (60% del costo total); el menos costoso el de fabricación de elementos combustibles (10%); y la minería del uranio representa

un porcentaje del 30% sobre el costo total.

Pese a que actualmente existen seis procesos de enriquecimiento<sup>15</sup> del uranio en el período de la posguerra a fines de los sesenta, operaban exclusivamente cuatro plantas de enriquecimiento por la técnica de difusión gaseosa: la del Departamento de Energía de los Estados Unidos que produjo el uranio enriquecido para la bomba, situada en Oak Ridge, Estados Unidos y que produjo uranio enriquecido desde febrero de 1945; Francia, por su parte, contó también con una planta de enriquecimiento por difusión gaseosa en esos años, empezando a producir en 1964; es una planta administrada por el Comisariado Francés de Energía Atómica (CEA) y ubicada en Pierrelatte; el Reino Unido también cuenta desde 1950 con una central enriquecedora de uranio, ubicada en Capenhurst y que opera por el mismo procedimiento de difusión gaseosa, aunque básicamente orientada en sus orígenes a los usos militares. Además de estos tres países, la Unión Soviética contó con ese proceso de enriquecimiento desde la guerra y continúa con su planta original en Siberia.<sup>16</sup>

---

15) El enriquecimiento isotópico del uranio se logra por diversos procedimientos. En el proceso productivo directo, la capacidad se evalúa en términos de las denominadas UNIDADES DE TRABAJO SEPARATIVO isotópico y de las cuales son necesarias entre 4 y 4.5 UTS para producir un kilogramo de uranio enriquecido al 3.3% a partir de 6.8 kg de uranio natural (concentrados de  $U_3O_8$ ), que sólo contienen una proporción de 0.71% del isótopo  $U^{235}$ . Además, para ejemplificar aún más, un reactor que requiere uranio enriquecido, sea PWR o BWR, que tiene una vida media de 30 años y un factor de eficiencia (de carga) del 65%, requiere 4,680 t. de uranio por cada 900 MWe de capacidad, uranio que debe estar enriquecido al 3.1% o 3.3%, lo que implica un volumen de Unidades de Trabajo Separativo del orden de  $3,100 \times 10^3$  durante los treinta años de vida del reactor. Es decir, año con año se le cambian  $4680/30=156T$  de uranio natural que requieren  $103 \times 10^3$  UTS para producir, anualmente, la recarga de uranio enriquecido necesaria, es decir, 23 toneladas de uranio enriquecido al 3.3%. Y si el precio por kilo fuera de 1,000 dólares, como en enero de 1980 en los Estados Unidos, el enriquecimiento de 23 mil kilos -23 toneladas- anuales para la recarga de un reactor de 900 MW costaría 23 mil dólares, que a precios constantes y tomando en cuenta treinta años de vida del reactor significarían 690 mil dólares que sería, según estimaciones el 60% del costo del combustible, por lo que el costo total del combustible a precios de 1980 sería de un millón ciento cincuenta mil dólares.

16) Este proceso es el de mayor capacidad instalada actual y el de tecnología con mayor desarrollo. La planta de Oak Ridge Tennessee, USA, se construyó como parte del Proyecto Manhattan y funciona desde entonces aunque en repetidas ocasiones se ha pretendido cancelarla para sustituirla por la planta a base de LASER.

Se estima que para 1970 se contaba con una capacidad de 8 a 10 millones de unidades de trabajo separativo, lo que representaba la posibilidad de enriquecer 14,600 toneladas de uranio natural ( $U_3O_8$ ) equivalente al uranio requerido por tres reactores de 900 MW toda su vida o, el recambio anual de 93 reactores de 900 MWe, capacidad evidentemente superior a los aproximadamente 20,000 MW nucleoelectrónicos instalados en 1970, pero inferior respecto a la tendencia que mostraba la instalación para los años setenta y que, supuso, evidentemente, la construcción de más plantas de enriquecimiento, máxime cuando se trata de un proceso estrictamente controlado.

Este es, pues, el panorama que adquiere la industria nuclear a finales de los años sesenta, una industria severamente regulada desde su nacimiento por sus sesgos bélicos y que en sus años de estabilidad, 1954 a 1974, mostró una aparente capacidad de interdependencia tecnológica y política, pese a que uno de los acuerdos internacional más importantes en contra del belicismo, el TRATADO DE NO PROLIFERACION DE ARMAS NUCLEARES, firmado y aprobado en 1968, no fué firmado por muchos países, entre ellos Argentina, Brasil, Chile, Colombia, Cuba, España. Corea del Norte y Viet Nam -que no poseían en esos momentos armamento nuclear-, ni por China y Francia que si poseían desde entonces armas nucleares.

Pero el clima favorable, el auge económico en el que nació y se desarrolló la industria nuclear "civil" se modificó a partir de los problemas petroleros que se originaron en 1970-1971 y de la crisis económica de 1974-1975 que abrió una larga fase depresiva de la economía mundial y que para el caso particular de la industria nuclear alteró radicalmente su evolución y sus perspectivas futuras.

#### 4. Crisis Económica, crisis energética, crisis nuclear

##### 4.1 Aspectos Generales

Unos años antes de la gran crisis mundial experimentada los años de 1974-1975, los países semiindustrializados y en proceso de industrialización -claramente diferenciados por su forma y grado de inserción al mercado mundial- habfan modificado sustancialmente sus diversas configuraciones nacionales de reproducción. En algunos de ellos, los semiindustrializados, habfa comenzado el predominio de algunas industrias pesadas como la siderurgia, la metalmecánica, la petroquímica, dando comienzo un sustancial proceso de transformación del agro con una creciente mecanización del campo, al igual que comenzó un proceso de modernización de la infraestructura de transportes y servicios, como consecuencia y requisito para sustentar las transformaciones que se experimentaron. Brasil, Argentina y México son ejemplo evidente de estas modificaciones; los tres países habfan crecido durante los años sesenta por encima del resto de países latinoamericanos y en ellos se habfa desarrollado ya una estructura industrial muy sólida en la que repuntaban las ramas pesadas, propias de un desarrollo de capital fundado en formas intensivas<sup>16</sup> de acumulación. Esta acumulación intensiva,

---

16 Se utiliza esta categoría para señalar cuando la acumulación se sustenta en un aumento de la composición orgánica que implica a su vez un aumento de la productividad; cuando ya se produce para un mercado nacional e, incluso internacional; cuando se han desarrollado nexos y relaciones comerciales entre diversas zonas de un país y con el exterior; cuando es sensible un progreso técnico creciente, una gran concentración de la producción y de la población; cuando se modifican radicalmente las tradiciones de la población y se suscita una gran movilidad de sectores importantes de la misma; cuando el trabajo está realmente subordinado al capital. Estos son, entre muchos otros, algunos de los elementos que caracterizan un desarrollo intensivo, según indican Marx y los clásicos del marxismo: Lenin, Bujarin, Rosa Luxemburgo. Se trata, por lo demás de una categoría social, que no sólo técnica, utilizada por Rivera M.A., y Gómez P., MEXICO: ACUMULACION Y CRISIS EN MEXICO EN LA DECADA DEL SETENTA, Teoría y Política No.2, octubre-diciembre 1980 para caracterizar la acumulación en México.

comportó, además, transformaciones sociales y políticas importantes, propias de un mayor grado de inserción e interrelación con el mercado mundial y la acumulación a nivel mundial.

A nivel mundial, cierto dominio de las empresas transnacionales ejercido durante la fase de auge expansivo fué notoriamente sustituido por el dominio de un capital financiero internacionalizado, en el que Estados Unidos compartía la hegemonía con Europa Occidental y Japón, que se habían desarrollado de manera notable durante la fase de auge. Pero también esta fase de auge fué consolidando la interrelación e interdependencia de los aparatos de Estado nacionales con los centros del capital financiero internacional: norteamericanos, japoneses, europeos, todos ellos también más interrelacionados, que se sustentó en el desarrollo de nuevas industrias apoyadas en tecnologías más sofisticadas que, entre otras cosas, se habían desarrollado contando con la circunstancia importante de una amplia fase de energía barata pues, por ejemplo, el petróleo se había sostenido los últimos diez años a un promedio de 1.80 Dll. por barril y, en el caso de la electricidad, se contaba con sistemas eléctricos nacionales, incluso nacionalizados y operados por los Estados, que mantuvieron también tarifas bajas, apoyando el proceso de desarrollo industrial y fortaleciendo el tránsito y la consolidación de la forma intensiva de reproducción económica y social.

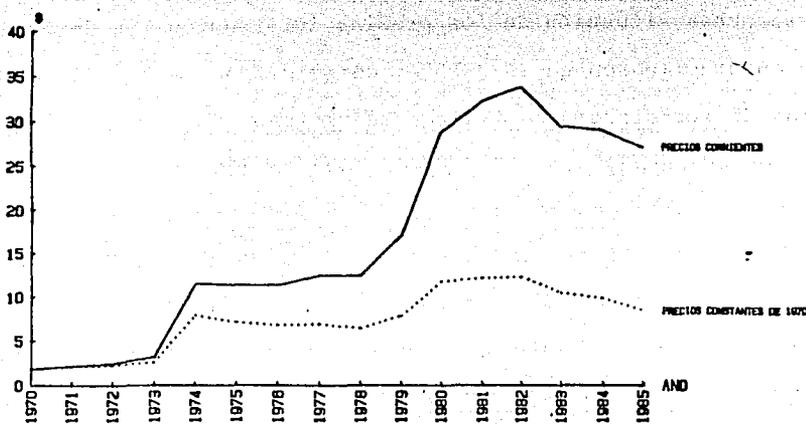
El caso particular de los países que en 1960 habían fundado la OPEP y de aquellos que años después se les habían sumado, mostraba la contradicción propia de países interrelacionados con el mercado mundial tanto por su evolución industrial, como por su carácter de abastecedores mundiales del energético más importante para esos años: el crudo.

Hemos mencionado antes que estos países de la OPEP deseaban no solo una modificación de las relaciones fiscales que sostenían con las grandes empresas que tenían las concesiones de explotación del petróleo, sino un acceso creciente al control de precios e, incluso, un creciente dominio de la producción petrolera. Los años de 1970 a 1972 muestran las violentas luchas de los países de la OPEP por adquirir el control definitivo de su petróleo y reivindicar de manera definitiva su derecho de propiedad sobre ellos y sobre la renta energética que tradicionalmente era controlada por las grandes empresas petroleras. En 1970 se dieron las nacionalizaciones en Argelia, Irak y Libia; hubo además, nuevos acuerdos sobre la participación en la renta petrolera de los países del Golfo Pérsico; también empezó una modificación importante de los precios del petróleo, merced a un nuevo control ejercido por los países productores y exportadores y el desplazamiento de dicho control de las Grandes compañías petroleras, teniendo un primer efecto revelador: el petróleo ya no era controlado en sus precios, por el cartel de las Grandes, sino por la Organización de Exportadores, que como primera medida dejaron que el precio se estableciera de acuerdo al mercado, es decir, de acuerdo, como bien señala Chevalier, "un precio con un límite superior es el costo de desarrollo de los nuevos yacimientos y de las fuentes de energía sustitutivas".<sup>17</sup>

---

17) Cfr. Chevalier Jean Marie, Op.Cit. Realmente es muy detallado el análisis específico que realiza Chevalier respecto a la crisis del petróleo y que permitirá, entre otras cosas establecer una responsabilidad muy limitada de la elevación de precios respecto a la crisis mundial de 1974-1975, tantas veces atribuida, precisamente, a la elevación de los precios del petróleo. Precisamente para estudiar las diversas versiones de la elevación de precios del crudo en 1973-1974 y su relación con la crisis mundial, puede consultarse el artículo de Gately Dermot, A TEN-YEAR RETROSPECTIVE: OPEC AND THE WORLD OIL MARKET, en Journal of Economic Literature, Septiembre 1984. Es necesario desechar las versiones marginalistas y pseudokeynesianas para explicar este fenómeno. Incluso, como también otros autores señalarán, las versiones neoricardianas centradas en el establecimiento de un sistema general de precios compatible con la perecuación de la tasa de ganancia, negando, de hecho, la dinámica anárquica del desarrollo de los precios en el capitalismo, del capitalismo mismo y de la violenta imposición de la Ley del valor en este comportamiento anárquico.

GRAFICA 3: PRECIOS DEL CRUDO LIGERO SAUDITA (340.API)



FUENTE: Comenares Fco., Op.Cit. 1984

CUADRO 14: EVOLUCION DE LOS PRECIOS DEL CRUDO LIGERO SAUDITA

AÑO	DOLARES CORRIENTES POR BARRIL	DOLARES CONSTANTES DE 1970 POR BARRIL	INDICE 1970=100
1970	1.80	1.80	100.0
1971	2.16	2.09	116.1
1972	2.46	2.28	126.7
1973	3.18	2.60	144.4
1974	11.51	7.94	444.1
1975	11.32	7.14	396.7
1976	11.32	6.83	379.4
1977	12.40	6.93	385.0
1978	12.40	6.43	357.2
1979	16.99	7.88	437.8
1980	28.75	11.75	652.0
1981	32.33	12.10	672.2
1982	34.00	12.23	679.4
1983	29.44	10.42	578.9
1984	29.00	9.83	546.1
1985**	28.00		
1985g/	27.00	8.47	471.0

\* Es el precio oficial promedio en cada año  
 \*\* A partir del 1º de febrero de 1985  
 g/ Estimación precio promedio anual

FUENTE: Colmenares Fco, Op.Cit., 1984

Esta nueva situación de los precios internacionales del petróleo, que se cuadruplicaron en 1973-1974, coincidió con la manifestación más nítida de los efectos de las contradicciones desarrolladas en el auge de los sesenta y que a fines mostraron cierta agudización: hubo una drástica reducción generalizada de la producción y un desencadenamiento, también generalizado de la inflación. En Francia y Estados Unidos la producción industrial se estancó en 1973 y comenzó a declinar en el cuarto trimestre de 1974, llegando a su punto más bajo en el primer trimestre de 1975, sólo recuperándose levemente hasta finales de 1976. En Japón y el Reino Unido la producción empezó a descender a principios de 1974, llegando a su nivel más bajo a mediados de 1975, como en Francia y EE.UU., recuperándose levemente hasta finales de 1976. Ahora bien a diferencia de Japón que recuperó su crecimiento a partir de 1979, el Reino Unido experimentó desde ese año una paulatina pero continua caída en su producción industrial. Y, por su parte, Alemania e Italia experimentaron la caída en el tercer trimestre de 1974, llegando a su punto más bajo un año después. 1975, y recuperando sus niveles anteriores hasta 1976, aunque en 1981 y 1982 han experimentado nuevamente caídas. Para 1975 no se superaban aún los efectos más dramáticos de la agudización de las contradicciones desarrolladas en la fase de auge: como clara expresión de la sobreproducción y la sobreacumulación, se registraron los niveles de capacidad ociosa más altos de los últimos tiempos, y se elevó el desempleo, registrándose una severa caída de los salarios reales, características que se presentaron nuevamente en 1981 y 1982, como enseguida notaremos.

CUADRO 15: COMPORTAMIENTO DEL PIB EN ALGUNOS PAISES  
(Crecimiento porcentual)

	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
Alemania	2.7	3.0	5.3	0.4	-1.7	5.3	2.8	3.6	4.3
EE.UU.	3.3	6.2	5.9	-0.6	-1.1	5.4	5.5	4.8	3.2
Francia	5.5	5.4	6.1	3.2	0.2	5.2	3.0	3.7	3.5
Japón	6.8	8.9	10.5	-2.1	2.4	5.3	5.3	5.1	5.6
Reino Unido	2.3	2.3	6.0	-0.9	-0.5	3.6	1.3	3.3	1.4

FUENTE: Elaboración propia con datos de Banco de México, BOLETIN DE INDICADORES ECONOMICOS INTERNACIONALES, diversos años.

Además de la recesión, la inflación se aceleró, pues los precios tradicionalmente controlados no mayores al 5%, empezaron a subir alcanzando tasas anuales del orden de un 12% hasta un 20%. Japón, por ejemplo alcanzó un 11.5% en 1973 monto que se elevó a un 21% el año siguiente de 1974, precisamente por la elevación de los precios del petróleo, pues la factura energética japonesa se elevó de 8 mil millones de dólares en 1973 a 25 mil millones en 1974, montos muy similares a los de Estados Unidos, que de pagar 8,200 millones de dólares por importaciones de energéticos en 1973, llegó a pagar 26 mil millones en 1974. Globalmente la factura energética se elevó un 162%, pues de 49,700 millones de dólares pagados por concepto de importaciones energéticas en 1973 se pasó a una factura de 130,500 millones de dólares, lo que modificó la participación de los energéticos en el comercio mundial, que de una participación anterior del orden del 7% al 8%, se elevó ese año a un 15.6%, alcanzando su punto más elevado en 1981 :19.52%, situación que, por lo demás, desde ese año tiende a disminuir.

Otro caso de inflación acelerada lo dió Francia, que en 1975 alcanzó un índice de 13.4%, luego de un comportamiento anterior del orden del 5%. También en 1975 Estados Unidos tuvo un alto índice de inflación: 9.3%

a diferencia de una tendencia promedio del 4.5%  
 Ciertamente de esta tendencia a la elevación de los precios, sobresale la elevación de los hidrocarburos, que volvieron a elevarse en 1978-1979 implicando una elevación de la factura energética de un 46% en el año de 1979 y un 42% en el año de 1980, elevando la participación de los energéticos en el comercio mundial, como antes se había mencionado, de un 14% en 1978 a un 17% en 1979 y un 19% y 20% en 1980 y 1981.

CUADRO 16: COMERCIALIZACION MUNDIAL DE ENERGETICOS 1973-1982  
 (miles de millones de Dlls)

	<u>1973</u>	<u>1975</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
1) Total energéticos	49.7	132.3	178.1	261.4	370.8	372.8	329.2
2) Total com. mundial	730.0	872.7	1298.1	1567.2	1929.1	1909.8	1797.8
1/2	6.8%	15.2%	13.7%	16.7%	19.2%	20.0%	18.3%
USA	6.2	13.1	19.5	31.0	41.9	39.8	36.4
Japón	8.3	25.7	31.3	45.3	70.0	75.6	65.6
Reino Unido	4.2	9.5	9.2	12.2	15.9	14.3	12.9
Italia	3.9	10.3	13.4	18.4	27.3	30.7	27.2
Francia	4.6	12.3	15.9	23.0	35.7	34.7	30.8
Canadá	1.3	4.1	3.8	4.9	7.1	8.0	5.5

FUENTE: Elaboración propia con datos de ONU, YEARBOOK OF INTERNATIONAL TRADE STATISTICS

Ahora bien, la elevación de los precios del petróleo y de la factura energética en general, pese a que otros combustibles no experimentaron el mismo comportamiento, no pudo ser, como se ha afirmado, la causa de la recesión generalizada de esos años. Más aún no se puede caracterizar la crisis como "crisis energética", porque el volumen de reservas mundiales no sólo no disminuyó sino que iba en aumento, en el caso petrolero por la incorporación de los recursos mexicanos, británicos y noruegos, entre otros; y en el caso de los otros combustibles,

se mantenía su participación en el volumen global de reservas. Precisamente para la segunda mitad de los setentas, el petróleo representaba el 15% de los recursos energéticos mundiales, el gas natural el 12%, el carbón un volumen que significaba el 70% y el uranio un 3% sin considerar los otros recursos "renovables".

En todo caso la llamada "crisis energética" no es sino expresión de un reacomodo de fuerzas tanto al interior de la OPEP como de los países exportadores de crudo y gas con los países industrializados imperialistas. Frente a la devaluación continua del dólar y la inflación mundial la OPEP reivindicó un determinado nivel de sus recursos dinerarios, ya para esos momentos de la segunda mitad de los setenta distribuidos por todo el mundo en los grande bancos.<sup>18</sup>

---

18) Se ha exagerado y desvirtuado el efecto real de la elevación de los precios de los hidrocarburos, en particular del petróleo crudo. Se ha exagerado también en los efectos del volumen de renta petrolera acumulado en los bancos internacionales y en sus usos y utilización. Se ha llegado a decir, incluso, que la crisis mundial es unilateralmente efecto de la elevación del precio del crudo. Efectivamente la crisis tiene diversas manifestaciones y la elevación de precios del crudo es, en todo caso, una de ellas, quizá la más "escandalosa" para los países imperialistas que debieron canalizar un volumen creciente de recursos para el pago de su factura energética. Ciertas versiones postkeynesianas explican la recesión generalizada de 1974-1975 por esta alza de precios. Señalan, incluso, que la contracción de la demand de los países industrializados, altos consumidores de energía se tradujo en una contracción de la producción, ya que debieron transferir recursos extraordinarios para pagar su petróleo. Y con esta contracción, se dice, se aceleró la tasa de desempleo, engendrándose una dinámica inflacionaria sin precedentes.

Otras versiones hablan de ondas largas y ondas cortas, sin clarificar qué tipo de situación concreta es la implicada en esos años.

En rigor, lo hemos mencionado, se trata de una crisis estructural internacional, que ha afectado a más países en la medida en que la fase expansiva implicó e involucró a más naciones en el proceso de reproducción en escala mundial. Ciertamente desde fines de los sesenta surgieron muestras evidentes del "agotamiento" de los mecanismos de reproducción en la escala mundial y, desde luego, en virtud de la creciente internacionalización, de los mecanismos nacionales, aunque de forma diferente según el caso. Los años setenta supusieron, pues, -y los ochenta lo siguen suponiendo- un proceso general, global, quizá por primera vez tan profundamente internacionalizado, de reestructuración, de modificación tanto de la configuración mundial de la acumulación, como de las interrelacionadas configuraciones nacionales, proceso en el que, como hemos expuesto en el capítulo I, los estados nacionales tienden a jugar un papel preponderante conformando un sistema mundial de Estados como órgano regulador de la reproducción en escala mundial, caracterizada por un creciente y cada vez más extendido capitalismo de estado. Entre otros artículos véase Nore Petter, OIL AND CONTEMPORARY CAPITALISM, en ISSUES IN POLITICAL ECONOMY, a critical approach Macmillan, London 1979

Ciertamente uno de los primeros resultados del aumento de los precios internacionales de los hidrocarburos, fué el crecimiento de la renta petrolera, que se tradujo en un superávit importante de los países exportadores y, en virtud de sus depósitos en el sistema financiero internacional, en una expansión de los recursos dinerarios mundiales. Otro de los efectos, que relativamente se ha obtenido, es el intento de los países consumidores por desarrollar programas de diversificación energética y de ahorro y conservación de energía. Pero estos programas requirieron tiempos de "maduración" y no tuvieron efectos inmediatos, y en su expresión monetaria, significaron, para muchos países, un aumento importante de su déficit, un deterioro de su balanza de pagos y una aceleración de su endeudamiento, máxime por la circunstancia de un mercado de capitales crecido y una cierta tendencia a la baja de las tasas de interés. Finalmente, un tercer efecto fué la promoción más acelerada de la modernización industrial de algunos países exportadores de petróleo, modernización que se enfrentó con dos problemas: 1) el desplazamiento de capitales no siempre se orientó, por el comportamiento deprimido de la tasa de beneficio -dada la coyuntura recesiva generalizada- hacia los procesos de modernización industrial de los países petroleros; 2) la situación de crisis generalizada que exigió una gran concentración de recursos en los países industrializados para superar su situación, a más que se destinó un volumen creciente hacia países del Tercer Mundo, que así llegaron a los años ochenta con el endeudamiento más elevado de su historia: más de 900 mil millones de dólares de 1984.

Pero la evolución real de los precios del petróleo tendió a modificar la elevación de 1973-1974 y de 1978-1979; y a partir de 1981 se ha ve-

nido registrando una baja que en estos momentos alcanza niveles similares a los de 1975 y 1976. Cinco son las circunstancias que han influido en esta nueva situación: 1) la extensión y profundidad de la crisis internacional, cada vez más extendida y generalizada, que ha impedido una recuperación de la producción y, consecuentemente del consumo energético; 2) el surgimiento de nuevas potencias petroleras por el descubrimiento de nuevos yacimientos o la emergencia de la rentabilidad de yacimientos de altos costos de recuperación, como son los casos de México, respecto a lo primero, y del Mar del Norte respecto a lo segundo; 3) la agudización de los problemas internos y de la inestabilidad de la OPEP; 4) el deterioro de las condiciones internas de los países exportadores de petróleo; 5) finalmente, los avances, limitados pero no despreciables, en los procesos de ahorro y diversificación energética...

CUADRO 17: CONSUMO DE ENERGIA PRIMARIA 1975-1983

(millones de toneladas equivalentes carbón)

	<u>1975</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>	<u>1983</u>
TOTAL	7,431 100%	8,545 100%	8,455 100%	8,430 100%	8,526 100%
Sólidos	2,317 31%	2,632 31%	2,650 31%	2,685 32%	2,753 32%
Líquidos	3,335 45%	3,778 44%	3,645 43%	3,567 42%	3,537 41%
Gas Natural	1,556 21%	1,834 21%	1,840 22%	1,844 22%	1,878 22%
Electricidad (Hidr. Nucl)	223 3%	301 4%	320 4%	334 4%	358 4%

FUENTE: Elaboración propia con datos de ONU, Energy Statistics Yearbook, diversos años.

#### 4.2 La situación de la industria nuclear

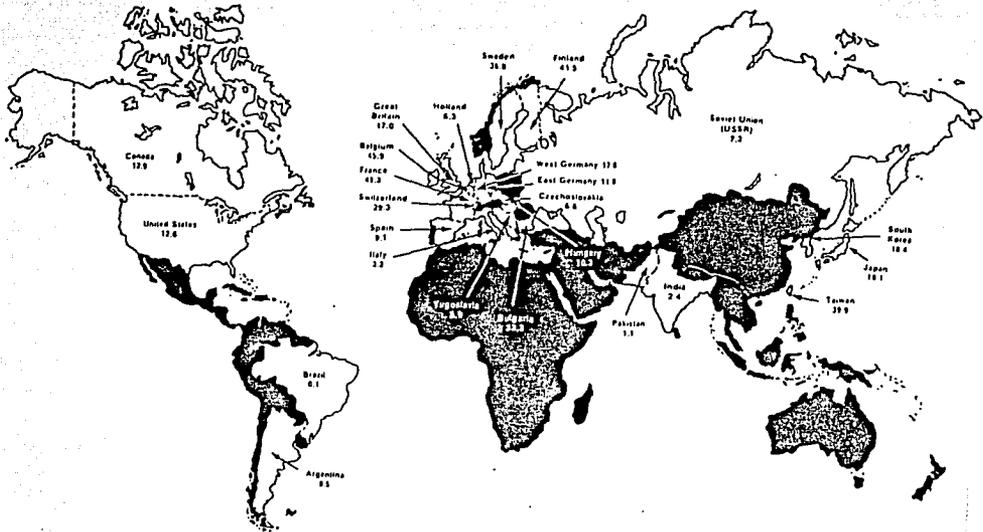
Globalmente el consumo de energía se elevó un 30% los últimos trece años: de un consumo mundial equivalente a 35 millones de barriles de petróleo equivalente en 1970 pasó a un consumo de aproximadamente 46 millones de barriles por día en 1983. Dentro de este consumo, se elevó ligerísimamente la participación de los países en desarrollo: de un 8% a un 10%. El consumo de petróleo aumentó muy poco: de 15 millones de barriles en 1970 a 17 millones de barriles diarios en 1983. Y su participación porcentual en el consumo energético global ha caído del 43% al 37%, es decir, un 6%. En cuanto al carbón hemos de notar una variación de 10.3 millones de barriles diarios de petróleo equivalente a principios de los setenta que se elevó a 17 millones de barriles diarios en 1983, muy por debajo de las proyecciones establecidas cuando se elevaron los precios del crudo en 1973-1974. En cuanto a la generación nucleoelectrica su aumento ha permitido que junto con la generación hidroeléctrica participen en un 4% estable desde fines de los sesenta. Pero de ninguna manera se han satisfecho los pronósticos optimistas de esas épocas ni las revisiones de mediados de los setenta. Desde 1978 los países miembros de la Conferencia Mundial de Energía se habían propuesto sustituir hidrocarburos, expandir la nucleoelectricidad y la carboelectricidad y aumentar la producción y el consumo de los países en desarrollo. En 1980, en la misma Conferencia Mundial de Energía, se ratificaron las intenciones anteriores, subrayando que tanto el carbón como la electricidad constituirían las principales fuentes para la diversificación energética. Según las relatorias de dichas conferencias se enfatizó, por parte de los miembros del Club de Londres, la necesidad de impulsar la energía nuclear, en virtud de la situación energética mundial, "los riesgos de depender del petróleo y de la OPEP" y

dado que era la única fuente "totalmente probada y eficiente" para una sustitución masiva de los hidrocarburos. Y, efectivamente, la industria nuclear experimentaba -y experimenta- una grave crisis, en parte porque no se han cumplido, como tanto hemos insistido, las predicciones formuladas. En 1971, por ejemplo, se consideraba que la generación nucleoelectrica representaría 1,350 GW -un millón trescientos cincuenta mil megawatts-; esta proyección se reformuló luego del primer shock petrolero y se amplió a 1,600 GWe para el año de 1990. Pero en virtud de la realidad, las proyecciones han disminuido sustancialmente; se proyectan ahora disminuciones importantes: un 36% menos para el caso de Canadá; un 21% menos para Francia; un 24% menos para Alemania; -26% para Japón; -52% en el caso de España; y un 25% menos para el Reino Unido. Sobresale Estados Unidos donde la reducción es del orden de un 75%, y en donde han sido cancelados muchos reactores; simplemente en 1982 se cancelaron 18 de ellos, en 1983 otros 7; y en 1984 se cancelaron o suspendieron otros catorce, lo que sitúa a la industria nuclear estadounidense en una crisis muy aguda, aunque no sustancialmente mayor que la crisis de la industria nuclear francesa, alemana, canadiense o sueca. Igualmente han disminuido las proyecciones respecto a la capacidad instalada en algunos países en vías de desarrollo: semiindustrializados o en proceso de industrialización. Es, desde luego, el caso de México, donde se habfan proyectado 20,000 MWe nucleares para el año 2,000; y también el caso de Argentina y Brasil en los que se habfan proyectado volúmenes de capacidad nucleoelectrica instalada de entre 7 mil y 16 mil Mwe. respectivamente. para el año 2,000.

Los pedidos de centrales nucleares prácticamente se han suspendido; sólo se instalan las centrales demandadas anteriormente y que en promedio se están construyendo en 12 a 14 años, por lo que los reactores que se están "conectando" a las redes eléctricas son pedidos de los años 1973-1974 a 1976-1977 en promedio. Pero la industria nuclear internacional dispone de una capacidad global de producción cercana a los 100 mil Mw anuales, el equivalente a 100 reactores de 1,000 MW por año, que resulta ser un poco más de la tercera parte de la capacidad instalada actualmente en el mundo que es de 267 mil MWe distribuidos en 413 reactores, a su vez construidos y operando en 24 países, aunque otros 10 países se encuentran construyendo sus primeras centrales: México, Cuba, Egipto, Israel, Pakistán, Polonia, Rumania, Sudáfrica, Tailandia y Turquía. De los 24 países en los que actualmente operan reactores generadores de electricidad, se cuenta con una participación del 11.3% de la generación eléctrica total mundial, que a su vez corresponde al 3.5% del consumo mundial de energía primaria. Las firmas General Electric y Westinghouse concentran la tercera parte de los reactores en el mundo -operando o en construcción-; y sus reactores, directamente o a través de licenciamientos, concentran el 60% de los reactores. Por países, Estados Unidos tiene la cuarta parte de los reactores funcionando, seguido de Francia que apenas tiene el 12% y de Inglaterra con el 11% y el Japón con el 9%.

En cuanto a la generación de electricidad, la variación por país es grande: Francia, por ejemplo, genera ya el 50% de su electricidad por vía nuclear; Bélgica el 46%; y Finlandia el 42%. Estados Unidos, pese a ser el de mayor número de reactores operando, genera solamente el 13% y países como España, Holanda y Checoslovaquia generan 8% a 10%.

**GRAFICA 4: GENERACION NUCLEOELECTRICA MUNDIAL 1983**  
 (participación en el total por país)



PRICIPACION DE LA GENERACION A NIVEL MUNDIAL

fi.30

Francia	48.3%	Estados Unidos	12.6%
Bélgica	45.9%	Alemania Democrática	11.8%
Finlandia	41.5%	Hungrfa	10.3%
Taiwan	39.9%	España	9.1%
Suecia	36.9%	Argentina	8.5%
Bulgaria	32.3%	Unión Soviética	7.3%
Suiza	29.3%	Holanda	6.3%
Corea del Sur	18.4%	Checoslovaquia	6.6%
Japón	18.1%	Yugoeslavia	5.9%
Alemania Federal	17.8%	Italia	3.2%
Inglaterra	17.0%	India	2.4%
Canadá	12.9%	Brasil	0.1%

FUENTE: Elaboración con datos del Organismo Internacional de Energía Atómica y mapa del artículo, EXPERIENCE D'EXPLOITATION DES CENTRALES NUCEAIRES: LE BILAN EUROPEEN, (sin autor), 1983

CUADRO 18: CAPACIDAD PRODUCTIVA DE LA INDUSTRIA NUCLEAR EN 1978

<u>País</u>	<u>Compañías</u> (carácter)	<u>Reactor</u> (licencia)	<u>Capacidad Anual</u> (Mw/año)	<u>Participación</u> <u>en Cap.Global</u>
FRANCIA	Framatome (estatal) Novatome (estatal)	PWR (Westinghouse) Neutrones rápidos	8,000 MW	8.7%
ALEMANIA F.	KWU-Siemens (privada)	PWR (Westinghouse)	6,000 MW	6.6%
SUECIA	ASEA-Atom (mixta)	BWR	8,000 MW	8.7%
EE.UU.	Westinghouse General Electric Babcock&Wilcox Combustion Eng.	PWR BWR PWR PWR	30,000 MW	33.0%
JAPON	Mitsubishi (privada) Toshiba (privada) Hitachi (privada)	PWR (Westinghouse) BWR (General Electric) BWR (General Electric)	8,000 MW	8.7%
CANADA	Atomic Energy of Canada (AECL) (estatal)	PHWR CANDU	4,000 MW	4.4%
REINO UNIDO	Nuclear Power Group (INPG) (mixta)	AGR	4,000 MW	4.4%
ITALIA	Ansaldo Mecc. (mixta) Elettronucl. (mixta)	BWR (General Electric) PWR (Westinghouse)	4,000 MW	4.4%
ESPAÑA	ENUSA (mixta)	PWR (Westinghouse) BWR (General Electric)	4,000 MW	4.4%
URSS	Comité Estatal (estatal)	LGR PWR	15,000 MW	16.5%
INDIA	Departamento de En.Atómica (estatal)	CANDU (AECL)	n.d.	-
BRASIL	NUCLEBRAS	PWR (KWU-Westinghouse)	n.d.	-

FUENTE: Angelier JP., El Mercado mundial de centrales nucleares, citado en Angelier, Jean-Pierre, LE NUCLEAIRE, Maspero, Paris 1983, completado con datos del Organismo Internacional de Energía Atómica.

Es indudable, pues, que pese al crecimiento de los reactores en operación de estos últimos años, se trata de un resultado de acciones emprendidas hace más de diez años. La energía nuclear no ha satisfecho ni los requerimientos de los productores, ni las expectativas de la "hermandad nuclear", ni sus proyecciones. Incluso, como hemos mencionado, han proliferado las suspensiones y los retrasos. Para el caso norteamericano Hartsgaard<sup>19</sup> proporciona cifras incuestionables: desde el surgimiento de la industria nuclear "civil", se han cancelado 95 reactores en Estados Unidos (operan 83 y se construyen 46). Se trata de un caso ejemplar que manifiesta la dinámica general de la industria.

Múltiples y diversos factores han influido en esta caída de la industria nuclear. Aspectos técnicos e industriales; aspectos económicos; aspectos financieros; y aun aspectos sociopolíticos,<sup>20</sup> han influido en frustrar las "expectativas" de la hermandad nuclear respecto a la expansión de esta industria que sigue esperando "su turno" y que con la tendencia a la baja de los precios de los hidrocarburos, deberá "seguir esperando".

Pero la "crisis nuclear" afecta al conglomerado de la industria, no sólo a la parte de reactores, pues esta tiene tras de sí, un conjunto industrial importante; la minería del uranio; el enriquecimiento del mismo; la fabricación de agua pesada -elemento sustancial en el caso de la tecnología de reactores alternativa a la norteamericana: uranio natural-; el manejo y depósito de los desechos radiactivos; el repro-

cesamiento de los combustibles irradiados; el diseño y la fabricación

19) Los tiempos de construcción esperados en el caso de centrales nucleares, se han alargado espectacularmente: de una propuesta inicial de 6 a 7 años, se ha llegado a un promedio de 12 a 14 años. Esto, desde luego, eleva impresionantemente los costos, además de que se han registrado muchas fallas técnicas que también han colaborado en los retrasos. Para profundizar esto y analizar las razones socio-políticas de los retrasos véase: Smart, WORLD NUCLEAR ENERGY, London 1982; Ferrara G, LA ENERGIA ATOMICA Y LA CONTROVERSIA DE LA SEGURIDAD, Noema editores, México 1982. 20) Ver Op. Cit. pp. 2

cesamiento de combustibles irradiados;etc..Respecto a la minerfa del uranio,existe una sobrecapacidad mundial, además que particularmente el precio spot de este mineral ha tendido a bajar, luego de una elevación muy grande a partir de 1971.La oferta futura de este mineral se prevee garantizada, más aún por el comportamiento crítico de la industria de reactores. Pero en el caso de una recuperación de ésta, se considera que no habrá problemas de suministro, aunque ciertamente podrán elevarse los precios, siempre en relación con la evolución de los otros energéticos:carbón e hidrocarburos.

Respecto al proceso "estratégico" del enriquecimiento, también se cuenta con una sobrecapacidad, explicable por el interés de los diversos paises en controlar este proceso clave para la fabricación de armamento nuclear.Los precios del enriquecimiento, por lo mismo, se han mantenido más o menos estables:970 Dll por kilogramo en 1978 y 940 Dll por kilogramo en 1982. A mediano plazo cuatro grandes consorcios se disputarán el enriquecimiento comercial, del mineral de algunos paises, sobretudo semiindustrializados que se han propuesto instalar centrales. Se trata de los consorcios europeos COREDIF y URENCO, el grupo japonés PNC, la agrupación germano-brasileña NUCLEI y la firma estatal sudafricana UKOR, además, desde luego, del Departamento de Energía de los Estados Unidos.

En cuanto al agua pesada, la primacfa industrial la tienen los canadienses, promotores del reactor alternativo Heaavy Water Reactor (HWR)del tipo CANDU(Canadian Uranium Deuterium Reactor), aunque , con una capacidad de producción anual de 1,200 toneladas. Además, China, India, Argentina, Noruega, la Unión Soviética y los Estados Unidos completan el panorama de esta industria,que tiene una capacidad global estimada

de 2,700 toneladas por año (un reactor de 550 MWe utiliza un inventario inicial de aproximadamente 550 toneladas de agua pesada). En estos momentos también esta industria está con capacidad sobrante. Otra parte importantísima de esta industria, el manejo de combustibles irradiados y de desechos, -elementos con un remanente de  $U^{235}$  y una cierta cantidad de plutonio  $Pu^{239}$  (materia prima de las bombas)- que por el momento se han orientado, básicamente, a depósitos cuyo tratamiento es diferenciado dependiendo del "grado de actividad"<sup>21</sup> de los desechos. Hasta ahora se ha dicho que pueden ser guardados en estructuras geológicas profundas y estables, depositados en ciertas matrices vitrificadas. Pero se trata de un problema que aún no tiene solución plena. Finalmente está el conjunto de actividades para la producción de reactores avanzados que maximicen la utilización del combustible: reactores rápidos de crfa, reactores térmicos con reciclado de combustible, reactores CANDU alimentados con torio, etc., pero cuyo desarrollo técnico y económico no acab de ser probado. Dentro de estas actividades puede señalarse también el intento de producir reactores de fusión, que representarían una alternativa superior a los actuales y que vendrían a resolver de manera sustancial muchos problemas de generación. Pero se trata, todavía, de trabajos de investigación, por lo demás muy costosos que han exigido el concurso de diversos países en cada proyecto.<sup>22</sup>

21) La actividad se refiere al tipo e intensidad de radiaciones que emite un material radiactivo y se evalúa en Curios (Ci), y que corresponde a  $3.7 \times 10^{10}$  radiaciones por segundo; y la vida media o período radiactivo corresponde al tiempo después del cual el número existente de átomos radiactivos en el elemento<sup>226</sup> corresponde a la mitad. Un Curio<sup>239</sup> representa la actividad de un gramo de Radio<sup>226</sup> o de unos 15 gramos de Plutonio<sup>239</sup>.

22) Por ejemplo, la Comunidad Económica Europea tiene su proyecto de fusión JET, el cual conjunta esfuerzos por lo costoso del proyecto. Además, Estados Unidos tiene también su proyecto de fusión e igualmente la Unión Soviética.

Así pues, la industria nuclear no ha evolucionado como se esperaba. Sus precios, además, se elevaron tanto o más que los otros energéticos, pues los reactores debieron incorporar múltiples mecanismos de seguridad y correcciones que fueron puestas en evidencia en los diversos problemas que han tenido plantas ya en operación o en construcción, como el evidente y más famoso accidente de Harrisburg, ya señalado antes. Si a fines de los sesenta se hablaba de un costo de instalación, en los Estados Unidos, de 500 Dll. el kilowatt, en una central de dos reactores de 600 MWe., hoy se habla de un promedio -por lo demás muy difícil de obtener-, de no menos de 3,000 Dll. por kilowatt instalado, cantidad que para el caso de los países semiindustrializados que han emprendido programas nucleares, se ha elevado considerablemente por la inexperiencia, la incapacidad industrial, la falta de personal calificado, la carencia de normas y mecanismos de regulación eficientes, entre otros elementos. El ejemplo de Laguna Verde en México, y que consideraremos luego, resulta por demás evidente e ilustrativo, luego de más de quince años de construcción. Es evidente, pues que la dinámica objetiva de la evolución energética mundial contradice la propuesta de una diversificación energética creciente. La falta de maduración tecnológica de las alternativas a los hidrocarburos. La evolución de estos, sobre todo su rentabilidad, que a diferencia del uranio y las fuentes generadoras de electricidad, arroja una ganancia extraordinaria muy importante y que, paradójicamente, ha sido controlada por el capital financiero internacional -muchas veces canalizado como empréstitos a los mismos países en vías de desarrollo, como es el caso de los años 1974 a 1980-

La falta de una alternativa que realmente y de manera masiva pueda sustituir a los energéticos -no en cuanto a satisfactores de necesidades- sino en cuanto a generadores de beneficios por los equipos y materiales asociados y por su beneficio y comercialización en el mercado mundial, son las razones más evidentes del fracaso de los programas de diversificación, incluyendo el programa francés y el norteamericano en el área nuclear.

De manera específica la crisis de lo nuclear se sustenta en dos elementos básicos y definitorios: una crisis ligada a los costos cada vez mayores de esta alternativa y una crisis ligada a la creciente oposición internacional, en virtud de su carácter masivo, centralizado y centralizador, y sus sesgos militaristas que comportan riesgos graves, incluidos los riesgos "normales" de radiactividad por manejo de desechos y combustibles irradiados. Pero también se sustenta en su propia naturaleza "estratégica", que impide un acceso masivo a las diversas fases de la tecnología, por unas u otras razones, como es el caso del enriquecimiento.

Hoy, sin embargo, en estrecha relación con una dinámica mundial, generalizada, la industria nuclear se reestructura. Los diversos países productores modifican sus estructuras productivas, sus productos, sus políticas de transferencia; sus acuerdos y alianzas internacionales. Y en todo esto, como a lo largo de la historia del desarrollo nuclear mundial, los Estados-imperialistas principalmente- asumen una iniciativa múltiple, aunque algunos Estados de países semiindustrializados, muestran también actitudes beligerantes para inscribirse y articularse de manera distinta a la evolución de esta industria mundial.

## 5, Reestructuración internacional de la industria nuclear

En el seno de una dinámica internacional en "tránsito" hacia una reestructuración global del sistema mundial se integran y agrupan no solo diferentes esferas de la producción, sino todos los países del mundo, independientemente -para ambos casos- de su desigual proceso de desarrollo y su evolución reciente.

La reestructuración internacional involucra cambios generalizados en las relaciones económico-sociales; en las estructuras tecnológicas; políticas; culturales. Constituye una respuesta -la única, además- a las crisis estructurales, como la que hoy se presenta a nivel internacional.<sup>23</sup>

Precisamente con esta orientación política central -la reestructuración del capitalismo a nivel mundial- se operan transformaciones importantes y esenciales en el ámbito del financiamiento de la acumulación, donde, por cierto, el problema del endeudamiento externo de los países del llamado "Tercer Mundo" cobra especial relevancia; también se operan transformaciones en la gestión directa de los procesos de valorización; en los mecanismos y formas de la dinámica comercial.

---

23) Alejandro Toledo (REPRODUCCION Y PERIODIZACION CAPITALISTA, Mimeo 1984) afirma que "las crisis en tanto expresiones de niveles distintos de complejidad y agudización del sistema de contradicciones en que se asienta la modalidad histórico-concreta de la reproducción del capital pueden ser coyunturales y estructurales. Las primeras son resultado del agudizamiento de contradicciones que resulta posible superar dentro de los marcos de la configuración capitalista vigente;... Las segundas (estructurales), en cambio, son resultado del agudizamiento de contradicciones que ya no es posible superar dentro de los marcos que delimita la configuración capitalista vigente. ... implican, además, cambios cualitativos en la modalidad de reproducción... Las condiciones que aseguran un relanzamiento a largo plazo de la tasa media de ganancia sólo pueden asegurarse mediante una nueva configuración de la reproducción del capital... inducen cambios profundos y de claridad en el conjunto de las condiciones de producción y circulación capitalista."

Se trata de cambios que fortalecen la concentración y centralización de capitales y que, indudablemente, tienden a superar -pese a resistencias y resistencias- la formalidad económica establecida entre los espacios económicos nacionales ("interiores") y el mercado mundial (espacio "exterior"); entre el proceso de acumulación y reproducción nacional y el proceso de reproducción en escala mundial, Se trata de una superación no exenta de contradicciones, pero tendencialmente triunfante, dominante, que en el corto plazo genera graves contradicciones, especialmente para los trabajadores y, en términos comparativos, a los países semiindustrializados y en vías de desarrollo que redefinen por razones objetivas, su nueva forma de inserción y articulación al mercado mundial.

En este proceso de reestructuración, los Estados nacionales -forma actual que asume el Estado capitalista -"refinan", por así decirlo, su función reguladora y de gestión de los intereses del capital de todas las esferas de la producción y ámbitos de la acumulación, capital público y privado,, en la medida que el acceso a la competencia internacional los consolida como aparatos de dominación de toda la clase dominante y como aparatos de competencia entre diversos segmentos de la burguesía a nivel mundial.<sup>24</sup>

Este período de tránsito y reestructuración afirma, pues, "que la acción estatal constituye el elemento cohesionador y regulador de la reproducción del capital...siendo el elemento activo por excelencia, capaz de incidir en la dinámica y en el curso de las tendencias consustanciales a tal reproducción...(pues) al corresponder con la lógica del capital, se realiza en el sentido de abrir paso y

---

24) Para profundizar con detalle en esta concepción, véase Barker.C., ESTADO Y SISTEMA DE ESTADOS, El debate sobre el Imperialismo, en Teoría y Política No. 12/13, enero-junio 1985

acelerar el curso de las tendencias favorables al desarrollo capitalista y, en contrapartida, aminorar y contrarrestar los efectos de aquellas contradicciones y barreras que tropiezan precisamente con esta orientación de reestructuración global, convirtiéndose en obstáculos y frenos".<sup>25</sup>

Esquematisando un poco, podemos decir que la reestructuración global que está en juego en este período del capitalismo mundial, involucra cambios en la dinámica y en la estructura del capital. En el primer ámbito exige modificaciones en las formas del financiamiento, en los procesos productivos y en los mecanismos de comercialización, tanto a nivel nacional como mundial. En el segundo ámbito exige transformaciones en cuanto a la estructura del capital y las relaciones de las diversas fracciones; en cuanto a la estructura de la fuerza de trabajo; en la estructura de los procesos concretos de trabajo; y en la estructuración, nacional e internacional, de las diferentes esferas de la producción, lo que se plasma en una nueva división internacional del trabajo.

El panorama energético mundial -en especial- no está ajeno a esta dinámica mundial de reestructuración. Los acontecimientos recientes de la dinámica petrolera son expresión palmaria de que ahí también, en esta esfera de la producción se opera un cambio importantísimo, que involucra a los otros combustibles y energéticos, a las fuentes naturales generadoras de electricidad primaria, a las tecnologías energéticas, a los patrones de consumo, a los programas de diversificación y ahorro, entre otros aspectos de esta realidad. Hay una verdadera revolución de precios, de mecanismos de control, de renovación de acuerdos tecnológicos, de redefinición internacional de las

---

25) Toledo A., Op. Cit. pp 10 y 11.

alianzas, fenómeno que si bien en el área nuclear ha estado latente desde la segunda mitad de la década de los años setenta, cuando se desaceleró su crecimiento, sólo hasta ahora cobra mucho mayor fuerza y dinamismo.<sup>26</sup>

En el área nuclear internacional se vive también una fase de transición y de reestructuración. Por un lado los Estados Unidos y Canadá con una recesión continuada y con fuertes luchas para seguir exportando. Por otro, luego de cierto "agotamiento" del mercado francés, la compañía estatal nuclear busca convertirse en exportador de primer orden, aunque en esa dinámica se enfrenta con la alianza alemano-japonesa que en la industria nuclear amenaza convertirse en potencia importante. Pero a menos que hubiera una importante caída de precios en reactores, combustibles, enriquecimiento, fabricación de agua pesada, gestión de desechos, etc., no podrán crecer las exportaciones, menos aún con la situación financiera internacional crítica y con la caída de los precios de los hidrocarburos.

La estructura nuclear estadounidense, concentrada en sus dos grandes consorcios electromecánicos, General Electric y Westinghouse, y sus dos grandes firmas internacionales Babcock and Wilcox y Combustion Engineering, constituye todavía el principal competidor internacional. Se trata de firmas que actúan multinacionalmente, que tienen representantes y filiales en casi todo el mundo; que exportan o invierten directamente en otros países y que cuentan con el respaldo del mercado nacional, pese a que este se encuentra en estos momentos sustancialmente deprimido por diversas razones: bajo crecimiento de la demanda de electricidad; capacidad instalada excesiva en algunas regiones de los Estados Unidos; oferta abundante de carbón y gas natural;

---

26) No hemos tratado aquí, de manera amplia y explícita, el papel de los Estados nacionales para el caso de la industria nuclear. Para estudiar, como ejemplo, el caso norteamericano y caracterizar la importancia mundial de las políticas de Nixon, Carter y Reagan, véanse las obras citadas de Pringle-Spigelman; Hertzgaard; etc.

movimientos antinucleares importantes, sobretodo a nivel regional; debilidad financiera de muchas empresas; fracasos técnicos, administrativos y de diseño; fracasos e inestabilidades normativas y reguladoras. Más precisamente en su futuro en cuanto a exportador, Estados Unidos, sus firmas, se enfrentan a una creciente competencia internacional, aunque las empresas norteamericanas han mostrado creciente disposición a establecer proyectos compartidos "joint ventures". Pero no se vislumbra una salida rápida a la recesión de la industria nuclear estadounidense. En virtud de ello las empresas principales -Westinghouse y General Electric- tienden a diversificarse, integrando nuevas industrias de otras esferas conexas: electrónica, computación, explotación de recursos naturales, informática, control, entre otras. Y, por otro lado tienden a fortalecer sus acuerdos (GE) e interrelaciones con las empresas japonesas con las que acordaron transferencia de reactores: Hitachi, Toshiba y Mitsubishi. Incluso se percibe un acercamiento con ASEA-Atom de Suecia, buscando ganar mercados. O a concretar alianzas (W) con las empresas de España e Italia.

La industria nuclear alemana, por su parte, constituida por un conglomerado industrial muy fuerte: Siemens -reactores-; Hoechst-ciclo del combustible- RWE-servicios-; BMFT, financiamiento para investigación y desarrollo; todos respaldados por el Dresdner Bank, tienen una ventaja importante en la medida que se trata de una estructura industrial muy diversificada, a la que la recesión nuclear ha afectado sólo en parte, aunque internamente ha debido enfrentarse con el Partido Verde alemán, uno de los antonucleares más beligerantes. Pero desde hace varios años, el consorcio alemán busca una alianza con las empresas japonesas, disputándose los acuerdos con General Electric y Westinghouse.

El caso francés, respaldado directamente por el Estado a diferencia de los casos alemán y norteamericano, se ha enfrentado con las disminuciones internas-fruto de oposiciones fuertes- planteadas sobre todo en el gobierno de Mitterand: de un plan original de instalar 66 mil MWe ("tout nucléaire") a un plan actual de instalar 43 mil MWe solamente. Pero también a diferencia de los casos alemán y norteamericano, el consorcio estatal francés de la industria nuclear, no tiene mayor presencia como exportador; por eso ha aprovechado diversas coyunturas internacionales para realizar una amplia labor diplomática y ganar mercados, como lo muestran sus actuaciones con México, única alternativa para superar su recesión, pues se trata de un consorcio muy especializado en el área nuclear.

Respecto a Canadá, a la empresa Atomic Energy of Canada (AECL), su "ventura y deventura" es su reactor de agua pesada y uranio natural, merced al cual ha ganado algunos mercados -India, Pakistán, Argentina y Corea- aunque se trata de mercados también afectados por la crisis que no representan una salida para la industria nuclear canadiense, igualmente concentrada como la francesa e igualmente respaldada por el Estado, y cuyo crecimiento ha estado centrado en el mercado interno, en estos momentos también deprimido.

Otras compañías y consorcios nucleares de Gran Bretaña, Suecia, Suiza, Italia, España, Unión Soviética, y Japón, operan con los éxitos y limitantes de sus mercados internos, aunque las alianzas con compañías norteamericanas o alemanas pudiera modificar el panorama a ese respecto.

Se trata de un panorama realmente crítico para esta industria, pero en el que ya han "tomado cartas" los Estados respectivos, dado que

se trata de empresa importantes para la recuperación económica de los países mencionado y que, eso se comenta, serán importantes una vez que se logre desplazar al petróleo como energético principal. lo que, en nuestra opinión, no será ni pronto ni tan fácil, por la dinámica objetiva que ha llevado ese energético, los recursos actuales y las tecnologías de consumo y utilización, muy orientadas al consumo de productos petrolíferos y carbón.

Así pues, la reestructuración de la industria nuclear internacional se traducirá, muy probablemente, en la conjunción de los grandes consorcios internacionales mediante acuerdos interestatales, pues no serán suficientes ya acuerdos privados en la medida que se requiere apoyo más amplio en todos los sentidos, y en la medida que atrás de esta industria "civil" se encuentran sus aplicaciones militares que sustentan la mayor o menor beligerancia de los Estados imperiales y de aquellos estados de países semiindustrializados como Argentina, Brasil, Pakistán, Israel, la India y Sudáfrica que están decididos a tener la bomba, sin descontar los ánimos de Iraq y de Libia.<sup>27</sup>

Se ha señalado que la diversificación hacia otros productos nucleares o conexos será una salida, aunque sea provisional. Se trata de potenciar las técnicas de aplicación y uso de los radioisótopos y las radiaciones: médicas, industriales, agrícolas, en el medio ambiente, etc. También se ha indicado que la salida será en el mismo ámbito energético produciendo reactores pequeños (250MWe o 300MWe) o reactores de usos múltiples: generen calor para calefacciones centrales, permitan desalinizar agua de mar, etc. Pero el panorama no está definido.

---

<sup>27</sup>Para un estudio y un análisis de los ánimos por tener la bomba, para el caso del Medio Oriente, puede leerse la obra de Weissman S. y Krosney H., LA BOMBA ISLAMICA, Planeta, 1982. Además, un buen artículo respecto a quiénes tienen la bomba es el de Russell George, WHO HAS THE BOMB, en TIME, 3 de junio de 1985

todavía, máxime cuando empieza a surgir una creciente automatización de algunas actividades de la industria nuclear, que disminuirían algunos de los riesgos a los que se someten los trabajadores de esta industria y aumentarán los controles del material radiactivo, de los desechos, del proceso de enriquecimiento y de fabricación de agua pesada.

Ciertamente se consolidarán los acuerdos internacionales y se diversificará, al menos provisionalmente, la industria nuclear, probándose el mercado de reactores pequeños o de usos múltiples. Pero la perspectiva más definitiva de la industria nuclear no se resuelve aún, aunque la beligerancia de los Estados imperialistas será condición fundamental para la supervivencia de la faceta "civil" de una industria originalmente y permanentemente militar.

## 6. Epflogo

La dinámica del capitalismo mundial en general, y la evolución particular de la industria nuclear internacional, que ascendió y se expandió en la gran fase expansiva del desarrollo mundial y que entró en crisis con ese mismo desarrollo muestran los límites y las dificultades para una sustitución energética por la vía nuclear. Surgida de un ánimo belicista, en el contexto de una economía de guerra, luego que explotaron las contradicciones de la acumulación mundial engendradas en el período de entreguerras; expandida en una fase de gran auge económico mundial, luego de que en el período de reestructuración de la posguerra se fortaleció la tendencia

civilizadora de los descubrimientos nucleares; desarrollada a partir de los grandes consorcios electromecánicos de los países industrializados; y sometida a una larga crisis desde 1974, en la que las ofensivas diplomáticas cobraron importancia; así, la industria nuclear internacional ha atravesado cuatro fases principales hasta arribar al actual proceso de reestructuración que dió comienzo en los años de 1979-1980, y que no se resuelve aún.

A lo largo de estas cuatro fases históricas de "lo nuclear" se ha ido mostrando el conjunto de insuficiencias y limitaciones de esta alternativa que, como todas las esferas de la producción, está sujeta la concurrencia mundial y a los objetivos de maximización de las ganancias, en los que la productividad diferencial de los yacimientos del uranio resulta marginal, al menos por el momento, respecto a la importancia que tienen otros procesos -enriquecimiento y fabricación de agua pesada, e incluso la fabricación de reactores- donde si, efectivamente, cuenta tanto la productividad diferencial como la monopolización de los mismos, sobretudo los dos primeros, que por su utilización en la industria militar, han sido monopolizados de manera más contundente, negándose, por razones, obvias, cualquier tipo de transferencia que pudiera implicar la producción de armamento nuclear en muchos más países, como fué y ha sido el objetivo manifiesto y las directrices del Club de Londres desde 1978.

Es posible que la situación energética de algunos países los obligue a utilizar reactores nucleares. Más aún, con la creciente apertura comercial, financiera y productiva que está implicando la actual reestructuración del capitalismo mundial, es posible que encontremos pro-

yectos nucleoelectrónicos de los grandes países, realizados a manera de "joint ventures" en países semiindustrializados o en vías de desarrollo. Transferencias totalmente "llave en mano" o, prácticamente, maquilas de electricidad con la creación de pequeños enclaves energéticos, financiados, operados y comercializados por los países poseedores de tecnología, como se ha ofrecido a México, por parte de Estados Unidos o como, con ciertas diferencias, ha sucedido en algunas plantas de Corea, donde los norteamericanos han llegado a hacer todo, dejando la operación a no más de trescientos coreanos.

No se debe negar la posibilidad de que la alternativa nuclear llegue a ser necesaria para algunos países que no tienen petróleo, ni gas, ni carbón, ni más cuencas hidráulicas explotables, ni pozos geotérmicos recuperables. Incluso, en casos como México, no hay que negar la posibilidad de un programa "EXCESIVAMENTE MODESTO" (dos o tres reactores) que permita un mayor conocimiento de los problemas y dificultades de esta fuente energética y de sus perspectivas futuras. Pero nunca se podrá justificar en un país petrolero como el nuestro el absurdo de un programa masivo de instalación de reactores nucleares, como el que se propuso en el Programa mexicano de Energía de 1980 y, pese a todo, el que siguen defendiendo los funcionarios y técnicos de los sectores eléctrico y nuclear de México, pese a las dificultades técnicas, científicas, financieras, económicas.

La experiencia de México que analizamos en el siguiente capítulo, analizada en el contexto de la evolución mundial de los energéticos, de su sustituibilidad; más particularmente analizada en el contexto de la evolución de la industria nuclear internacional, muestra el absurdo que representa la proclamación, en esta fase del desarrollo del capitalismo mundial, de la necesidad de una industria nuclear integrada y nacional.

La actual reestructuración del capitalismo mexicano que encabeza el Estado, no ofrece en sus perspectivas inmediatas un impulso para la continuación de la alternativa nuclear en nuestro país. Múltiples y diversos factores, que consideramos en el siguiente capítulo, expresan la absoluta imposibilidad de esta alternativa en el corto plazo. Algo similar puede afirmarse respecto a otros países industrializados, cuyos programas nucleares se encuentran igualmente suspendidos o cancelados, prácticamente en espera de una nueva fase no sólo nacional sino internacional que permita su continuación o, incluso, su comienzo.

La actual baja de los precios internacionales de los hidrocarburos, prácticamente ubicada en la frontera de los 8 a 10 dólares, se ha convertido en otra circunstancia más que retrasa y posterga los diversos planes y programas nucleares, no sólo de países semiindustrializados, sino de países altamente industrializados que aprovechan la actual coyuntura para rearticular sus estructuras industriales y redefinir sus alianzas internacionales, siempre buscando una alternativa más eficiente para lo que podríamos definir como "nueva fase expansiva" que ciertamente viviremos luego de esta grave crisis de rearticulación y reestructuración.

APENDICE CAPITULO II

PAISES QUE CUENTAN CON REACTORES NUCLEARES EN OPERACION, CONSTRUCCION Y PLANEACION, Y TOTAL DE CAPACIDAD ELECTRICA (MW)

PAIS	TOTAL DE REACTORES	CAPACIDAD ELECTRICA (MW)
Argentina	6	3,427
República Federal Alemana	15	5,786
República Democrática Alemana	37	35,369
Bélgica	7	5,471
Brasil	3	3,116
Bulgaria	8	5,632
Canadá	25	15,242
Corea	9	7,433
Cuba	2	816
Checoslovaquia	21	12,636
Egipto	1	622
España	19	16,140
Estados Unidos	177	169,683
Filipinas	1	620
Finlandia	5	3,160
Francia	74	73,195
Gran Bretaña	42	14,260
Hungría	4	1,632
Holanda	2	501
India	1	1,689
Israel	1	600
Italia	9	5,278
Japón	38	27,138
México	2	1,308
Pakistán	2	725
Polonia	4	1,632
Rumanía	3	1,728
Suecia	12	9,440
Suiza	5	2,882
Sudáfrica	2	1,842
Tailandia	1	600
Turquía	1	672
URSS	76	54,896
Yugoslavia	2	1,632
TOTAL	624	486,806

FUENTE: Elaborado por el Secretariado Técnico del Consejo Técnico Consultivo, en base a los datos del OIEA, Power Reactors in Member States, Viena, 1983..

DISTRIBUCION DE REACTORES POR FIRMA PROVEEDORA

(Reactores operando al 31-XII-1984)

Principales firmas

FIRMA	NUMERO DE REACTORES
Westinghouse (USA)	54
General Electric (USA)	53
Framatome (Francia)	32
Kraftwerk Union AG(Alemania Federal)	7
Asea-Atom(Suecia)	9
Atomic Energy of Canada(AECL)	15
Combustion Engineering(USA)	11
Toshiba(Japón)	6
The Nuclear Power Group(Inglaterra)	11
Mitsubishi(Japón)	9
United Kingdom Atomic Energy(Inglaterra)	10
Atomenergoexport(Unión Soviética)	56
	<u>273</u>
TOTAL DE REACTORES OPERANDO	318 (190 mil megawatts)

DISTRIBUCION DE REACTORES POR PAIS

(Reactores operando al 31-XII-1984)

Principales países

PAIS	NUMERO DE REACTORES
Estados Unidos	83 (64 mil MWe)
Francia	38 (25 mil MWe)
Inglaterra	35 (12 mil MWe)
Japón	28 (18 mil MWe)
Alemania Federal	13 (11 mil MWe)
Canadá	13 ( 8 mil MWe)
Suecia	10 ( 8 mil MWe)
Unión Soviética	40 (18 mil MWe)
	<u>260</u> (164 mil MWe)

FUENTE:Elaboración propia con datos de Nuclear News,february 1985

DISTRIBUCION DE REACTORES POR FIRMA PROVEEDORA

(Total de reactores al 31-XII-1984)

Principales firmas

FIRMA	NUMERO DE REACTORES
Westinghouse(USA)	93
General Electric (USA)	70
Framatome(Francia)	61
Fraftwerk Union(Alemania Federal)	26
Asea-Atom(Suecia)	11
Atomic Energy of Canada(AECL)	26
Combustion Engineering(USA)	16
Toshiba(Japón)	11
The Nuclear Group(Inglaterra)	11
Mitsubishi(Japón)	15
United Kingdom Atomic Energy(Inglaterra)	10
Atomenergoexport(Unión Soviética)	99
	<u>449</u>

DISTRIBUCION DE REACTORES POR PAIS

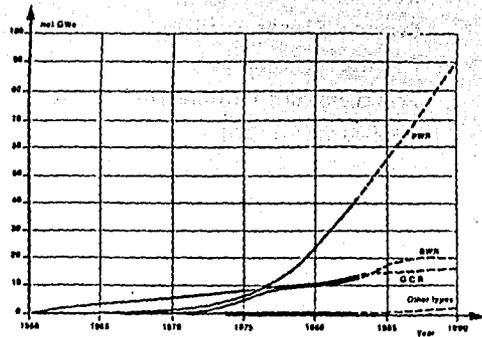
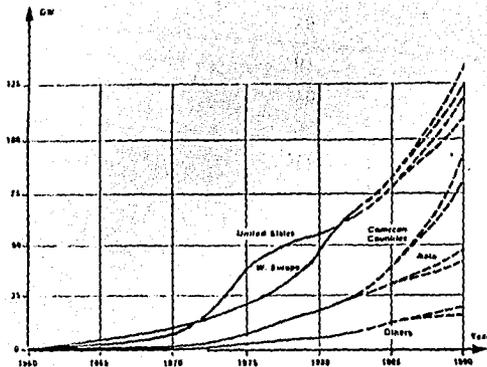
(Total de reactores al 31-XII-1985)

PAIS	NUMERO DE REACTORES
Estados Unidos	129
Francia	65
Inglaterra	42
Japón	43
Alemania Federal	28
Canadá	22
Suecia	12
	<u>400</u>

TOTAL DE REACTORES EN EL MUNDO(operación, planeación y construcción): 528

FUENTE:Elaboración propia con datos de Nuclear News,February 1985.

EVOLUCION NUCLEOELECTRICA MUNDIAL 1970-1985



APENDICE CAPITULO II/GRAFICA 1

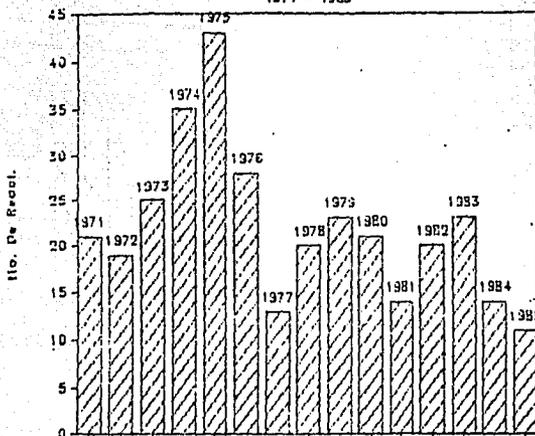
Año	Construcción		Conexión		Operación	
	Unidades	Gw(e)	Unidades	Gw(e)	Unidades	Gw(e)
1970					90	16.5
1971			16	7.2	106	23.7
1972	21	15.6	16	8.8	122	32.5
1973	19	16.4	20	12.5	142	45.0
1974	25	20.2	26	16.9	168	61.9
1975	35	30.7	15	10.1	183	72.0
1976	43	39.6	18	13.4	201	85.4
1977	28	25.8	18	13.1	219	98.5
1978	13	12.9	21	16.3	240	114.8
1979	20	16.8	8	7.0	248	121.8
1980	23	21.5	21	15.2	269	137.0
1981	21	20.7	22	19.2	291	156.2
1982	14	12.9	19	15.6	310	171.8
1983	20	19.2	23	19.2	333	191.0
1984	23	17.8	34	31.8	367	222.8
1985	14	11.3	46	43.8	413	266.6

FUENTE:Elaboración propia con datos del ORGANISMO INTERNACIONAL DE ENERGIA ATOMICA, 1985

\*)Gráficas tomadas del trabajo EXPERIENCE D'EXPLOTATION DES CENTRALES NUCLEAIRES:LE BILAN EUROPEEN, (sin autor), 1983

### Comienzo de Constr.

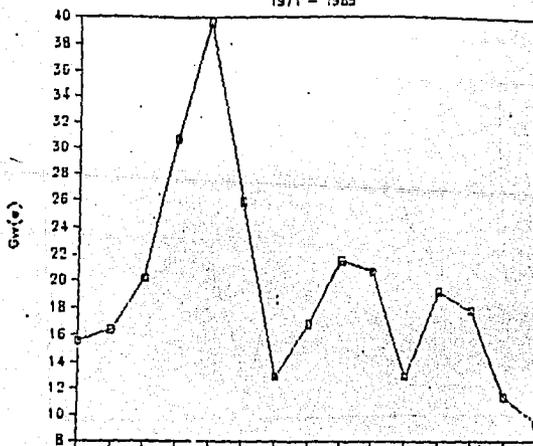
1971 - 1985



### APENDICE CAPITULO II/GRAFICA 2

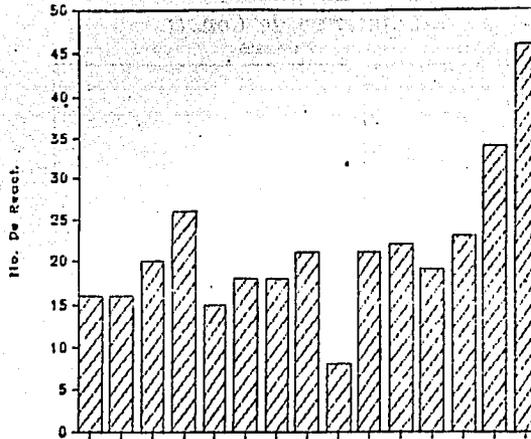
### Comienzo de Constr.

1971 - 1985



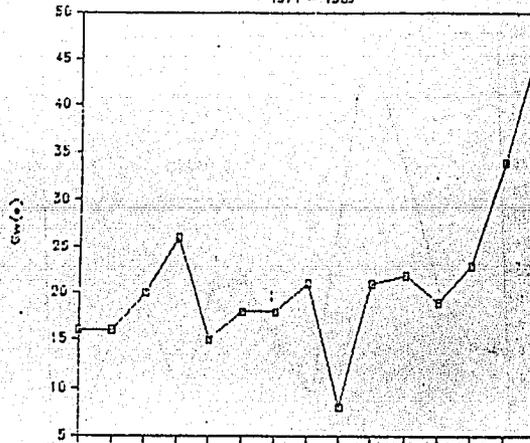
FUENTE:Elaboradas por BINARIO A.C., con informes del Organismo Internacional de Energía Atómica, diversos años.

*Conexión*  
1971 - 1985



APENDICE CAPITULO II/GRAFICA 3

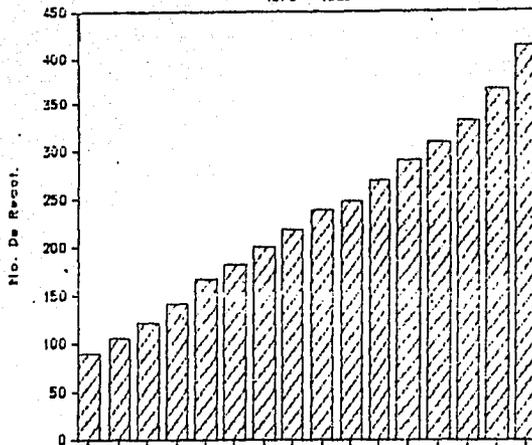
*Conexión*  
1971 - 1985



FUENTE:Elaborado por BINARIO A.C., con informes del Organismo  
Internacional de Energía Atómica, diversos años.

### Operacion - Acumulado

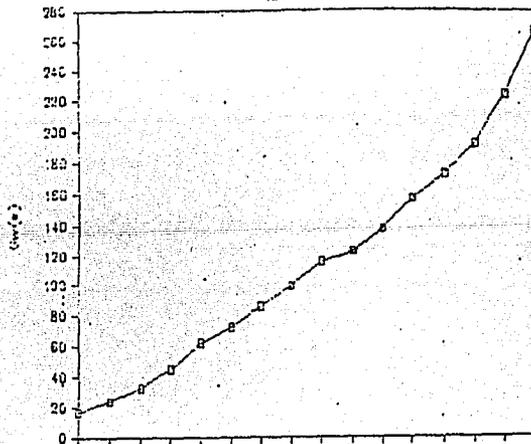
1970 - 1985



APENDICE CAPITULO II/GRAFICA 4

### Operacion - Acumulado

1970 - 1985



FUENTE:Elaborado por BINARIO A.C., con informes del Organismo Internacional de Energía Atómica, diversos años.

## ACUMULACION INTENSIVA DE CAPITAL Y ENERGETICOS:

### El fracaso nuclear de México

#### 1. Acumulación Intensiva de Capital<sup>1</sup>

##### 1.1 La consolidación inicial

Luego de la Segunda Guerra Mundial nuestro país continuó en una fase expansiva de la producción mercantil y manufacturera que sólo hasta 1957 y 1958 mostró evidentes signos de agotamiento. Se contaba a principios de los años cincuenta, con una estructura agraria basada en la producción minifundista que, bajo el régimen de propiedad ejidal, permitía la conformación de un contingente importante de trabajadores asalariados estacionales, claramente ligados a los grandes graneros del país heredados del gobierno de Miguel Alemán y vinculados a los procesos migratorios hacia Estados Unidos. Durante el período de Miguel Alemán (1946-1952) había apoyado sustancialmente a los sectores agroexportadores fortaleciendo la infraestructura en las zonas norte y noroeste del país, impulsando, simultáneamente, un desarrollo industrial y con él la consolidación de un mercado interno con todo el instrumental proteccionista reivindicado y aceptado durante esos años.

Tanto estos apoyos como el auge de precios internacionales de las materias primas agrícolas que México exportaba, permitieron la importación de maquinaria y equipo para reequipar y ampliar la planta industrial y canalizar, simultáneamente, el flujo correspondiente de materias primas a precios más o menos estables, consolidándose una estructura industrial de baja composición orgánica que contó con abun-

1) El razonamiento básico (desarrollo intensivo) y algunos elementos de esta primera parte se nutren de un trabajo que suscribimos plenamente elaborado por Rivera, Miguel Ángel y Gómez, Pedro, MEXICO: ACUMULACION Y CRISIS EN LA DECADA DEL SESENTA, en Teoría y Política, No. 2 Octubre-diciembre 1980, continuado y profundizado en Rivera, Miguel Ángel, CRISIS Y REORGANIZACION DEL CAPITALISMO MEXICANO, LA SITUACION AL INICIO DE LOS AÑOS OCHENTA, Tesis de Maestría, DEFFE, UNAM, 1985, y cuyo mérito está en caracterizar la acumulación en México de 1950 a 1974 como un tránsito- a partir de 1957 y 1958- de una forma extensiva a una forma intensiva de acumulación.

dante fuerza de trabajo, que utilizó un volumen importante de insumos y materias primas nacionales, y cuya tecnología era fundamentalmente de tipo tradicional.

Durante los años de la década de los cincuenta los salarios experimentaron una leve mejoría, luego de haber sido severamente deprimidos durante más de diez años. Esta depresión salarial de 1939 a 1951 favoreció una industrialización sustitutiva de importaciones -básicamente de bienes de consumo y algunas refacciones industriales- que se desaceleró una vez que sobrevino la limitación de la forma extensiva de acumulación y que finalizó la fase de auge en cuanto a captación de divisas por la vía de la agroexportación. Así pues, en 1957 y 1958 la modalidad de la reproducción del capital ingresó en una fuerte crisis estructural, producto del decaimiento de la industria, el cese del alza coyuntural de los precios de las materias primas de agroexportación y, en general, de la rentabilidad del capital. La superación de esta crisis estuvo fuertemente influenciada por el tránsito experimentado por la economía mundial hacia el segundo período de la larga fase expansiva<sup>2</sup>, una vez que se consolidó el primer período de reconstrucción después de la guerra y que se superó la recesión coyuntural de 1958-1959.

La superación se tradujo en una transformación cualitativa de la estructura agrícola, industrial, económica en general y social de nuestro país con un crecimiento económico ininterrumpido entre 1962-1963 y 1967-1968, que comportó seis características importantes: 1) rápido crecimiento de la productividad en la industria, ligado a

2) Ver capítulo II, pp. 7 a 12

su modernización que, entre otras cosas, permitió un progresivo abaratamiento de la fuerza de trabajo y un elevamiento sostenido de los salarios; 2) un peso creciente de las empresas estatales y de las empresas transnacionales; 3) una elevación muy importante de los ritmos y volúmenes de capitalización, reconocida en el crecimiento sostenido de la inversión fija bruta y su elevación como participación del Producto Interno Bruto (20%); 4) altas tasas de crecimiento de las ramas "pesadas" y estratégicas: energéticos y electricidad, siderurgia, química, cemento, vidrio, motores, papel; 5) un elevamiento importante de la composición técnica del capital; 6) una participación creciente de las manufacturas en las exportaciones.

Concomitantemente a este proceso, el Estado mexicano experimentó transformaciones importantes, ampliando su participación productiva en la economía al hacerse cargo de rubros industriales importantes (la electricidad, por ejemplo, que fue nacionalizada en 1962) y de una labor esencial de intermediación financiera, además de su papel en cuanto a órgano de transferencias, vía subsidios y definición de precios, que permitieran y garantizaran una elevación sostenida de la rentabilidad general de la economía.

Es importante subrayar dos efectos sustanciales de esta gran fase de tránsito hacia una forma intensiva de acumulación: 1) un crecimiento abaratamiento de costos que implicó una elevación sostenida de la rentabilidad; 2) un crecimiento sostenido de la productividad industrial, que implicó una elevación, también sostenida, de la tasa de plusvalor y, consecuentemente, de la rentabilidad.

Para el caso específico de la industria energética -petróleo y electricidad-, se registraron cambios importantes, en su participación en el Producto, en la inversión y en los acervos de capital, que se tradujeron en una elevación sostenida de su composición de capital, reconocido en la relación acervos por hombre ocupado.

CUADRO 1: EVOLUCION DEL PIB EN LA INDUSTRIA ENERGETICA  
(miles de millones de pesos de 1960)

	1960			1965			1970		
	Valor	PP*	PI*	Valor	PP	PI	Valor	PP	PI
General	155.9	100%	-	212.3	100%	-	296.6	100%	-
Indust.	43.9	29.2%	100%	66.5	31.3%	100%	102.2	34.4%	100%
Petr*	5.1	3.4%	11.6%	7.5	3.5%	11.3%	11.3	3.8%	11.1%
Elect.	1.3	1.0%	3.5%	2.8	1.3%	4.2%	5.4	1.8%	5.2%
ENERG*	6.4	4.4%	15.1%	10.3	4.8%	15.5%	16.7	5.6%	16.3%

FUENTE: SPP, Sistema de Cuentas Nacionales, diversos años; y reportes conjuntos con PEMEX y CFE, sobre la industria petrolera y el sector eléctrico, diversos años.

\*) PP expresa la participación en el producto global; y PI la participación en el producto industrial. ENERG se refiere, exclusivamente a la suma de petróleo y electricidad, descontando petroquímica.

Globalmente tanto la industria en general, como el sector energético en particular, elevaron su participación, globalmente y en el seno de la industria éste último. Se trata de un dinamismo que se muestra pese a cierta baja en su participación en la inversión pública realizada durante ese período, pues mientras que la industria elevó su participación en dicha inversión de un 36% en 1960 a un 38% en 1970, la industria petrolera bajó de un 62% a un 49% en los mismos dos años, en tanto que el sector eléctrico de una participación superior al 30% en 1960, bajó al 25% en 1965 y se elevó nuevamente en 1970 al 37%, considerando exclusivamente la inversión

industrial. Esto, pese a todo se expresó en un crecimiento importante de los acervos brutos de capital y en la relación de estos con el número de hombres ocupados.

**CUADRO 2: EVOLUCION DE LOS ACERVOS INDUSTRIA Y ENERGETICOS**

(miles de millones de pesos corrientes)

	1960			1965			1970		
	Valor	PP	PI	Valor	PP	PI	Valor	PP	PI
GLOBAL	590.8	100%	-	793.8	100%	-	1,102.2	100%	-
Indust.	74.2	12.6%	100%	129.6	16.3%	100%	235.8%	21.4%	100%
Petr.	10.2	1.7%	13.8%	19.3	2.4%	14.9%	38.7	3.5%	16.4%
Elec.	21.6	3.7%	29.1%	37.3	4.7%	28.8%	54.7	4.9%	23.2%
ENER.	31.8	5.4%	42.9%	56.6	7.1%	43.7%	93.4	8.4%	39.6%

FUENTE:Elaboración con datos de las fuentes del cuadro anterior SPP,PEMEX,CFE. y Banco de México,serie Producto Interno Bruto y Gasto 1960-1967.

De nuevo, exceptuando cierto comportamiento irregular del sector eléctrico, por lo demás explicable en virtud de los cambios y ajustes que generó el proceso de nacionalización desde 1962, tanto la industria, como el sector energético, tienden a "pesar" mucho más en la evolución económica y en la determinación del producto y de la rentabilidad. De manera particular la evolución de la composición técnica en petróleo y electricidad tuvo, también, elevaciones importantes.

**CUADRO 3:COMPORTAMIENTO DE LA COMPOSICION TECNICA  
SECTOR PETROLERO Y SECTOR ELECTRICO**

(pesos constantes de 1960)

	1960	1965	1970
Petróleo	20,416 P/ho.	26,577 P/ho.	40,823 P/ho.
Electr.	900 P/ho.	1,093 P/ho.	1,080 P/ho.
IN-PETR.	100	130	200
IN-ELEC.	100	121	120

FUENTE:Elaborado en base al cuadro anterior, utilizando el deflactor de inversión fija bruta.

Pero en una perspectiva más amplia, el tránsito y el ingreso a esta nueva fase intensiva de la acumulación en México implicó y generó una mayor complejidad social, pues se constituyó un proletariado industrial moderno y se consolidó una burguesía monopólica y financiera sólidamente vinculada al capital internacional a la par que se abrió la perspectiva para un desarrollo ampliado del capitalismo de Estado, es decir, un capitalismo en un nuevo tránsito, pero dentro de esta fase intensiva, pues del capitalismo monopolista que el mismo desarrollo intensivo impulsa, se va transformando a su vez en capitalismo de Estado que se traduce en "la apropiación de los grandes organismos de producción y de circulación, primero mediante sociedades anónimas, después mediante trust; a continuación por medio del estado."<sup>3</sup>

En cuanto a la constitución de un proletariado moderno, industrial, crecientemente organizado, el sector energético: petróleo, electricidad y, como veremos luego, energía nuclear, fueron esferas de actividad que impulsaron la consolidación de un contingente muy importante y que, incluso a la fecha, representan un conglomerado obrero fundamental en la acumulación en México, tanto por sus actividades productivas específicamente como por el peso político que tiene en el país, peso que hasta el momento ha sido utilizado en favor del Estado en virtud tanto de la corporativización en la que el grupo de petroleros y electricistas se encuentra, como por la creciente fusión -precisamente como consecuencia de la corporativización- entre la burocracia sindical petrolera y electricista con la burocracia política del gobierno.

---

3) Engels F., DEL SOCIALISMO UTOPICO AL SOCIALISMO CIENTIFICO, Ed. Progreso, p.152

Este contingente de la industria "energética" creció un 40% de la década de los años sesenta: reconocemos 50 mil petroleros en 1960 y 24 mil electricistas ese año, cantidad que para 1970 era de 71 mil petroleros y 38 mil electricistas, a los que se sumaban tres mil trabajadores de las actividades de investigación en las áreas petrolera, eléctrica y nuclear, representando en ambos años el 44.8% y el 43.8% de los asalariados industriales. Pero en cuanto a su interrelación con el desarrollo del mercado mundial, el tránsito y la consolidación de esta forma intensiva de la acumulación se desarrolló concomitantemente a la nueva fase expansivas de la economía mundial, posterior a la reestructuración de la posguerra que se prolongó casi hasta 1959- y que, entre otros elementos permitió un crecimiento del mercado mundial de capitales, lo que para el caso de México significó un acceso cada vez mayor al capital de préstamo, forma de acceso al capital dinerario internacional que vino a complementar a la inversión extranjera directa, tornándose en forma dominante de financiamiento externo a fines de la década de los sesenta y convirtiendo a nuestro país en una nación mucho más interdependiente del mercado mundial, pues, además, la transformación del sector exportador- en el que cada vez tenían mayor peso los productos manufacturados y semimanufacturados- y la transformación de la estructura de las importaciones -con más énfasis en la importación de maquinarias, equipos, insumos industriales y tecnología-, todo esto, implicó importantes transferencias de recursos al mercado mundial: remesas y utilidades, pago de intereses; dividendos, etc.

Otra implicación importante es la evolución del consumo de energía y del patrón de generación. En particular, la estructura de consumo energético nacional varió en virtud de la creciente importancia de la generación de electricidad que a principios de la década de los sesenta representaba el 8.5% del consumo nacional de energía primaria, para 1965 y 1970 representó el 9.1% y 11.1%, mostrando una tendencia que, sin embargo, no se sostendría, pues la participación de la electricidad en el consumo nacional global tendió a decrecer, llegando en 1980 a solamente un 7.5%. Pero el consumo global de 1960 a 1970 varió de manera importante: de un consumo de 156.30 billones de Kilocalorías (equivalente a 121.9 millones de barriles de petróleo equivalente por día), se arribó a un consumo nacional de 414.41 billones de kilocalorías ( 323.2 millones de barriles diarios de petróleo crudo equivalente), lo que define un crecimiento medio anual del 10.5% anual, superior al crecimiento del PIB.

CUADRO 4: EVOLUCION DEL CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA

	<u>1960</u>	<u>1965</u>	<u>1970</u>
PIB (mMp.60)*	155.9	212.3	296.6
CONS.ENERG <sup>a</sup>	156.3BKCal	292.9BKCal	414.4BKCal
CONS.ENERG <sup>b</sup>	121.9MBPCE	228.4MBPCE	323.2MBPCE
CONS.ENERG <sup>c</sup>	334 mil b/d	626 mil b/d	885 mil b/d
PIB/C.EN <sup>d</sup>	1,278 p/b	930 p/b	918 p/b

FUENTE:Elaboración propia con datos de SPP,PEMEX y CFE, diversos años.

\*)miles de Millones de pesos de 1960; a)Billones de Kilocalorías;  
 b)Millones de Barriles de petróleo crudo equivalente, considerando que 1 MBPCE= 1.282314 BKCal; c)miles de barriles por día;  
 d)pesos constantes de 1960 por barril.

Pero incluso superior al creceimiento global del consumo energético, el consumo de electricidad empezó a representar un volumen importante de dicho consumo, -11.1% como hemos dicho antes-, y paralelamente, los hidrocarburos también empezaron a representar el volumen más importante de los energéticos consumidos, situación que para los años de 1965 y 1966 empezó a "justificar" una propuesta de la Comisión Federal de Electricidad en el sentido de "diversificar" las fuentes de generación de energía, promoviendo desde esos años, la instalación de la primera central nuclear de México, lo que en aquel momento significaba instalar un reactor nuclear de 600 mil kilowatts eléctricos-600 MWe-, pues se consideraba que " en cuanto a costos de instalación y operación es conveniente adquirir una primera planta nucleoelectrica de una potencia nominal de 600 MW, (si se logra verificar que sus costos son menores ) en relación con los costos de plantas térmicas convencionales, alimentadas con combustóleo o gas".<sup>4</sup>

Precisamente en esos años, la situación de la capacidad eléctrica del sector público (83% del total) era de un 55% de generación hidroeléctrica y un 45 de generación termoeléctrica, de un total instalado correspondiente a 4165 MWe, situación que para fines de esa década no varió de manera importante pues la generación hidroeléctrica todavía representó un 57% y la generación termoeléctrica un 43% cuando la capacidad instalada global en ese año de 1969 era de 5658 MW y el sector público controlaba el 85% de la capacidad instalada global del país.

---

4) Comisión Nacional de Energía Nuclear de México, MEMORIA DE LABORES 1969-1970, México, 1970, p. 28

## 1.2 La década de los años setenta

Ahora bien, en cuanto a la evolución general de la economía, a fines de 1967 y principios de 1968 empezaron a manifestarse signos de decaimiento del auge espectacular que comenzó en 1962, aunque sólo hasta 1971 estalló la crisis, por primera ocasión en la nueva fase del desarrollo mexicano, fruto tanto del aumento tan grande del capital fijo heredado de los años de auge como del elevamiento de los precios agrícolas y el consecuente encarecimiento de la fuerza de trabajo, y que se expresó en una caída de la rentabilidad general.

Por otra parte, la transformación estructural de la fase de auge había generado, contradictoriamente, una estructura agraria desigual, no sólo en sí misma sino en su relación con la industria, que se expresó en un estancamiento a fines de los sesenta y principios de los setenta con la consecuente caída de la agroexportación, situación que resultó por demás sorprendente, dado que pese a la desaceleración del desarrollo económico mundial, subsistía un relativo auge de precios de los productos de agroexportación.

El año de 1970 fué el umbral de esta crisis, plenamente manifiesta en 1971, pues si bien el ritmo de la acumulación había decrecido en 1968 y 1969, en 1970 y 1971 se tradujo en tasas negativas de la formación de capital y en una caída importante del Producto Interno Bruto, agudizándose la relación entre las importaciones, el déficit del sector público y el endeudamiento externo, agravándose asimismo la situación del empleo.

Por lo que respecta a la productividad es de notarse un comportamiento sumamente desigual, a diferencia del crecimiento sostenido anterior

al año de 1968, y sólo hasta 1972 hubo ligeras mejoras, una vez que se recuperó la inversión, el producto, el empleo, el comercio y, en general, al rentabilidad, aunque, como contraparte, hubo un crecimiento por demás acelerado del endeudamiento externo, situación que puede explicarse tanto a las facilidades internacionales ofrecidas por el mercado mundial de dinero - en esos momentos captando un flujo importantísimo de petro-dólares- como a las necesidades que la acumulación planteó respecto a ciertas obras emprendidas por el Estado para revertir la tendencia negativa de la rentabilidad y que exigieron una concentración muy grande de recursos: precisamente la central nucleoelectrónica Laguna Verde que en los años de 1967 y 1968 representaba una inversión de 300 a 400 dólares por kilowatt instalado, es decir, 210 millones de dólares, o su equivalente en pesos mexicanos de ese momento: 2,625 millones de pesos (cuando el PIB eléctrico fué en 1970 de 5,147 millones de pesos)<sup>5</sup>; pero, además de esta central, se comenzó la siderúrgica Lázaro Cárdenas-Las Truchas, en el estado de Michoacán; y el proyecto hidroeléctrico del Grijalva; tres proyectos, entre muchos otros de menor envergadura, que suponían una inversión cercana a los 1,500 millones de dólares de 1971 durante el período 1972-1976 y que, por razones obvias, sólo podían ser responsabilidad del Estado.

---

5) En una central nucleoelectrónica la parte específicamente nuclear denominada Sistema Nuclear de Suministro de Vapor (SNSV), representa entre el 20% y el 25% de todo el equipo y los materiales instalados, mucho de los cuales -la isla convencional- son prácticamente iguales a cualquier termoeléctrica convencional. Los costos de construcción se dividen, formalmente, entre las dos partes: isla nuclear (SNSV) e isla convencional. Además, según estimaciones del actual director del proyecto de Laguna Verde, el presupuesto se divide en 47% de gastos en moneda nacional y el 53% de gastos en moneda extranjera, en este caso dólares-. Precisamente por divergencias respecto a estas participaciones y estimaciones, los costos de una central nuclear varían para cada caso y cada estimación; sin embargo la cifra que hemos dado se aproxima, incluso, a las estimaciones de los proveedores que concursaron en la licitación de Laguna Verde en 1970.

Estas obras monumentales, además de muchos gastos más que emprendió el Estado mexicano durante el sexenio de Luis Echeverría, des-cansaron, una vez más, en el endeudamiento externo, arribándose a fines de 1976 a un endeudamiento público total de 19,600 millones de dólares, de los cuales correspondían, por cierto, 2,000 millones a PEMEX y 3,200 al sector eléctrico, es decir que un 27% correspondía al sector energético.

De manera particular podemos descubrir tres años de especial dinamismo en la acumulación en la primera mitad de los años setenta; se trata de los años 1972, 1973 y 1974, en los que la formación bruta de capital evolucionó a una tasa real del 10.6%, 15.2% y 17.4%, respectivamente, aunque, contradictoriamente, desde 1974 perdió dinamismo la ampliación de la acumulación.<sup>6</sup> (Ver cuadro 5)

CUADRO 5: INDICADORES DE LA ACUMULACION 1970-1976

(mil. de millones de pesos de 1970 )

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
fbk	100.9	96.0	106.2	122.4	143.7	150.8	147.4
tc-fbk	-	- 4.83%	10.59%	15.21%	17.42%	4.97%	- 2.25%
pa-fbk	22.71%	10.75%	21.16%	22.47%	24.88%	24.72%	23.18%
ak	-	1.47	33.71	29.10	34.82	31.08	29.57
tc-ak	-	-	2204.97%	-13.84%	19.67%	-10.74%	- 4.86%
tak	0.33%	7.30%	5.80%	6.40%	5.38%	4.85%	0.40%

FUENTE: Elaboración propia con información de SPP, SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES diversos años 1970-1984.

fbk: formación bruta de capital glob. en miles de millones de pesos de 1970

tc-fbk: tasa de crecimiento de la formación bruta de capital global (fijo y variación de inventarios)

pa-fbk: participación de la fbk en el PIB anual

ak: incremento anual real de remuneraciones a los asalariados y formación de capital

tc-ak: tasa de crecimiento de esta ampliación

tak: tasa de acumulación, definida como la relación entre ak y el del año anterior.

6) En 1973 la formación de capital creció todavía, pero la acumulación cayó, lo que muestra un movimiento contradictorio de crecimiento con desaceleración, explicable por la acumulación de acervos tan grande que globalmente la economía estaba experimentando. Otra muestra de recuperación lo pueden proporcionar los indicadores ak y tak, a través de los cuales señalamos con datos complementarios, las tendencias que señalan Rivera y Gómez, Op.Cit. y que muestran, efectivamente, el comportamiento cíclico de la economía mexicana de 1967 a 1985.

Pero pese a la pérdida de dinamismo, es constatable que se mantuvo la participación de la formación bruta de capital en el Producto, pues nunca fué menor del 20% -quinta parte del producto-, llegando en 1974 y 1975 a casi la cuarta parte, participación que sólo ha sido superada en 1979, 1980 y 1981, años de una acelerada sobreacumulación, en los que los incrementos de remuneraciones y formación de capital en relación al producto del año anterior, representó una tasa media del 8.3%, situación extremadamente indicativa de la sobreacumulación en la medida que acontecía con caída acelerada del salario real.

Pero también conviene aclarar que esta sobreacumulación se logró en consonancia e interdependencia con un endeudamiento externo creciente y una caída de los niveles de utilización de los acervos de capital y, consecuentemente, del producto y de la rentabilidad.<sup>7</sup>

---

7) Para dar sólo algunos indicadores de esta situación, mencionaremos que para el caso concreto de las industrias petrolera, eléctrica y siderúrgica, se observaron en los años de referencia -primeros y mediados de los setenta- los siguientes cambios. La industria petrolera tenía variaciones anuales de sus acervos brutos de aproximadamente, 12% en promedio de 1965 a 1973; pues bien, en 1974 estos acervos crecieron un 40.5% y un 29.4% en 1975, cifras realmente importantes y que explican y se relacionan con lo que también hemos comentado: la acumulación de acervos como expresión de la sobreacumulación, además de explicar porqué en el sexenio de López Portillo simplemente se "abrieron" las llaves para producir petróleo. Para el caso de la industria siderúrgica hemos de notar que entre 1970 y 1976 crecieron un 50% sus activos fijos- acervos brutos-. Y para el caso de la industria eléctrica notemos también que entre 1970 y 1971 crecieron sus acervos un 9.3% y un 9.2% respectivamente superando la tendencia histórica de 1965 a 1969 correspondiente a un 4% en promedio. Para aclarar más estas cifras y estos comportamientos puede consultarse la información oficial de SPP proporcionada en las ediciones de las Industrias Petrolera, Industria Siderúrgica y Sector Eléctrico. Además puede consultarse la obra de la misma SPP, ESCENARIOS ECONOMICOS DE MEXICO, perspectivas de desarrollo para ramas seleccionadas 1981-1985, México noviembre de 1981, las partes correspondientes a estas industrias. En esta última publicación se afirma, por ejemplo, que la exploración petrolera en el mar se incrementó entre 1970 y 1977 a una tasa promedio de 48%, lográndose cubrir unos 8,000 km<sup>2</sup> en la plataforma marítima de Campeche, demostrándose la existencia de petróleo en buena parte de esa superficie. Pero esta exploración es de las más caras y costosas, e implica una acumulación de acervos muy grande. Centeno, R., Op. Cit. Caps I y II señala que un buque explorador de mar costaba al día 50,000 Dólares en 1972 y 1973 y que se requieren varios meses para verificar eficientemente la existencia de petróleo, lo que puede representar, en términos de costos, varios millones de dólares. Esto se hizo en México, en el Golfo de Campeche, entre 1973 y 1976. Ver Memorias de Labores de PEMEX de dichos años.

El comportamiento del producto, pues, fué decreciendo relativamente luego de las altas tasas de los años sesenta, aunque nuevamente en 1972 y 1973 alcanzó tasas elevadas que luego de nuevas caídas volvieron a obtenerse los años 1978 a 1981 del auge petrolero espectacular.

CUADRO 6: EVOLUCION DEL PRODUCTO INTERNO BRUTO  
(tasas decrecimiento)

	<u>1970</u>	<u>1971</u>	<u>1972</u>	<u>1973</u>	<u>1974</u>	<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>
PIB	6.9%	4.1%	8.5%	8.5%	6.1%	5.7%	4.2%	3.4%	8.3%	9.1%

FUENTE: SPP, SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES, diversos años 1970-1984

Durante estos años la industria energética experimentó comportamientos dispares. La industria de extracción, por ejemplo, luego de una tasa negativa de crecimiento en 1971, comenzó a crecer aunque con tasas inferiores a las del PIB general, pero experimentando un crecimiento extraordinario en 1974: 21.03% y en 1975: 17.55%, sólo equiparables a las tasas de crecimiento de los años 1977 a 1980 en que la extracción petrolera fué la rama más importante de la economía.

Por lo que respecta a la refinación su crecimiento, más modesto, se aproximó más a la tendencia del PIB general. Esto hizo que en la industria petrolera (energética, es decir, no contando la petroquímica) el crecimiento, aunque más atenuado, muestra comportamientos excepcionales en 1974, 1975, 1977, 1978, 1979 y 1980.

Por su parte, la industria eléctrica creció por encima del PIB general de 1971 a 1974, decayendo un poco en 1975.

Globalmente considerada, la industria energética nacional creció durante toda la década por encima del PIB global, experimentando cre-

cimientos extraordinarios en 1974, 1979 y 1980.

Ahora bien, en términos de la inversión, hemos de notar un impulso especial en 1972, 1973 y 1975, producto de un crecimiento importante de la inversión tanto en electricidad como en petróleo.

Pero en términos de la relación de la inversión con el Producto del año anterior -que he denominado  $k$ , considerando los incrementos de los salarios- el monto más grande destinado a energéticos se registra en 1975: 2,380 millones de pesos constantes, no igualado en los otros años de la década. Se trata de un comportamiento compatible con la participación de la inversión en el Producto de ese año, que llegó a un 33.43% cifra superior a todas las de la década.

En general durante toda la década la industria energética experimentó un gran dinamismo en su acumulación, sobresaliendo los años de 1972, 1975 y 1976, caracterizados por una gran inversión en exploración petrolera y en infraestructura eléctrica.

Además, para el año de 1980 la industria energética ya representaba 140 mil trabajadores de base, y su participación en el producto global nacional era del 4.5% (3.5% la industria petrolera y 1% la industria eléctrica), correspondiendo a un 12.4% del producto industrial (10% la industria petrolera y 2.4% la industria eléctrica).

Ahora bien, sobresale señalar el deterioro diferenciado de los salarios industriales energéticos que en términos de salario promedio real cayeron de 74 mil y 56 mil en 1970 para petróleo y electricidad respectivamente (pesos anuales de 1970), a 43 mil en 1980 para el caso de los petroleros a diferencia de los electricistas cuyo salario promedio llegó a 81 mil pesos, luego de haber logrado un promedio de 94 mil pesos anuales por trabajador en 1976.

CUADRO 7 : DINAMICA ECONOMICA DE LA INDUSTRIA PETROLERA-ENERGETICA 1970-1980

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
def-pib	9.24	7.95	9.15	10.53	21.06	27.34	28.09	54.38	69.66	115.89	372.14
def-pib	100.00	116.82	108.04	110.03	193.74	226.51	216.74	374.52	409.28	574.05	1080.35
g-pib	8.26	8.44	8.95	9.57	10.87	12.07	12.96	14.52	17.02	20.16	25.19
g-pib		2.18	6.16	6.81	13.58	11.04	7.37	12.04	17.22	18.45	24.95
res	3.83	3.41	3.99	4.87	4.39	5.19	8.17	9.28	11.94	14.13	15.31
res	100.00	105.50	110.70	123.10	153.80	175.40	203.10	261.50	307.70	363.10	461.50
ross	3.8	3.2	3.6	4.0	2.9	3.0	4.0	3.2	3.9	3.9	3.3
ross		-15.43	11.34	9.85	-27.83	3.64	35.92	-21.26	22.52	0.24	-14.59
pac	51.86	54.17	54.68	55.37	55.88	57.50	59.62	62.45	64.45	69.43	76.15
pac		8.31	-2.65	1.24	0.92	2.90	3.69	4.75	3.20	7.73	9.68
in-pac	100.00	108.31	105.44	106.77	107.75	110.88	114.96	120.42	124.28	133.88	146.84
pbx	5.31	6.75	6.50	7.67	10.11	14.45	21.12	33.02	62.78	83.47	121.80
pbx	100.00	101.06	109.24	117.64	150.90	180.30	221.42	306.31	357.52	432.26	547.17
pbx	5.31	4.70	5.95	6.52	6.70	8.02	9.53	10.78	17.55	17.31	22.74
pbx		-11.49	26.50	9.58	2.76	19.70	18.83	13.12	62.89	9.97	15.28
pbx		-11.20	1.62	0.92	-0.92	1.62	2.57	0.39	7.49	1.76	2.38
pbx			-234.71	-42.81	-199.61	-254.55	-80.73	-84.67	1799.50	-76.52	35.40
sol-p	73.76	57.61	65.89	71.48	51.12	51.48	57.49	59.73	60.23	56.04	43.64
sol-p		-21.92	14.28	8.48	-28.49	0.72	31.09	-24.83	18.72	-6.95	-22.13
in-sol-p	100.00	78.08	89.31	96.88	69.28	69.78	91.47	69.76	81.63	75.96	59.15
poros	46.32	38.34	40.21	41.35	26.28	24.63	31.05	21.82	22.81	19.30	13.19
poros		-17.23	4.89	2.85	-36.46	-6.67	26.59	-29.72	4.53	-15.37	-31.64
in-poros	100.00	82.77	86.81	89.28	56.73	52.95	67.02	47.10	49.23	41.67	28.48
capit	44.29	55.69	66.41	68.13	61.64	66.45	73.53	74.24	103.17	95.78	88.37
capit		-13.38	19.25	2.60	-9.53	7.80	10.67	0.96	38.97	-7.16	-7.74
in-capit	100.00	86.62	103.30	105.98	95.88	103.35	114.39	115.49	160.49	149.00	137.41
tax		-14.53	19.16	10.32	-9.63	13.19	21.32	3.04	51.61	10.34	11.92
tax			-231.84	-46.13	-193.26	-236.07	62.76	-85.72	1595.42	-79.97	14.31
in-tax			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE:Elaboración propia con datos del SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES y SPP, LA INDUSTRIA PETROLERA EN MEXICO, 1983 y 1984.

\*La formación bruta de capital corresponde a toda la industria petrolera, incluyendo petroquímica.

CUADRO 8: DINAMICA ECONOMICA DE LA INDUSTRIA ELECTRICA 1970-1980

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
pit	5.15	5.65	5.21	7.19	8.60	9.79	13.70	21.80	24.40	31.24	42.04
in-pit	100.00	104.24	100.45	163.75	150.22	116.81	148.27	219.32	230.94	264.75	333.92
pit	5.15	5.42	6.17	6.92	7.31	8.24	9.24	9.94	10.60	11.80	12.89
in-pit	100.00	105.24	118.84	123.32	127.70	135.81	142.14	143.58	150.64	160.13	168.69
res	2.12	2.27	2.66	3.08	4.76	6.14	9.91	12.75	14.83	18.07	23.66
in-res	100.00	107.59	110.70	123.10	153.89	175.40	203.10	261.50	307.70	363.10	461.50
res	2.12	2.15	2.40	2.50	3.10	3.50	4.88	4.87	4.82	4.98	5.13
in-res	100.00	101.33	113.33	118.18	123.94	130.04	159.32	-0.07	-1.10	3.22	3.04
pac	38.10	39.89	42.10	43.90	46.00	49.20	51.98	54.99	54.98	58.10	62.80
in-pac	100.00	104.96	110.50	115.22	120.73	129.13	136.17	144.33	144.30	152.49	154.93
pac	3.71	3.74	4.66	5.77	7.10	12.10	14.41	19.70	30.73	43.55	62.67
in-pac	100.00	100.81	109.55	119.97	147.61	178.20	202.76	293.15	357.33	432.47	547.34
pac	3.71	3.71	4.25	4.85	4.81	6.79	7.10	6.72	8.60	10.07	11.45
in-pac	100.00	100.00	113.50	114.12	-0.82	41.16	4.57	-5.35	27.98	17.09	13.70
pac	0.03	0.79	0.70	0.56	2.38	1.69	-0.38	1.83	1.63	1.63	1.53
in-pac	100.00	2313.57	-10.69	-20.27	326.91	-29.25	-122.73	-576.34	-11.02	-5.77	
cap	55.70	53.88	56.99	55.93	67.34	71.17	94.03	88.65	87.69	85.65	81.35
in-cap	100.00	96.73	102.30	102.21	120.90	127.77	168.82	159.16	157.43	153.77	148.59
paros	41.21	39.75	38.89	36.06	39.66	42.49	52.80	49.04	45.48	42.17	40.77
in-paros	100.00	96.47	94.35	87.52	96.25	103.12	128.12	119.02	110.38	102.34	98.84
paros	21.04	19.45	18.80	19.99	21.59	22.40	26.84	27.61	28.13	28.34	29.95
in-paros	100.00	92.42	89.36	90.46	97.86	106.49	127.63	131.38	131.82	132.34	138.04
paros	0.63	14.47	11.35	8.06	30.52	20.47	-4.15	18.37	15.33	12.92	
in-paros	100.00	2193.33	-21.55	-29.01	278.61	-32.94	-120.27	-542.79	-16.56	-15.35	
in-paros	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	

FUENTE:Elaboración propia con datos de SPP,SISTEMA CUENTAS NACIONALES y SPP,EL SECTOR ELECTRICO EN MEXICO,1983 y 1984

**CUADRO 9 : DINAMICA ECONOMICA DE LA INDUSTRIA ENERGETICA\*1970-1980**

	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980
fib #	13.41	15.51	15.89	17.72	29.56	37.13	41.79	76.18	94.14	147.13	314.19
cf-pib #	100.00	111.70	105.02	107.39	156.72	182.82	188.24	311.45	340.84	463.34	821.60
ifr #	13.41	13.86	15.13	16.50	18.68	20.31	22.20	24.46	27.62	31.96	37.78
tc-pib #		3.36	9.16	9.05	13.21	8.73	9.31	10.18	12.92	15.71	18.21
res #	5.95	5.69	6.64	7.95	9.16	11.33	18.08	21.03	26.78	33.20	39.00
lncp #	100.00	105.50	110.70	123.10	153.89	175.40	203.10	261.50	307.70	363.10	461.50
ros #	5.9	5.4	6.0	6.5	6.0	6.5	6.9	8.0	8.7	8.9	8.5
tc-ros #		-9.38	11.34	7.58	-7.79	8.53	37.76	-9.65	8.20	1.89	-4.69
poc #	89.96	95.16	95.78	99.27	101.88	105.70	111.50	117.44	119.43	127.53	138.95
tc-poc #		6.89	0.64	2.57	2.63	4.73	4.50	5.33	1.69	6.78	8.95
in-poc #	100.00	106.09	107.58	110.35	113.25	118.61	123.94	130.55	132.76	141.76	154.46
fbk #	3.71	3.74	4.66	5.77	7.10	12.10	14.41	19.70	30.73	43.55	62.67
ip-fbk #	100.00	100.81	109.65	118.97	147.61	178.20	202.96	293.15	357.33	432.47	547.34
fsk #	3.71	3.71	4.25	4.85	4.81	6.79	7.10	6.72	8.60	10.07	11.45
tc-fbk #		6.00	14.56	14.12	-0.82	41.16	4.57	-5.35	27.98	17.09	13.70
okr #	0.00	0.03	0.78	0.70	0.56	2.78	1.69	-0.30	1.83	1.63	1.53
sc-okr #			2313.57	-10.69	-20.27	126.91	-29.25	-122.73	-576.34	-11.02	-5.77
solpr #	64.12	56.02	62.01	65.04	58.44	60.56	79.84	68.48	72.87	69.53	50.82
tc-solpr #		-15.22	10.63	4.89	-10.15	3.63	31.83	-14.22	6.40	-4.58	-12.53
in-solpr #	100.00	84.78	93.79	98.37	88.38	91.59	120.74	103.57	110.20	105.16	91.98
paros #	44.36	36.89	39.57	39.13	31.87	31.82	40.10	32.88	31.51	27.74	22.37
tc-paros #		-12.32	1.99	-1.35	-18.55	-0.18	26.03	-18.00	-4.18	-11.95	-19.36
in-paros #	100.00	87.68	89.43	88.22	71.86	71.73	90.40	74.13	71.03	62.55	50.43
pefbk #	27.67	26.77	28.09	29.39	25.75	33.43	31.98	27.47	31.14	31.51	30.31
tc-pefbk #		-3.25	4.74	4.44	-12.40	29.83	-4.34	-14.10	13.33	1.19	-3.81
in-pefbk #	100.00	96.75	101.53	106.25	93.07	120.84	115.60	99.30	112.55	113.89	109.55
lokr #	0.00	0.63	14.47	11.35	8.06	30.52	20.47	-4.15	18.37	15.33	12.98
tc-lokr #			2193.33	-21.55	-29.01	278.81	-32.74	-120.27	-542.79	-16.56	-15.35
in-lokr #		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE:Elaboración con los datos de los cuadros 6 y 7.  
 \*) Industria energética se refiere a petróleo(energético) y electricidad.

CUADRO 10: DINAMICA ECONOMICA GENERAL DE MEXICO 1970-1982

concepto	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982
PIB	441.3	450.0	544.7	699.9	897.7	1,100.0	1,331.0	1,049.2	2,337.3	3,027.5	4,276.5	5,974.1	9,417.1
Consumo	133.0	105.9	112.5	126.9	155.8	165.3	712.4	291.2	326.2	394.5	505.0	644.3	1,449.1
Exportación	444.3	162.7	502.0	544.4	577.5	810.1	625.9	657.6	712.2	777.0	84.3	96.9	231.7
Importación		4.14	0.40	8.42	6.57	5.65	4.23	3.41	8.29	9.16	8.35	7.97	-0.55
PIB	158.56	173.90	205.60	247.89	320.50	410.90	552.00	716.70	895.70	1157.20	1542.20	2194.70	3375.00
Consumo	100.00	105.50	116.75	123.10	153.00	175.40	203.10	261.50	297.30	343.10	441.50	527.70	1119.30
Exportación	152.5	154.0	199.4	201.4	214.9	238.8	271.0	274.0	297.4	310.7	344.2	371.4	290.8
Importación		4.00	14.22	5.87	6.71	11.14	13.60	1.12	6.73	10.73	4.25	11.77	-22.49
PIB	17833.00	13222.00	13700.00	14441.00	14547.00	15295.00	15500.00	15238.00	16844.00	17476.00	18795.00	20043.00	19847.00
Consumo		1.57	3.85	5.39	1.43	4.43	1.33	4.76	3.73	4.94	6.33	5.61	-0.70
Exportación	160.00	192.57	106.52	112.27	113.07	118.91	120.50	126.24	130.92	137.43	146.17	152.83	154.42
PIB	160.90	79.70	114.60	147.80	208.60	260.60	395.60	422.40	559.90	795.00	1302.80	1702.60	2100.50
Consumo	100.00	103.39	108.10	120.89	145.20	172.80	267.39	297.50	335.40	411.20	509.70	621.30	1002.00
Exportación	139.9	26.5	105.2	153.4	143.7	150.8	147.1	146.9	154.5	193.4	234.0	272.0	195.7
Importación		-4.97	19.59	15.21	17.42	4.97	-2.25	-0.31	13.42	16.63	23.02	15.59	-20.45
PIB		1.47	33.77	27.10	34.82	31.08	29.57	2.55	22.72	57.61	59.06	75.77	-162.33
Consumo			2304.97	-13.84	19.67	-10.74	-4.08	-91.37	1191.89	76.05	0.78	30.84	-313.60
Exportación	11.32	12.37	13.75	13.95	14.47	15.61	17.53	16.93	17.09	18.03	17.73	18.63	14.51
Importación		0.41	11.15	1.40	5.21	6.12	12.30	-1.47	0.96	5.51	-1.79	4.77	-21.97
PIB	100.00	107.41	111.61	113.17	119.06	126.71	142.30	137.36	128.68	146.32	141.29	151.17	117.92
Consumo	35.57	35.60	37.54	36.79	37.21	39.15	42.74	41.79	40.42	41.05	39.70	41.00	31.94
Exportación		-0.14	5.28	-1.47	0.61	5.20	9.10	-2.22	-3.29	1.46	-3.22	3.48	-22.74
Importación	100.00	95.66	105.23	103.68	104.31	109.73	119.81	117.15	113.30	114.93	111.27	115.14	89.53
PIB	22.71	20.75	21.16	22.47	24.88	24.72	23.16	22.34	23.10	24.09	28.03	30.01	21.60
Consumo		-9.41	1.94	6.22	10.70	-0.34	-6.22	-3.63	4.73	4.37	12.62	7.90	-28.03
Exportación	100.00	91.39	93.18	98.95	109.25	108.95	103.08	98.39	103.03	107.60	123.41	132.14	95.10
PIB		0.33	7.00	5.00	6.40	5.38	1.82	0.40	1.58	9.00	7.47	9.00	-17.85
Consumo			213.20	-29.28	10.31	-15.84	-9.95	-91.72	1139.57	62.57	-7.32	20.74	-297.91
Exportación			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

FUENTE:Elaborado con información de SPPP.Sistema de Cuentas Nacionales, diversos números 1970-1985.

Pero globalmente ya para los años de 1976 y 1977 se evidenciaron las expresiones de la sobreacumulación de capital alentada durante los años anteriores. No sólo hubo disminución del Producto; la misma inversión experimentó caídas muy importantes: -2.25% en 1976 y - 0.4% en 1977- aunque ya desde 1975 había empezado a descender el incremento de la inversión y de la masa salarial real(ak): -10.7%, -4.9% y - 91.37% durante los años de 1975,1976 y 1977, respectivamente.

CUADRO 11 : SALARIO Y POBLACION OCUPADA'  
(mil.mill pesos 1970;miles)

	1975	1976	1977	1978	1979	1980	1981
RAS	238.8	271.8	274.8	287.8	318.7	334.2	373.4
TC-RAS	11.14%	13.80%	1.12%	4.73%	10.72%	4.85%	11.73%
POC	15296	15550	16238	16844	17676	18795	20044
TC-POC	4.43%	1.33%	4.76%	3.73%	4.94%	6.33%	6.64%
TC-SALP	6.42%	12.30%	-3.47%	0.96%	5.51%	-1.39%	4.77%
PA-RAS	39.15%	42.74%	41.79%	40.42%	41.02%	39.70%	41.08%

FUENTE:Elaboración propia con información de SPP.Sistema de Cuentas Nacionales RAS)Remuneraciones a los asalariados;TC-RAS)Tasa de crecimiento real de RAS POC)Población Ocupada;TC-POC)Tasa de crecimiento de POC;TC-SAL)Tasa de crecimiento real del saalrio promedio(RAS/POC)dado en miles de pesos de 1970 PA-RAS)Participación de la masa salarial global en el PIB.

Sin embargo, la sobreacumulación se aceleró aún más en virtud del boom petrolero, que convirtió a México en una potencia petrolera mundial y que modificó de manera radical la integración de nuestro país al mercado mundial, integración que permitió lo que pudiéramos denominar "auge ficticio" y que, además, engendró un conjunto de contradicciones que posibilitaron que a fines de 1981 y principios de 1982

una vez que empezaron a caer los precios internacionales de los hidrocarburos, se desencadenara y se pusiera al descubierto nuevamente la grave crisis estructural que hoy vive el capitalismo mexicano y cuyos indicios se habfan mostrado desde la desaceleración de fines de los sesenta, en la recesión medarada de 1971 y 1972 y en la crisis ciyuntural de 1976-1977.<sup>8</sup>

Por principio de cuentas el boom petrolero ascencdró aún más la dependencia de nuestro país respecto al endeudamiento externo \_gran paradoja- pues nada menos que de 1977 a 1981 México tuvo acceso a un volúmen de recursos internacionales superior a los 45 mil mill de Dlls.

CUADRO 12 ENDEUDAMIENTO EXTERNO  
(millones Dlls)

	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
Saldo Púb.	22,912	26,265	29,757	33,813	53,007	60,500
Saldo Glob.	29,894	33,946	39,685	49,349	72,007	81,350
Servicio Gl.	5,202	7,311	12,792	10,025	14,952	15,812

FUENTE:CEPAL, Notas para el estudio económico de América Latina, 1982: México

Pero además, por las exportaciones petroleras nuestro país accedió en el mismo período a 48,367 millones de dólares, que sumados a los in resos complementarios por exportaciones, a la inversión extranjera directa y a los ingresos diversos (básicamente ingresos enviados por trabajadores migratorios) durante el período señalado nos permiten hablar de más de cien mil millones de dólares, monto equivalente a lo que actualmente se debe: 98 mil millones de dólares.

8) He señalado que podemos periodizar la época 1960-1985 en cuatro fases articuladas con momentos de recesión o crisis: una primera de creciente animación (1962-1963), posterior a la crisis de 1957-1958, después de la cual se dió una segunda fase de franca prosperidad (1963-1968). Al fin de este auge surgen los primeros indicadores de la sobreproducción expresados en los desequilibrios de 1971 primero y en la crisis de 1976-1977 después, que explotó catastróficamente a fines de 1981 y principios de 1982, con dos momentos intermedios, uno de recuperación fuerte y otro de auge, que hemos llamado "ficticio": 1972-1975 y 1978-1981.

No es difícil explicar qué pasó con los cien mil millones de dólares; ciertamente las importaciones crecieron, aunque no todas formaron parte de la inversión, lo que da un margen importante de importaciones suntuarias que unidas al gasto en turismo (egresivo) y a la fuga de capitales, explica el porqué cuando más tenía el país, más se debía y el porqué algunas de las características de la crisis actual.

CUADRO 13: UTILIZACION DE DIVISAS  
(millones de dólares)

	1977	1978	1979	1980	1981	1982
Importaciones	6,022	8,337	12,590	19,782	25,054	15,057
Turismo Egr,	396	519	684	1,044	1,571	788
Servicio Deuda	5,202	7,311	12,792	10,025	14,952	15,812
Otros BdeP.		98	647	2,094	5,360	5,053.
Inv.Extr.	643	718	1,094	1,520	2,162	2,521
TOTAL	12,263	16,983	27,807	34,465	49,099	39,231

FUENTE:Elaboración propia con información de MMH,III Informe de Gobierno,1985

Esta información no hace sino señalar que la economía mexicana no sólo experimentó una gravísima acumulación sino que fué totalmente "des-capitalizada" -como gustan decir los funcionarios, muchos de ellos partícipes de ese proceso.

En términos de importación de bienes de capital, la situación entre los años de 1977 y 1982 significó cifras de 1,482 MdeD;1,982 MdeD;3,574 MdeD; 5,174 MdeD;7,576 MdeD y 4,502 Mde D respectivamente, montos que resultan ridículos en relación a la disponibilidad. Una suma libre de estas cantidades daría un monto cercano a los 23 mil millones de dólares, cifra cercana a la estimada por el Banco Mundial en cuanto a fuga de divisas durante el período 1980-1982.

Paradójicamente PEMEX -principal fuente de divisas- sólo participó con un 4.8% en promedio en las importaciones del país de 1976 a 1981. Y por su parte el sector eléctrico sólo participó en el mismo período, con un 3.7 % en promedio. En cuanto a la deuda de estos dos organismos, llegó a ser de 21 mil millones de dólares en 1981, 1982 y 1983, siendo de 22 mil millones en 1984: 7,000 el sector eléctrico y 15 mil Petróleos Mexicanos.

Pero el correlato de este endudamiento es una acumulación muy grande de acervos, no sólo en las industrias petrolera y eléctrica, sino en muchas industrias del país: siderúrgica, producción de máquinas; motores diesel; máquinas herramientas; maquinaria petrolera, minera y de construcción; equipos y aparatos eléctricos; bombas, compresoras y turbinas; válvulas; y tractores agrícolas, que experimentaron un crecimiento muy grande en sus acervos, superior al 30% durante el período 1970 a 1979, superior al crecimiento de las remuneraciones y del empleo en esas respectivas ramas, lo que muestra una tendencia a la caída de los beneficios, agudizada por una caída general de la productividad en la economía.

Por ello no fue difícil explicar cómo a partir de 1982 se registraron márgenes de capacidad ociosa realmente grandes, sin mencionar casos como la industria automotriz en la que según estimaciones conservadoras, durante 1983 se operó a un nivel de aprovechamiento inferior al 50%.

Pero el carácter ficticio y especulativo del auge, logrado por el acceso a la renta internacional del petróleo, tuvo fatal término cuando los precios internacionales de los hidrocarburos empezaron a caer en junio de 1981, tendencia de la que no han salido aún.

Así, en la medida que la tendencia a la sobreacumulación se manifiesta más francamente, se reconoció una caída de la rentabilidad de las inversiones que, a su vez, tendieron a bajar, operándose casi inmediatamente y en pleno auge, una transferencia indiscriminada de recursos obtenidos por la exportación de petróleo hacia industriales, comerciantes, importadores y exportadores, transferencia que se concretó a través de múltiples subsidios y crédito barato; el mantenimiento de precios deprimidos en los bienes y servicios producidos por el sector público y el sostenimiento de dólares subsidiados que permitieron una utilización liberal de las divisas petroleras, de los préstamos internacionales y de otros ingresos públicos, sobretodo. Esto tuvo como consecuencia inmediata el que no se revirtiera la tendencia, mostrada desde fines de los sesenta, según la cual la productividad social del trabajo tendió a decrecer notablemente o a experimentar crecimientos raquíticos e irregulares.

CUADRO 14: PRODUCTIVIDAD DE LA MANO DE OBRA  
(Tasa de crecimiento anual)

<u>1975</u>	<u>1976</u>	<u>1977</u>	<u>1978</u>	<u>1979</u>	<u>1980</u>	<u>1981</u>	<u>1982</u>
-1.63%	-8.75%	4.83%	3.95%	2.21%	-2.92%	-3.23%	-2.10%

FUENTE: Rivera M.A, CRISIS Y REORGANIZACION DEL CAPITALISMO MEXICANO, 1985

Pero pese a este comportamiento la burguesía seguía obteniendo jugosos beneficios, merced a la "bondad estatal".

Pero si los subsidios no fueron suficientes de 1977 a 1982 y merced a una acelerada emisión monetaria y a un crecimiento exagerado del déficit público, se otorgaron los mayores volúmenes de créditos, dándose una situación milagrosa, pues la banca privada, pese al creciente

encaje legal y a la tasa de descuento observados durante el sexenio de López Portillo, logró obtener los mayores beneficios de su historia. Y precisamente como consecuencia de esa tendencia al alargamiento del crédito, la expansión monetaria y la ampliación del déficit público, dió comienzo una espiral inflacionaria que hasta hoy ha sido difícil atenuar, con su consecuente desvalorización monetaria de las mercancías, especialmente la fuerza de trabajo.

Todo este panorama crítico, desde luego, fué la circunstancia y la razón más evidente para que el sector eléctrico, frenara todas aquellas inversiones que realmente podía posponer, como es el caso de la Segunda Licitación Internacional para adquirir una central nucleoelectrica más para México, sin comentar la supresión del programa de instalación de 20,000 MWe para el año 2,000, postergando, al menos por el momento, la "fantasía" del crecimiento nucleoelectrico mexicano.

### 1.3 La reestructuración actual

Evidentemente que la crisis ha impuesto límites muy severos a cualquier perspectiva de recuperación general de la acumulación en nuestro país y ha implicado la apertura de un proceso de reestructuración general muy radical, que para el caso energético y más precisamente para el caso eléctrico, aún no acaba de delinearse. Globalmente se está buscando una reestructuración productiva en torno a dos ejes básicos: 1) la modernización y la racionalización del aparato productivo, para garantizar una ruptura con la tendencia a la sobreacumulación y una recuperación de la productividad general

de la economía, en la que la productividad en la industria de los energéticos resulta fundamental; 2) y una nueva articulación al mercado mundial, que puede suponer la supresión de algunas ramas o el establecimiento de otras nuevas y en lo que, igualmente, la industria de los energéticos es clave.

El que esta reestructuración se enfrente por el momento con problemas financieros graves no elimina la posibilidad de que se realice. En todo caso se trata de una reestructuración lenta, gradual, pero bien definida. Es el caso, creemos, del área nuclear, que surgida en el contexto de un acelerado crecimiento de la economía mundial y promovida en México en el contexto del auge espectacular de 1962 a 1968, no sólo no ha podido desarrollarse a plenitud, sino que ha debido modificar permanentemente sus perspectivas en el largo plazo, básicamente por razones técnico-económicas, al igual que sus marcos normativos, aunque esta ha sido fuertemente influenciado por el enfrentamiento típico, hoy resuelto por la vía autoritaria, del Estado mexicano con el gremio de los trabajadores nucleares y la organización sindical, conflicto y situaciones que son parte de la evolución del área nuclear en nuestro país.

## 2. El Desarrollo Nuclear de México

### 2.1 Antecedentes

Desde finales de la Segunda Guerra Mundial, los Estados Unidos tomaron la iniciativa de desplegar una campaña que permitiera disminuir la gran aversión al desarrollo nuclear que las explosiones de Hiroshima y Nagashaki habían suscitado. Más concretamente, el Presidente Eisenhower propuso desde su campaña presidencial, una "clairificación honesta" de los riesgos, peligros, ventajas y éxitos inherentes al desarrollo de la industria nuclear y al armamento nuclear, propuesta que ya en la Presidencia concretó en el Programa de Atomos para la Paz, aprobado a finales de 1953, y que se convirtió en la circunstancia propicia para que las cinco naciones que para esos años contaban con una capacidad industrial en el área nuclear suficiente para convertirse en exportadores, promovieran también la utilización de uno de los productos "pacíficos" de la energía nuclear: los reactores nucleares de potencia, generadores de electricidad. Por eso, en conjunto, Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, Francia y la Unión Soviética, promovieron la Primera Conferencia Internacional sobre los usos y aplicaciones Pacíficas de la Energía Nuclear, celebrada en el Palacio de las Naciones de Ginebra el año de 1955, y que fue el antecedente inmediato para la fundación del Organismo Internacional de Energía Atómica y de un conjunto importante de Comisiones Nacionales de Energía Atómica.

Alemania, Japón, Bélgica, Italia, España, Brasil, Argentina, entre otras naciones, incluída México, a partir de los primeros días del año de 1956 crearon sus Comisiones Nacionales de Energía Atómica, para "desarrollar nacionalmente los usos y aplicaciones pacíficas de

## la energía atómica"<sup>9</sup>

En nuestro país, desde el 22 de agosto de 1945, la Secretaría de Economía había expedido una Declaratoria para incorporar a las reservas mineras nacionales, los yacimientos de uranio y demás sustancias radiactivas, "para los efectos a que se refiere la fracción IV del artículo 126 de la Ley Minera"<sup>10</sup>. Más tarde, el Presidente Avila Camacho, el 15 de octubre de 1946 expidió un Decreto que no sólo refrendaba el Decreto de 1945, sino que ordenaba que las reservas de minerales y materiales radiactivos quedaran sujetas a las restricciones señaladas en el artículo 126, fracción III, de la misma Ley Minera, según el cual estas reservas sólo podían ser explotadas por el Ejecutivo Federal, mandando, incluso, que los concesionarios de obras mineras ordinarias debían notificar los hallazgos de minerales radiactivos, poniendo a disposición del Ejecutivo dichos minerales o yacimientos. Finalmente, la tercera iniciativa del período inmediato posterior a la Guerra, fué del Presidente Miguel Alemán, que promulgó la primera "Ley Nuclear", llamada también "Ley Alemán", aprobada el 31 diciembre de 1948 "Ley que declara Reservas Mineras Nacionales los yacimientos de uranio, torio y las demás sustancias de las cuales se obtengan isótopos hendibles (que pueden traspasar sólidos, líquidos y gases) que puedan producir energía nuclear" y cuyo reglamento fué aprobado el 15 de enero de 1952; en estos ordenamientos se añaden algunos aspectos distintos a los anteriores: por ejemplo, se autoriza a los particulares que encontraran material radiactivo a explotarlo para entregarlo al Gobierno Federal mediada una indemnización; se indica también que la Comisión de Fomento Minero puede fungir como agente del Ejecutivo Federal para poseer, transferir, exportar o importar material radiactivo, explicitándose concretamente el caso del Plutonio,

<sup>9</sup> Cfr. CNEN, Actividades de la CNEN, Síntesis, México 1956-1959

<sup>10</sup> En esta fracción III se señala que los materiales sujetos a dicha fracción, pasan a ser regulados, en su producción y distribución, por el Ejecutivo Federal.

materia esencial para la construcción de bombas atómicas; otro añadido importante es la autorización de uso privado de material radiactivo, siempre con finalidades terapéuticas, industriales o científicas.

Como hemos comentado, el 10. enero de 1956 se creó la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) con su Ley respectiva en la que se consignan sus siete objetivos principales: Control, vigilancia, coordinación fomento y realización de la exploración y explotación de los yacimientos de materiales atómicos; posesión de materiales atómicos; exportación e importación de dichos materiales; importación y exportación de equipos para aprovechar la energía nuclear; comercio y transporte interior de dichos materiales; producción y uso de energía nuclear; investigaciones científicas en el campo de la física nuclear y las disciplinas científicas y técnicas conexas.<sup>11</sup> Precisamente con este organismo, nuestro país participó como fundador del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), cuyo estatuto general fué aprobado el 23 de octubre de 1956 y entró en vigor el 29 de julio de 1957, una vez que se cumplieron un conjunto de disposiciones.<sup>12</sup>

De hecho, antes de la creación de la CNEN ya se desarrollaban diversas actividades en el área nuclear y se venían realizando también algunas aplicaciones en diversos organismos: el Instituto de Física de la UNAM,

11) Cfr. LEY QUE CREA LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, publicada en el Diario Oficial de la Federación tomo CCKIII, Núm 53, sección primera, pp. 28-29, 31 de diciembre de 1955

12) Las disposiciones son las correspondientes al inciso E del artículo XXI que dice: "El presente Estatuto, aparte del Anexo, entrará en vigor cuando dieciocho Estados hayan depositado sus instrumentos de ratificación de conformidad con el párrafo B de este artículo, siempre que entre esos dieciocho Estados figuren por lo menos tres de los siguientes: Canadá, Estados Unidos de América, Francia, Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte y Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas. Los instrumentos de ratificación y los instrumentos de aceptación que se depositen posteriormente surtirán efecto desde la fecha en que sean recibidos", OIEA, ESTATUTO, 1984

creado en 1938, tenía un grupo importante de físicos; la Facultad de Ciencias de la UNAM, fundada en 1939, donde surgió un pequeño grupo de investigadores en física que operaban un acelerador Van de Graaff de dos millones de electron volt (Cfr. Capítulo I p.47 N.37). Precisamente a iniciativa de uno de los más prominentes miembros de ese grupo, el Doctor Nabor Carrillo, se creó el laboratorio de física nuclear de la UNAM que fue inaugurado en 1952 dándole gran impulso a la física experimental, fundándose también tres años después, en 1955, el laboratorio de radiaciones. Para esos años, otras instituciones, como el Instituto Nacional de Nutrición, ya desarrollaban algunas prácticas de medicina nuclear, que poco tiempo después se realizaban también en el Instituto de Cardiología y en los Laboratorios Clínicos de México.<sup>13</sup>

El año de 1953 se contruyó en nuestro país el primer gammagrafo (descriptor de radiaciones gamma), provisto de un detector de yoduro de sodio con el cual se obtuvieron las primeras imágenes de diversos órganos del cuerpo humano, merced a la administración de pequeñas dosis de material radiactivo. Este gammagrafo era propiedad de unos laboratorios privados, pero en 1955, el Instituto Mexicano del Seguro Social creó un laboratorio exclusivo para la aplicación de técnicas nucleares en la medicina, que se instaló en el Hospital de La Raza.

Otro tipo de aplicaciones, en la industria, en análisis hidrológicos, en alimentación y, la más conocida, en la generación de electricidad, surgirán y se desarrollarán con la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear.

---

13) Todas las anotaciones sobre el surgimiento de las aplicaciones de las radiaciones y los radioisótopos en México, deben mucho a dos conjuntos de documentos preparados por Reyes Luján, Javier, PROPUESTAS PARA LA ELABORACION DE UN PROGRAMA NACIONAL DE USOS Y APLICACIONES DE LAS RADIACIONES Y LOS RADIOISOTOPOS, ININ, Mimeo 1981 y por el grupo de Aplicaciones del Consejo Técnico Consultivo del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares 1980-1981, a quienes agradecemos la disponibilidad de dichos documentos .

Precisamente, en la CNEN, en el año de 1963 se realizarfa la primera aplicación de técnicas nucleares en la industria, consistente en la gammagraffa de soldaduras en de un tanque de almacenamiento de amoniaco en la Refinería de Salamanca, propiedad de PEMEX.<sup>14</sup> Antes de esta aplicación, sólo se realizaban algunos trabajos de trazado en la Unidad creada ex-profeso en la Universidad de Guanajuato y algunas inspecciones radiográficas por parte de compañías privadas, aunque ya para entonces algunas industrias de las ramas hulera, papalera y del tabaco, tenfan instalados equipos de medición de espesores y niveles mediante la utilización de radioisótopos. En análisis hidrológicos se empezaron a usar radiotrazadores hasta 1967; un grupo de técnicos de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) comenzó a realizar pequeños análisis de radiotrazado, teniendo su primera acción importante en el análisis del movimiento de las corrientes marinas en los litorales de Veracruz, específicamente frente a la Laguna de Cardel, en el municipio de Alto Lucero, lugar donde en 1969 se había decidido construir la primera central nuclear generadora de electricidad.

En cuanto a las aplicaciones en alimentación, México empezó a utilizar técnicas nucleares en los primeros años de la vida de la CNEN. Se realizaron estudios sobre los nutrientes del suelo y de las plantas; estudios sobre la obtención de especies mejoradas mediante la irradiación de semillas; estudios sobre los efectos de las radiaciones gamma en plagas e insectos; y estudios sobre la conservación de alimentos mediante la irradiación; todas estas eran actividades

<sup>14</sup> )Cfr., CNEN, LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, México 1956-1963, pp.27-28

agrupadas en el entonces denominado Programa Agronómico de la CNEN, fundado en 1962, y que se extendió en el período 1965-1966 fundando un campo experimental en el Bajío -Irapuato- en el que se empezaron a realizar experimentos de campo concertados con el Organismo Internacional de Energía Atómica, en torno a fertilizantes marcados en maíz, experimentos análogos a los realizados por dicho Organismo en Austria, Ghana, Rumania, Egipto, Colombia, Brasil, Argentina y Perú.

Finalmente, en cuanto a las aplicaciones en la generación de energía eléctrica, estas se realizaron en coordinación -al menos inicial- con la Comisión Federal de Electricidad, luego de la nacionalización de la industria eléctrica, coyuntura en la que se empezó a evaluar la posibilidad de instalar en México una central nuclear generadora de electricidad y que con la aprobación inicial del Presidente Díaz Ordaz, fundamentó la primera licitación internacional de México con este objeto en 1969,<sup>15</sup> cuando, incluso, ya se habían realizado los trabajos preliminares y se había seleccionado el sitio: Laguna Verde, en el estado de Veracruz. (Cfr. Apartado siguiente). Precisamente por la magnitud de esta obra de Laguna Verde, tanto la CNEN como la CFE experimentaron transformaciones importantes: en la CFE se creó una Gerencia especial y la CNEN se convirtió, en 1972, en el Instituto Nacional de Energía Nuclear, luego de haberse desarrollado con cierta amplitud y haberse equipado con instrumentos y materiales que permitieron realizar trabajos de investigación con mayor profundidad.

Para 1972, el INEN contaba ya con las instalaciones del Centro Nuclear de México, ubicado en terrenos ejidales de San Jerónimo Aca-

15) Cfr. documentación de los concursos DP/21-69 y DP/22-69 de la CFE, junio 1970. De hecho, desde el principio de Laguna Verde, la CNEN fue marginada por asumir posiciones críticas -que no contrarias- al proyecto. Esto se manifestó, entre otras cosas, en la elaboración del reglamento de seguridad y salvaguardias, que elaborado por personal de la CNEN prácticamente fue ignorado por la CFE durante varios años, durante el comienzo de la obra.

zulco, -150 hectáreas- expropiados en 1964, luego de que a propuesta de la CNEN, el Presidente Díaz Ordaz autorizó las partidas presupuestales para crear este Centro Nuclear.

Aunque en 1968 no había sido inaugurado oficialmente todavía, el Centro Nuclear contaba y utilizaba ya dos de los equipos más importantes que ha tenido en sus instalaciones: el Reactor TRIGA MARK III y el Acelerador Van de Graaf Tandem, que costaron 2 millones de dólares de 1968 y que fueron adquiridos mediante un financiamiento del Eximbank.

El Reactor de Investigación TRIGA<sup>16</sup> (Training-Research-Isotopes-General Atomic), de un megawatt de potencia, quedó instalado a fines de 1967 y alcanzó criticidad el día 8 de noviembre de 1968, empezando a producir algunos radioisótopos que se usaban en nuestro país: sodio 24, molibdeno 99, tecnecio 99-metaestable-, yodo 131, oro 198, fluor 18 y estroncio 87. Luego de instalado, se fue completando con equipos de investigación y de facilidades de irradiación: equipo para el efecto Mössbauer, unidad de Celdas Calientes, Difractómetro, Laboratorio de Análisis por Activación y el Laboratorio de Producción de Radioisótopos.

Por su parte el Acelerador Tandem Van de Graaf, de 12 millones de electrón-volts de la empresa norteamericana High Voltage Engineering Corporation, quedó totalmente instalado y calibrado el 15 de marzo de 1968, contando ya para entonces con imanes deflectores que fueron fabricados con diseños de personal de la CNEN y de la Universidad Nacional. Este acelerador, primero de este tipo en América Latina, fue

---

16) El reactor tiene uranio enriquecido al 20% en uranio 235, razón por la cual se debieron cumplir ciertas normas de salvaguardias internacionales y ciertos compromisos pactados en el Acuerdo de Salvaguardias suscrito por México con el OIEA en aplicación del artículo 13 del Tratado para la Proscripción de las Armas Nucleares -Tratado de Tlatelolco- firmado en México el 14 de febrero de 1967. Varios equipos del reactor fueron donados: por ejemplo, las celdas calientes fueron donadas por Gran Bretaña; y el equipo para estudiar el efecto Mössbauer por los Estados Unidos en honor del Dr. Nabor Carrillo.

el vigésimotercer acelerador de su clase, construido por la empresa High Voltage y se utilizó y utiliza aún en el área de la física nuclear de bajas e intermedias energías, en el área de estado sólido y en la realización de algunos estudios sobre el medio ambiente, sobre granos, de técnicas analíticas y de geología.\*<sup>17</sup>

Casi en la misma fecha en que fué inaugurado oficialmente el Centro Nuclear-27 de noviembre de 1970- empezaron a funcionar unas instalaciones que a lo largo de la historia nuclear de México se han distinguido: los Talleres Generales del Centro Nuclear, que llegaron a considerarse como uno de los mejores de América Latina en cuanto a equipo, maquinaria, materiales y técnicos.

En cuanto a investigadores, el Centro Nuclear contó con 74 plazas en 1968, 84 en 1969, 163 en 1970 y 254 en 1971, previéndose esos años, que operaría con un promedio de 450 investigadores, distribuidos en cuatro grandes áreas: investigación aplicada; investigación científica; seguridad radiológica; y asistencia técnica, adiestramiento, capacitación y servicios de información.

Por otra parte su costo total representó 160 millones de pesos, destinándose 96 millones a la obra civil y de urbanización y al pago de la indemnización a los ejidatarios y 64 millones a la adquisición de aparatos, instrumentos, maquinaria y equipo, entre el que se incluyen las donaciones mencionadas que representaron un monto de un millón y cuarto de pesos.

En cuanto a las exploraciones mineras del uranio y los primeros trabajos de explotación y beneficio, la CNEN creó en abril de 1957 la

Dirección de Exploración y Explotación, realizando desde ese momento

17) Precisamente en el área de mantenimiento y reparación del Acelerador se fué consolidando un grupo de técnicos mexicanos que al cabo del tiempo recibieron el reconocimiento tanto de la empresa norteamericana proveedora como de otras firmas extranjeras que en alguna ocasión dieron servicio y refacciones para el Acelerador. Ese grupo era encabezado por un notable técnico, viejo luchador y sindicalista, que hoy trabaja en la Facultad de Ciencias de la UNAM y a quien es importante mencionar aquí: Walter Domínguez.

amplias tareas de prospección y exploración<sup>18</sup>, sobretodo en Chihuahua, Coahuila, Durango, Sonora y Oaxaca, sobresaliendo el descubrimiento de un mineral en Sierra de Gómez, Chihuahua -cerca de Villa Aldama- donde, incluso, se instaló, para beneficio, la primera planta piloto que se concesionó a la Comisión de Fomento Minero y que resultó un relativo fracaso, pues un año y medio después de empezar a operar -junio 1969- se canceló, enviándose el uranio a purificar a España, y desperdiciándose así una inversión de 5 millones de pesos de 1968 básicamente por un manejo inadecuado por parte de Fomento Minero. Todavía cuando se fundó URAMEX, se tenían en depósito los concentrados impuros extraídos de Sierra De Gómez como productos de un proceso de lixiviación alcalina<sup>19</sup> realizado en 1970 y 1971 para obtener, como producto principal, el molibdeno, y del cual se extrajeron 113 toneladas de uranio "sucio". Precisamente estos concentrados "sucios" fueron enviados a España en el año de 1981, ya por URAMEX que en esos momentos no contaba con las instalaciones para ello. Por lo demás se trata de concentrados que aún no regresan a México.

En cuanto a combustibles nucleares, se fueron "montando" cuatro importantes laboratorios: química inorgánica, metalurgia, conversión y tecnología nuclear, que se orientaron a proporcionar mayor formación e información respecto a las posibilidades de fabricación nacional de combustibles nucleares, dado que para esos años se había decidido ya la compra de los reactores -uno inicialmente- para la central nucleo-

<sup>18</sup>) Para 1970 se registraban 4,578,029 toneladas de uranio con una ley media de 0.689% de  $U_3O_8$ , lo que significaba 3,160 de material utilizable en los reactores.

<sup>19</sup>) Tratamiento de los minerales que se quiebran y muelen, en húmedo, lixiviando (tratamiento con solventes para obtener la parte soluble) con carbonato y bicarbonato de sodio en tanque agitados, mediante calentamiento, separando los "licores" que contienen uranio disuelto de los sólidos que, lavados, contienen el uranio filtrado, secado y envasado para ulteriores tratamientos.

eléctrica de Laguna Verde (agua hirviente y uranio enriquecido: BWR, marca General Electric) originándose también una polémica que fué profundizándose adquiriendo connotaciones políticas muy fuertes, precisamente en torno al tipo de reactor que México debería instalar: de uranio enriquecido, con el riesgo de depender no sólo tecnológicamente en el área de reactores, sino, precisamente, en el área de combustibles en virtud de que el uranio debería enriquecerse, por lo que se debería recurrir a los poseedores de ese proceso: Estados Unidos, Francia, Unión Soviética, Alemania; o, en otro caso, instalar reactores de uranio natural y agua pesada, dependiendo de la importación de agua pesada respecto a aquellos países que la fabrican: Canadá y Alemania, sobre todo.

Esta polémica nació en la CNEN, fué heredada por el INEN, retomada como punto de discusión política esencial por el SUTINEN, primero, y por el SUTIN después, sobre todo en los momentos del auge 'ficticio' del petróleo, cuando se contempló la instalación masiva de plantas nucleoeeléctricas. El SUTIN defendió la instalación de centrales de uranio natural y agua pesada, argumentando la necesidad de "diversificar la dependencia respecto a Estados Unidos" y la posibilidad real de que en México se fabricara agua pesada, pues "se trata de un proceso análogo a procesos petroquímicos en los que México tiene experiencia".<sup>20</sup>\*

Finalmente y en cuanto a la formación de personal, tanto para la investigación en el Centro Nuclear como para apoyar las tareas de Laguna Verde, la CNEN colaboró con la CFE en la formación de equipos técnicos que fueron bosquejando los requerimientos generales de una

<sup>20</sup> Se trata de frases que parafrasean diversas argumentaciones sustentadas por el Comité Ejecutivo del SUTIN para defender la opción del uranio natural, posición que, en mi opinión, desvió el problema central: el programa nucleoeeléctrico mismo, en una identificación errónea entre la defensa de la fuente de trabajo y la defensa de "lo nuclear" que tuvo efectos muy importantes.

participación creciente de técnicos y científicos mexicanos tanto en Laguna Verde, como en la probable expansión nucleoelectrica nacional de la que se empezó a hablar con más intensidad en 1974 y 1975, luego de la elevación internacional de los precios de los hidrocarburos.<sup>21</sup>\*

Precisamente con esta intencionalidad, la CNEN estuvo enviando durante los años 1967 a 1977, diversos grupos de técnicos a cursos de entrenamiento y capacitación a Estados Unidos, Gran Bretaña y Canadá, que eran los países con los que, durante esa época, se mantenían relaciones más estrechas y los que, por lo demás, esperaban verse favorecidos con la decisión mexicana en el momento en que el Estado decidiera una instalación masiva de centrales nucleares,

## 2.2 El desarrollo de la industria minera del uranio

Un año después de que fué fundada la Comisión Nacional de Energía Nuclear se creó la Dirección de Exploración y Explotación (en abril de 1957), empezándose el mes de mayo de ese año las tareas de exploración del territorio nacional. Hemos comentado que la primera experiencia piloto de beneficio de los minerales radiactivos asociados al molibdeno en la Sierra de Gómez, Chihuahua, representó un primer fracaso en esta materia, luego del cual se comenzaron y realizaron otras experiencias, en la medida que se iba avanzando en el descubrimiento de nuevos yacimientos

21) En realidad la "loquera" de instalar 20,000 MW en el año 2,000, es decir catorce plantas como Laguna Verde, no surgió en 1980 en el Programa de Energía; al menos en 1970-1971, la Memoria de Labores de la CNEN indica lo siguiente: "Si los costos del combustible y del gas natural siguen aumentando en forma sostenida, probablemente la potencia nuclear del país podría llegar al orden de 20,000 MW hacia fines del siglo, sin considerar la energía nuclear requerida para desalación", CNEN, Memoria de Labores, 1970-1971, pp.4 y 5.

En 1959, tres años después de su fundación, la CNEN señalaba la disposición de material suficiente para la construcción de una planta piloto de beneficio de uranio. Ya para 1963, se señaló un monto de reservas de 1,037,000 toneladas con una ley media general de 0.6885% de  $U_3O_8$ , equivalente a 688 gramos de óxido de uranio por tonelada métrica de mineral, óxido que a su vez contenía un 85% de uranio metálico, de pureza nuclear, útil para los reactores; luego, esas toneladas equivalían aproximadamente a 714 toneladas de  $U_3O_8$  o 607 toneladas de uranio metálico, con un valor potencial de, aproximadamente, 169,000 pesos de 1963, cuando en el mercado internacional se cotizaba el óxido de uranio a 237 pesos las toneladas (19 dólares por tonelada). Ya para 1970, la CNEN reportó el descubrimiento y la evaluación de 3,157 toneladas globales de óxido de uranio, localizadas en 34 lugares, principalmente de los estados de Chihuahua, Durango, Nuevo León, Sonora, San Luis Potosí, Oaxaca.

CUADRO 15 : INVERSIONES EN TRABAJOS DE EXPLORACION  
(millones de pesos corrientes)

1957-1971	1972	1973	1974	1975	1976
105	24	35	36	66	105

---

Fuente: CNEN, Memorias de Labores, diversos años.

Precisamente al fin de 1976, antes de que se propusiera un nuevo cambio en la estructura del sector nuclear nacional, el entonces INEN, reportó la existencia de 8,332.8 toneladas de  $U_3O_8$ , distribuidas, principalmente en Nuevo León Durango, Sonora y Chihuahua.

Luego, con la aprobación de la Ley Nuclear en 1979, el Instituto Nacional de Energía Nuclear (INEN) heredó sus tareas de exploración y explotación a Uranio Mexicano (URAMEX), empresa que en ese año de 1979 ejerció un presupuesto sustancialmente mayor a los que había ejercido la CNEN o el INEN: 613 millones de pesos para las tareas de la industria minera del uranio, adquiriéndose a partir de ese año una multitud de equipos y contratándose bastante personal, al grado de experimentar, durante el período de 1980 a 1983 uno de los crecimientos más grandes: de 600 a 700 personas empleadas en las tareas de minería del uranio en 1975-1976, se llegó a contar con más de 2,000 trabajadores en URAMEX, fortaleciéndose las actividades de prospección aérea, de digitalización, de exploración terrestre, y llegándose a reportar una cantidad de 15,000 toneladas de uranio como reservas probadas, de las cuales 10,500 aproximadamente eran recuperables, aunque se llegó a hablar de montos muy superiores, al incorporar las posibilidades de explotación del uranio asociado a la roca fosfórica en la que durante los últimos años empezaron a trabajar conjuntamente URAMEX y Fertilizantes Mexicanos (FERTIMEX).

En cuanto a los principales programas y acciones en materia de beneficio, URAMEX desarrolló diversos proyectos minero-metalúrgicos que por el momento quedaron suspendidos: Peña Blanca en Chihuahua, en donde se instalaba una planta de beneficio de tipo modular con capacidad para 600 toneladas de mineral por día con una producción prevista de 245 toneladas de  $U_3O_8$  y que no quedó concluida; La Coma y Buenavista, en Nuevo León, donde también existía un proyecto para moler 500 toneladas y obtener 250 toneladas anuales de concentrado.

**CUADRO 16 : RESERVAS MINERALES DE URANIO MEXICO 1981**

	PORCENTAJE DE U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	TONELADAS DE U
<b>Chihuahua</b>		<b>3,603.0</b>
El Hopal	0.29	311.5
Margaritas-Puerto III	0.12	1,062.4
	0.12	1,524.9(a)
Hopal III	0.10	176.9
La Damiata	0.25	52.6
Otros (depósitos minerales)	0.20	325.4
	0.05 - 0.2	87.2
(Lotes y concentrados)		62.1
<b>Sonora</b>		<b>1,383.2</b>
Los Aholes	0.19	409.9
	0.5	493.6 (a)
Noche Buena	0.06	178.6
Luz del Cobre	0.04	178.6
Otros	0.07	122.5
<b>Durango</b>		<b>530.6</b>
La Preciosa	0.06	181.2
	0.06	193.3 (a)
El Mezquite	0.05	77.6
Otros	0.06	78.5 (a)
<b>Nuevo León</b>		<b>3,477.0</b>
La Coma	0.20	1,134.0
Duenavista	0.20	1,221.1
El Chapote	0.08	684.4
Otros	0.07	437.5
<b>TOTAL</b>		<b>8,993.8</b>

FUENTE: Dirección de Energía, SEPAFIN, 1981.

NOTAS: a) Indicado.

La diferencia con las 15,000 toneladas probadas, se encuentran distribuidas en otras áreas, principalmente del estado de Oaxaca.

Chapopote, Nuevo León, donde también se había planeado instalar una planta beneficiadora y, finalmente, Los Amoles, Sonora lugar en el que se había programado una producción de 56 toneladas anuales de concentrados durante 7 años aproximadamente.

En realidad, los avances más importantes en materia de exploración se lograron durante los años de vida de la CNEN y del INEN y en los primeros dos años de operación de URAMEX; y en cuanto a beneficio, los resultados muestran una insuficiencia muy grande en la medida que las primeras experiencias fracasaron y las segundas nunca se concretaron. Un elemento que influyó decididamente en esto fué el retraso de Laguna Verde, pues se había planeado que las plantas de beneficio operaran en el momento preciso de poder abastecer de concentrados a Laguna Verde, concentrados que serían enviados luego a enriquecer a Estados Unidos, según un contrato establecido en Viena ante el Organismo Internacional de Energía Atómica el 12 de febrero de 1974.<sup>22</sup>

Cuando se aprobó la penúltima Ley Nuclear (1979), se consideró que la fundación de URAMEX representaba un avance sustancial en la organización del sector nuclear nacional. Pese a las direcciones burocráticas, incapaces y corruptas que esta empresa padeció desde su fundación, la base de trabajadores, en contra de lo que luego se argumentó, desarrolló y consolidó una infraestructura muy importante para estas tareas mineras del uranio y para las primeras experiencias industriales de beneficio, además de fortalecer los laboratorios preliminares para las siguientes fases del ciclo del combustible nuclear, acciones que se frustraron por el autoritarismo gubernamental, como más adelante anotaremos.

22) Ver documento oficial; ACUERDO RELATIVO A LA PRESTACION DE SERVICIOS DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO PARA UNA CENTRAL NUCLEAR DE MEXICO, 12 febrero 1974, firmado por el Dr. Fernando Alba Andrade, Sigvard Eklund (OIEA) y William O. Doub (E.U.)

### 2.3 El programa nucleoelectrico mexicano

La idea de instalar reactores de potencia en México, como hemos visto en diversos comentarios anteriores, no es nueva, ni surgió en 1980, mucho menos en 1972 cuando se reafirmó la decisión de instalar Laguna Verde. Esta idea surge en el contexto mismo de la promoción internacional de la tecnología nuclear a mediados de lo cincuenta, originalmente como idea preliminar o intención primera de algunos técnicos y científicos mexicanos asociados a las tareas universitarias o a las labores de las compañías extranjeras de electricidad, que desde fines de los cincuenta promovieron la realización de conferencias y seminarios para hablar de la tecnología nuclear y sus aplicaciones.

Estas ideas preliminares fueron alentadas por los técnicos que asistieron a las Conferencias -Primera y Segunda- Internacionales sobre la Utilización de la Energía Atómica para fines Pacíficos, que bajo el patrocinio de la ONU se realizaron en Ginebra del 8 al 20 de agosto de 1955 y del 10. al 13 de septiembre de 1958, al igual que por el Simposio Interamericano Sobre Aplicaciones Científicas de la Energía Nuclear, realizado en Brookhaven, Estados Unidos, los días 13 a 16 de mayo de 1957. Incluso, para 1959 ya se hablaba de la primera planta nucleo-eléctrica de "carácter industrial", indicándose como lugares probables de instalación el Distrito Federal, Monterrey, el Estado de Chihuahua y la región de la Laguna y señalándose como argumentos principales para dicha instalación el que "las actuales fuentes de energía llegarán a ser insuficientes: bien por agotamiento de éstas, bien por el constante aumento de la población y de su

consumo energético, aunque por fortuna, la naturaleza así como la acción de los mexicanos ha hecho que la producción de dicha energía (nuclear) no revista el carácter urgente, apremiante, casi de vida o muerte que presenta para el pueblo inglés, por ejemplo".\*<sup>23</sup>

Precisamente con la intención de preparar esta instalación de centrales nucleares de potencia en 1960 se inició un Programa de Reactores en la CNEN, con un grupo que asesoraba a la CNEN desde 1959 y que asistían a muchos congresos internacionales, tanto teóricos como prácticos. Este grupo alentó la promoción de relaciones con los países que ya instalaban centrales nucleares de potencia, concretándose un acuerdo internacional con los Estados Unidos el 7 de octubre de 1965, en Washington y con el Organismo Internacional de Energía Atómica para llevar a cabo un estudio preliminar de una planta nuclear de potencia con el doble propósito de producir agua desalinizada y energía eléctrica para las regiones de Baja California y Sonora en México y de California y Arizona en los Estados Unidos, estudio que concluyó en septiembre de 1968 con un conjunto de consideraciones, entre las que se encontraron las siguientes: "1) La construcción de una planta nuclear de doble propósito que produzca 44 metros cúbicos de agua dulce por segundo y que tenga una potencia de 2,000 MWe, es técnicamente posible en la actualidad; 2) Respecto al costo estimado de una planta de tal tipo, se formularon diversas hipótesis (que oscilan, con base en el índice de precios vigente en el bienio 1966-1967, según la tasa de cargos fijos y la localización que se adopte), comunicadas a los respectivos gobiernos."<sup>24</sup>

23) Cfr. CNEN, ACTIVIDADES DE LA CNEN, 1956-1959. Estos estudios y estos objetivos iniciales fueron respaldados por personas como el Lic. José M. Ortiz Tirado (Presidente de la CNEN en esos años); por el Dr. Nabor Cerrillo Flores; Dr. Manuel Sandoval Vallarta; Dr. Alberto Barajas; Dr. Fernando Alba Andrade; Ing. Eduardo Díaz Losada; MenC. José Mireles Malpica; Ing. Jorge Suárez Díaz; Lic. Salvador Cardona; Dr. Carlos Graef F.; Dr. Carlos Vélez Ocoña; Dr. Augusto Moreno Moreno; Ing. Bruno de Vecchi; Dr. M. M. Shinsky; et. 24) Cfr. CNEN, Memoria de Labores 1968-1969.

Nunca se explicó porqué no se realizaba el proyecto de la planta de doble propósito, pero algunas ideas de técnicos del actual ININ planteaban que surgieron problemas de relación con los Estados Unidos -dificultades para un proyecto conjunto en terreno mexicano, sobretodo- y que los costos no eran tan atractivos -probablemente del orden de 300 Dólares el kilowatt instalados, es decir, 600 millones de dólares de 1968 (la deuda externa pública en ese año era de aproximadamente 3,500 millones de dólares).

Pero la supresión de este proyecto no suprimió las intenciones de instalar una central. La CNEN misma fundó un Programa Nacional de Reactores de Potencia en septiembre de 1969 y la Comisión Federal de Electricidad, que había participado con la CNEN en algunas de las actividades mencionadas, solicitó, de hecho desde el 24 de octubre de 1966, la participación de la CNEN en los estudios iniciales para determinar, en cuanto a costos de instalación y operación, la conveniencia de adquirir una primera planta nucleoelectrica de una potencia de 600 MWe,<sup>25</sup> estudios en los que estuvieron presentes dos comisiones técnicas enviadas por el Organismo Internacional de Energía Atómica; la primera del 10 al 10 de septiembre de 1969 y la segunda del 27 de julio al 10. de agosto de 1970, y que concluyó, como sabemos, en la decisión de construir Laguna Verde.

---

25) La misma CNEN proporcionó información sobre el panorama mundial de reactores -instalados, en construcción, planeados- señalando que para fines de 1969 funcionaban 91 reactores de potencia en 14 países con capacidad de producción de 15,500 MWe; y que en el curso de 1970 se instalarían 18 reactores más, llegándose a fines de 1970 a 109 reactores en el mundo, con una capacidad de 24,250 MWe instalados en 15 países; planeándose, además, que para 1976 se contaría con 298 reactores en 28 países con capacidad de 147 mil MWe. (Cfr. CNEN, MEMORIA DE LABORES, 1969-1970, p.29.) Ver también, capítulo II, cuadro 11, p.27. De hecho la estimación para 1976 no se cumplió, pues ya había muchos problemas con el desarrollo nuclear, contándose apenas con 201 reactores y con 85 mil MWe.

El segundo momento más formal de decisión estatal respecto a la instalación y desarrollo de reactores y de un programa nucleoelectrónico, se presentó en el Programa de Energía de 1980, en el que se formuló la decisión de instalar dos centrales más, para contar con 2,500 MWe en 1990 y 20,000 MWe para el año 2,000. De hecho esta decisión tuvo como antecedente, un estudio más entre tantos<sup>26</sup> que se han realizado en México, el denominado ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA LA INSTALACION DE UN PROGRAMA NUCLEOELECTRICO EN MEXICO, realizado por tres empresas extranjeras mediante convenio con la CFE: 1) Atomic Energy of Canada Limited (AECL), empresa estatal canadiense que construye y opera el reactor CANDU de uranio natural y agua pesada; 2) Akttiebolaget Asea-Atom, empresa sueca que construye y opera los reactores BWR, similares a los de Laguna Verde; 3) la empresa estatal francesa SOFRATOME (Societe Francaise D'Etudes et de Realisations Nucleaires), que diseña, construye y opera el reactor PWR, de uranio enriquecido y agua ligera.

De hecho cuando la CFE estableció los convenios con estas tres firmas internacionales, ya había una pre-decisión de instalar masivamente reactores nucleares en México (la CFE pensaba en una cifra de 21,000 MWe para el año 2,000), pre-decisión que apareció, como hemos mencionado en diversos momentos, en el Programa de Energía como una proyección de instalar 20,000 MWe para el año 2,000.

La justificación de la CFE para este programa masivo se fundamentó en los siguientes puntos: 1) La oferta de electricidad deberia cre-

<sup>26</sup> En realidad se trata de "muchos" estudios con diversos grados de profundidad y con diversas intenciones, siendo los más conocidos y los más recientes: a) Propuesta de lineamiento de política energética, formulada por la Comisión de Energéticos de la Secretaría del Patrimonio y Fomento Industrial en 1976; b) Análisis de la Capacidad de la Industria Nacional para Fabricar componentes de plantas nucleares que por encargo de la Comisión de Energéticos de SEPAFI realizó la compañía ATISA (Asesoría Técnica Industrial) los años 1976-1977; c) Estudios de planeación de CFE; d) Análisis, precisamente, de los Estudios de Factibilidad; e) Licitación de 1982; etc.

cer a una tasa promedio del 12% anual, lo que implicaba pasar de una generación de energía eléctrica de 58.1 TWh en 1979 a 560 TWh para el año 2,000, indicando que la energía hidroeléctrica en condiciones "por demás favorables" generaría 80 TWh, el carbón 40 TWh y la geotermia 20 TWh, quedando el resto de 420 TWh para ser satisfechos por hidrocarburos solamente o por la combinación de hidrocarburos y nuclear. Se indicaba también que el consumo acumulado de petróleo crudo equivalente para generar electricidad sin un programa nuclear sería de 8,461 millones de barriles y que un programa de 20,000 MWe nucleares proporcionaría un ahorro de 1,526 millones de barriles de pce., que a los precios de 1979-1980 proporcionarían los montos necesarios para una inversión en nucleoelectricidad.<sup>27</sup>\*

De hecho esta argumentación presentada en 1979, luego de los señalamientos anteriores plasmados en el Programa Nacional Industrial de ese año, se complementó en un documento oficial de la CFE: "Programa Nucleoelectrico", donde se realizaban ajustes en los pronósticos: a) de una tasa de crecimiento señalada en un 12% se hablaba ya de una variación anual de entre 9.5% y 11.5%, dependiendo de los supuestos de crecimiento de la economía y de la población y de los incrementos en la eficiencia energética y en la distribución del ingreso, principalmente. Se reafirmaba la contribución de la geotermia, el carbón y la hidroelectricidad: 140 TWh anuales y se reconocía una demanda oscilante entre 380 TWh y 550 TWh, que daría una diferencia, también oscilante de 240 TWh a 410 TWh a satisfacer por medio de hidrocarburos o por medio de nucleoelectricidad. Y, precisamente contando con esta demanda, se establecía una meta de 20,000 MWe., nucleares

27 ) ININ, PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL, ANALISIS DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PRESENTADOS POR AECL, ASEA-ATOM, SOFRATOME, Julio 1980.

meta sustentada en una supuesta "capacidad nacional de ejecución", y que, según cálculos de la CFE, permitiría un ahorro importante de hidrocarburos.

CUADRO 17: ESTIMACIONES\* DE ELECTRICIDAD Y AHORRO CFE AÑO 2,000

Fuente:	Demanda baja en el 2,000 380 TWh		Demanda alta en el 2,000 550 TWh.	
	TWh	Combustóleo Eq.	TWh	Combustóleo Eq.
Hidro, Carbón Geotermia	140	700,000 b/dfa	140	700,000 b/dfa
Combustóleo	110	550,000 b/dfa	280	1,400,000 b/dfa
Nuclear (20,000 MWe)	130	650,000 b/dfa	130	650,000 b/dfa
<b>TOTAL</b>	<b>380</b>	<b>1,900,000 b/dfa</b>	<b>550</b>	<b>2,750,000 b/dfa</b>

FUENTE: Elaboración propia con datos de CFE, PROGRAMA NUCLEOELECTRICO, agosto 1981, pp.3 y 4

\*) Implícitamente la CFE está suponiendo que los 20,000 MWe nucleares proporcionan 130 TWh anuales de electricidad, lo que significa que proporcionan diariamente 356.1643 GWh, lo que a su vez significa que los 20,000 MWe nucleares operan a una eficiencia del 74.2% durante 8,760 horas del año, estimación que resulta excesivamente optimista.

Ahora bien, como hemos señalado en el cuadro No.24 p.288 la CFE estima ahorros monetarios considerando precios internacionales de los combustibles, dado que a precios internos, ninguna fuente alterna resulta competitiva. No así considerando precios internacionales, cuyo resultado plantea la competitividad económica de la nucleoelectricidad por sobre cualquier fuente, incluso afirmando que en el largo plazo, la nucleoelectricidad se abaratará aún más.\*

28) Cfr. CFE, PROGRAMA NUCLEOELECTRICO, agosto 1981. Por cierto que en este documento se ignora absolutamente el costo de Laguna Verde; las dificultades reales para terminar esta experiencia; las dificultades internacionales en materia de regulación, que han elevado costos, etc.; se trata de un documento que raya en la aparente "ingenuidad".

Así, con una justificación general centrada en los argumentos indicados, en las proyecciones -incluso revisadas- y en los costos y ahorros que proporcionaría un programa masivo de 20,000 MWe, la CFE logró que, incluso en plena crisis económica, se convocara a la licitación de una segunda unidad, similar a Laguna Verde, en la perspectiva del programa nucleoelectrico más grande de país en vías de desarrollo o semiindustrializado del mundo, ingresando con esta decisión, a una tercera etapa de las decisiones estatales en torno a la nucleoelectricidad en México.

Los estudios de factibilidad realizados por las tres compañías extranjeras habían "mostrado" que era posible un programa masivo. Los técnicos del ININ y del SUTIN, con mayor objetividad que los de la CFE (aunque no tanta) señalaron que pese a que existían muchas incertidumbres respecto a la viabilidad del programa nucleoelectrico de 20,000 MWe -que por lo demás podían ser resueltas solicitando a las empresas que realizaron el estudio ampliaran información- era factible y que debía establecerse una licitación comercial precisa para contar con mayor información y poder decidir el tipo de reactor y la compañía que podrían satisfacer más completamente las necesidades nacionales, definidas en ese momento en 5 rubros: 1) generación de electricidad, fortaleciendo el proceso de diversificación; 2) participación de la industria nacional en el programa, buscando un grado máximo de integración nacional; 3) fortalecimiento de la ingeniería y el diseño nacionales; 4) impulso de las actividades de investigación y desarrollo; 5) costos mínimos.\*

---

29  
29) Ver ININ, PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL, documento citado, julio 1980; ver también ININ, REPORTE DE AVANCE DEL ANALISIS DEL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO, junio 1981; asimismo SUTIN, ANALISIS, EVALUACION Y RECOMENDACIONES RESULTANTES DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD, 1980; ININ, BASES GENERALES PARA LA IMPLANTACION DE UN PROGRAMA DE CENTRALES NUCLEOELECTRICAS, junio 1981 (documento del Consejo Técnico Consultivo); y ver también, SUCAR F, ANALISIS COMPARATIVO DE LOS TRES TIPOS COMERCIALES DE REACTORES NUCLEARES EN RELACION CON SU IMPLANTACION EN EL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO DE MEXICO, 1981.

Así pues, diversos estudios realizados entre 1980, 1981 y 1982, recomendaban, en todos los casos, seguir adelante, solicitando más información a los proveedores extranjeros, recomendación que finalmente se concretó en la segunda licitación internacional aprobada por el Presidente López Portillo en reunión de gabinete económico con los funcionarios de los sectores energético, eléctrico y nuclear en septiembre de 1981, tres meses después de que cayeron los precios internacionales del petróleo y cinco meses antes de que estallaran las finanzas públicas, razón por la cual, esta licitación fué suspendida con el consecuente reclamo de los países que habían participado y que durante los años de 1978 a 1982 habían ejercido una presión diplomática y múltiples ofrecimientos a nuestro país, para constituirse en socios de este "fabuloso e increíble programa nucleoelectrico mexicano, de cambio de petróleo por plantas nucleares", según anotaron diversos comentaristas internacionales y estudiosos del tema.\*

Hoy resulta anecdótico mencionar que, efectivamente, en la coyuntura del auge petrolero, de la "abundancia ficticia y desvanecida", se recibió la visita de Giscard D'Estaing (febrero de 1979); James Carter (febrero 1979); Sandro Pertini (Marzo 1981); Françoise Mitterrand (octubre de 1981); Margaret Thatcher (octubre de 1981); Pierre E. Trudeau (octubre de 1981 y enero de 1982); los Reyes de Suecia (enero 1982), entre otros visitantes, todos ellos ofreciendo participar en el Programa Nucleoelectrico mexicano, incluso ofreciendo financiamiento relativamente "barato", asistencia técnica, transferencia de tecnología completa, servicios de enriquecimiento sin condiciones mayores que las aprobadas por el OIEA; apoyo irrestricto para

3) Ver Angelier JP., LE NUCLEAIRE, Maspero, 1983, pp.66 a 68. Ver también ENERGY DETENTE de junio 24 de 1982, Volumen III número 8.

la terminación de Laguna Verde; y formación de recursos humanos mexicanos con programas de intercambio y apoyo tecnológico; entre otros ofrecimientos múltiples.\*<sup>31</sup>

Pero también resulta anecdótico mencionar que, precisamente en esos momentos, los Estados Unidos "retuvieron el uranio mexicano", como eufemísticamente llamó el gobierno mexicano, al embargo que los Estados Unidos hicieron del uranio francés enriquecido en Norteamérica para los reactores de Laguna Verde y cuyo suministro fué suspendido en enero de 1978 -días después de que se pospuso la aprobación de la Ley Nuclear propuesta en diciembre por López Portillo y autorizada por los senadores--según los voceros norteamericanos por "no llegarse a un acuerdo con México en la transferencia de tecnología ni en el procesamiento de la energía nuclear" y que según un vocero del gobierno mexicano se explica porque México no aceptó dar a Estados Unidos los residuos después del quemado de ese uranio en los reactores de Laguna Verde, dado que Estados Unidos teme que México utilice el uranio en aplicaciones no pacíficas, situación que se obviaría permitiendo que Estados Unidos revisara las instalaciones nucleares mexicanas.\*<sup>32</sup>

<sup>31</sup>) En junio de 1978, por ejemplo, una empresa de EU -Mountain State Research and Development, muy ligada a la CIA- pidió autorización para instalar una fábrica de beneficio de uranio de 300 tons. anuales; en julio de 1978 el Times de Londres afirmó que Gran Bretaña y México intercambiarían técnicos petroleros y que G.B. enriquecería el uranio mexicano; México y el CAME firmaron varios acuerdos de cooperación en julio de 1978, incluido uno de tecnología nuclear; en diciembre de 1978 Canadá ofreció tecnología nuclear a cambio de petróleo; el 14 y 15 de febrero de 1979 Carter visitó México y ofreció apoyo en el área nuclear; el 28 de febrero de ese mismo año Giscard firmó un convenio de asistencia tecnológica en el área nuclear e México, durante su visita, comprometiéndose a enriquecer uranio; en mayo de 1979 se anunció que México vendería 50 mil barriles de crudo diariamente a Canadá a cambio de tecnología nuclear; en noviembre de 1979 se afirmó que Suecia asistiría a México en la construcción de reactores nucleares; en mayo de 1980 Oteyza (SEPAFIN) confirmó que México cambiaría con Canadá petróleo por tecnología nuclear; en enero de 1981 se confirmó que también con Suecia se cambiaría petróleo por tecnología nuclear; en julio de 1981, cuando se dió el conflicto franco-mexicano por los precios del crudo, México dijo que coratría toda relación, entre ellas la de asistencia técnica en el área nuclear; en octubre de 1981--cuando la reunión de Cancún-Mitterand, Trudeau y Thatcher visitaron México ofreciendo asesoría nuclear y facilidades para hacerse socios de México, etc. Ver las declaraciones oficiales durante los años 1978 a 1981.

Pero la realidad objetiva se impuso sobre los planes, programas, intenciones, concepciones y determinaciones del Estado mexicano fraguadas por sus funcionarios energéticos, eléctricos y nucleares. El 18 de mayo de 1982 la Comisión Federal de Electricidad informó que por falta de recursos financieros posponfa, "hasta nuevo aviso", la decisión de adquirir la segunda planta nuclear generadora de electricidad y que, al menos por el momento, el fabulosos programa nucleoelectrico quedaba suspendido. La realidad es que no sólo por el momento sino por un buen tiempo -ya van cuatro años- el Programa Nucleoelectrico mexicano de unos 60,000 millones de dólares de 1982, quedaba totalmente suspendido, y que difícilmente, como lo muestra el nuevo Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, se volverfa a programar la instalación de 20,000 MWe nucleares y que también difícilmente se volverfa a hablar de un programa nucleoelectrico "a toda costa".

Realmente el haber planteado los 20,000 MWe resultó absolutamente absurdo, incongruente e ingenuo. El Subdirector del Insituto Nacional de Investigaciones Nucleares, Dr. Arnulfo Morales A., estimando los requerimientos de esta proyección indicó que nuestro país debía contar para el año 2,000 no sólo con 21 o 30 reactores, según el tipo, sino con 6 o 21 fábricas de elementos combustibles con una capacidad de 200 toneladas anuales; plantas de enriquecimiento de uranio de una capacidad de 4 millones de unidades de trabajo separativo; 12 plantas de agua pesada, en el caso de reactores CANDU; plantas de conversión de  $UF_6$  con capacidad de 5,000 toneladas anuales; plantas de refinación de torta amarilla a  $UO_2$  de 1,000 toneladas anuales; plantas de beneficio; fábricas de tubos de circaloy; etc.

CUADRO 18: IMPLICACIONES DE DIVERSOS ESCENARIOS DEL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO  
MEXICO 1981 \*

INSTALACIONES		LWR <sup>1</sup>		HWR <sup>1</sup>	
		20 000 MW(e)	10 000 MW(e)	20 000 MW(e)	10 000 MW(e)
		número	número	número	número
REACTORES	LWR 1 000 MW(e) HWR 600 MW(e)	21	11	30	17
FABRICAS DE COMBUSTIBLE	200 1/año	0	2	10	9
PLANTA DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO	4 millones de unidades de trabajo supportive/año	no rentable	no rentable	-	-
PLANTA DE AGUA PESADA	288 1/año	-	-	12	5
CONVERSION A UF <sub>6</sub>	5 000 1/año	no rentable	no rentable	-	-
REFINACION A UO <sub>2</sub>	1 000 1/año con expansión a 2 700	-	-	1expansión+2	1expansión+1
BENEFICIO A U <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	540 1/año	29	8	14	13(?)
FABRICAS DE TUBOS DE CIRCALOY	1 000 Km <sup>3</sup> /año	3	1	4	2

<sup>1</sup> INCLUYE LAS UNIDADES DE "Leguna Verde".

FUENTE: Morales A., Arnulfo, IMPLICACIONES EN INVESTIGACION Y DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DEL PROGRAMA NUCLEAR NACIONAL, EN AME, INIQ, Mesa Redonda Investigación y Transferencia de Tecnología, sept. 1981

x) A partir del análisis de los Estudios de Factibilidad para la implantación de un Programa Nucleoeléctrico en México, realizado por SOFRATOM (Francia), ASEA-ATOM (Suecia) y AECEL (Canadá), el ININ llegó a considerar que era imprescindible buscar (y promover) una fuerte participación de la industria nacional independientemente del tipo de sistema o de reactor elegidos, lo que exigiría no sólo definir **realistamente** el tipo o clase de componentes a manufacturar en México, lo que dependería de la existencia de recursos técnicos, materiales y humanos. Sin embargo, el ININ insistió en la enorme magnitud del esfuerzo referente a la transferencia de tecnología y a las inversiones asociadas.

Ahora bien, AECL consideró que en 6 años México podía lograr un nivel inicial de integración industrial, consideración que fué severamente criticada en el ININ, por la situación de la industria nacional y argumentando, a manera de ejemplo, la evolución del caso de la India en donde luego de más de quince años de esfuerzos de integración, ésta apenas se está logrando. Por su parte ASEA-ATOM evaluó 290 compañías mexicanas (algunas de ellas transnacionales) y aseguró que apenas un 25% del costo total de los componentes electromecánicos podían ser proveídos por la Industria "nacional" -13% del costo total de la planta- excluyendo algunos componentes básicos que, en cualquier caso, recomendó importar: vasija del reactor, partes internas del reactor, bombas del refrigerante primario, válvulas de aislamiento del contenedor, unidad turbogenerador y auxiliares. Según esta compañía sueca, para el año 2,000 se obtendría una integración nacional del 100%, diferenciando las probabilidades de esto en tres categorías: i) Componentes que pueden ser fabricados por la industria existente, pero donde debían introducirse mejores sistemas de garantía de calidad; ii) Componentes con mayores requerimientos de ingeniería y que requerirían nuevas instalaciones de producción y de prueba en las actuales empresas, las que, incluso, deberían establecer nuevas técnicas de control de calidad para todos los componentes relacionados con la seguridad de la central; iii) componentes -básicamente nucleares- que requerirían nuevas fábricas y nuevas inversiones. Finalmente, la empresa estatal francesa SOFRATOME indicó que un 26.9% (sic) del valor del equipo podría ser abastecido por la industria mexicana, pero que con el tiempo se podría lograr el 100% de integración, aunque para el caso de la obra civil y de las estructuras ese 100% se lograría de inmediato, lo que sumado a un estimación del 50% de participación en la ingeniería, se podría lograr una participación inicial global del 56% en la construcción de una central con dos reactores PWR de 926 MW.

Cabe añadir que la mayoría de las empresas señaladas como "más aptas" para participar en la manufactura de componentes y equipos son empresas transnacionales o filiales de estas o, finalmente, empresas mexicanas que tienen acuerdos de transferencia con empresas transnacionales.

En síntesis, un absurdo técnico, económico, energético, social, político, de todo tipo, promovido, impulsado, alentado y defendido por los funcionarios del sector eléctrico y algunos del sector nuclear, y alentado, incuestionadamente, por la burocracia sindical del Sindicato Unico de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana, que veían una oportunidad de crecer y autoafianzarse como gremio con capacidad de negociación política creciente, pero también como socios de los múltiples empresas que un programa nuclear masivo implicaba.

Con importantísimas diferencias, pero también apoyando, los dirigentes del Sindicato Unico de Trabajadores de la Industria Nuclear no fueron capaces de plantear una severa crítica a esta absurda alternativa que, ni siquiera, contaba con los estudios en cuanto a impacto ambiental y daños ecológicos que una alternativa así acarrearía, ni con un plan serio de formación de recursos humanos, ni una programación económico-financiera detallada, ni, mucho menos, una estimación sobre la evolución real de la dinámica económica nacional, de manera que no resultara, como de hecho sucedió, aberrante una programación como la que se estableció y promovió, sobretodo en los años del auge petrolero mexicano.

El actual Programa de Energéticos 1984-1988 no sólo anula la proyección multicitada al año 2,000, sino que ni siquiera se atreve, como luego se verá, a establecer una proyección alternativa, indicando exclusivamente, que será necesario evaluar en detalle las posibilidades reales de la vía nuclear.

Esto no significa que no exista un grupo importante y fuerte de funcionarios deseosos de que la alternativa nuclear "vuelva por sus fueros" o, más bien, nazca de una vez por todas. Simplemente esperan el momento propicio para volver a plantear su alternativa.<sup>33</sup>

<sup>33</sup>La CFE, y el sector nuclear en particular está -ahora sí- controlado por una burocracia "energética" pro-nuclear, que espera nuevos aires para lanzar su barcasí.

### 3. El fracaso de la central nuclear de Laguna Verde

#### 3.1 Una cronología del fracaso nucleoelectrico mexicano

Hemos comentado que en 1965 se creó un grupo de estudio para examinar la posibilidad técnica y económica de instalar una planta nuclear de doble propósito: generar electricidad y desalinizar agua para Sonora, Baja California, por parte de México y California y Arizona, por parte de los Estados Unidos. Para diciembre de ese año de 1965, Gustavo Díaz Ordaz decretó que la CNEN sería la encargada de coordinar el arreglo mexicano-estadounidense.

Ya en 1966, la CFE empezó la búsqueda de sitios para instalar la primera planta nucleoelectrica. A fines de ese año se tomó la decisión de realizar un estudio de factibilidad para ello, contando con la asesoría del Grupo de Análisis de Decisiones de Stanford Research Institute, y con la colaboración del Banco de México, de la Comisión Nacional de Energía Nuclear, de Petróleos Mexicanos, de Nacional Financiera y de la Comisión de Energía Atómica de los Estados Unidos cuyo objetivo era analizar la viabilidad concreta de instalar una central nucleoelectrica en el Sistema Central Interconectado de México. Para octubre de 1966 la CFE y la CNEN empiezan a trabajar más coordinadamente en atención al estudio de factibilidad; en aquellos primeros días se mencionan como lugares posibles: Valle de Bravo, Apasco y Laguna Verde. Ese mismo año siguió, con cierta autonomía, el estudio de la instalación de la central de doble propósito.

Para el año de 1967 comienza el estudio de factibilidad de CFE con el grupo de Stanford; y se continúa con el análisis de la central de doble propósito.

En el año de 1968 el grupo de estudio de México y Estados Unidos para la instalación de la central de doble propósito concluye indicando la factibilidad técnica pero planteando dificultades financieras y económicas. En diciembre también concluye el estudio conjunto CFE-Stanford, mostrando la viabilidad técnico-económica y la situación de competitividad de la energía nuclear. A fines de ese año se formaliza ante el Presidente de la República el planteo de solicitar la instalación de una central, inicialmente con un reactor de 654 MWe en Laguna Verde, Veracruz. En esos momentos se decide hacer una preselección formal de proveedores y fabricantes, contratándose a tres firmas para la elaboración de los cuestionarios: Bufete Industrial (mexicana) y Burns and Roe y NUS Corporation (Estados Unidos) que formulan cuestionarios para el Sistema Nuclear de Suministro de Vapor y para la Isla Nuclear, por un lado, y por otro para el Turbo-generador. A fines de 1968 se enviaron los cuestionarios a los fabricantes

Durante el año de 1969, en enero, se creó formalmente un grupo de trabajo conjunto CFE - CNEN para realizar el análisis técnico-económico de la propuesta. Ese mismo año la dirección de CFE logra la autorización para convocar al concurso internacional DP/21-69 y DP/22-69, solicitando ofertas para la instalación de un reactor en Laguna Verde. En septiembre de 1969 el Organismo Internacional de Energía Atómica envió un grupo de expertos para juzgar los trabajos de localización, aceptando el lugar de Laguna Verde pero sugiriendo una profundización mayor en algunos aspectos de los estudios. Y a fines de ese año se planteó la primera estimación sobre la fecha en que se terminaría Laguna Verde: septiembre de 1975.. Antes de esto ya se habían recibido las respuestas a los cuestionarios enviados, realizán-

en Nueva York, en las oficinas de NUS Corporation, los análisis de los cuestionarios, que habían sido respondidos por Westinghouse, Combustion Engineering, Babcock and Wilcox, ACE de Charleroi, KWU, Mitsubishi, General Electric, The Nuclear Group LTD., AECL. Además, ocho compañías ofrecieron turbogeneradores: General Electric, Westinghouse, Brown and Boveri, KWU, Parsons, Hitachi, Mitsubishi, Franco Tosi. Y también antes se había modificado la fecha de recepción de ofertas: planteada originalmente para el 28 de noviembre de 1969, se trasladó al 29 de enero de 1970.

El año de 1970 comenzó, efectivamente con la recepción de ofertas el día 29 de enero. Luego el día 3 de marzo de ese año, en virtud de algunos desajustes entre los requerimientos inicialmente planteados para el turbogenerador y aquellos compatibles con las propuestas de enero, la fecha de entrega de las ofertas de turbogeneradores se trasladó a mediados de marzo -día 17- para que los proveedores hicieran los ajustes necesarios. Sólo hasta junio, una vez reunida toda la documentación, se comenzó el análisis y la evaluación de ofertas. El concurso experimentó ciertos retrasos por los cambios en el gobierno de México, pues el 10. de diciembre de 1970 tomó posesión Luis Echeverría como Presidente de la República, quedando en la Dirección de la Comisión Federal de Electricidad, Guillermo Villarreal Caravantes, que poco o casi nada sabía de la CFE, razón por la que más tarde sería sustituido, precisamente por José López Portillo.

El año de 1971, en plena crisis económica fruto del decaimiento de la gran fase de auge de 1962 a 1968, los trabajos del concurso se retrasaron, hasta que Echeverría nombró una Comisión Intersecretarial que sólo hasta finales del año revalidó las ofertas.

En 1972 se decidió reactivar más aceleradamente el proyecto, teniéndose con los proveedores una reunión preliminar el día 15 de enero, en la que ya no participó la compañía inglesa TNPG, retirándose también más tarde la compañía canadiense AECL -el 12 de marzo- víspera de la entrega y apertura de las ofertas, analizadas ya para entonces con un grupo integrado con personal de Bufete Industrial, CFE, y del INEN -organismo en que se había transformado la CNEN a partir del día 13 de enero de ese año-, organismos a los cuales se anexó la compañía norteamericana Burns and Roe. De manera particular las ofertas de combustible fueron analizadas por personal de NUS Corporation y de CFE, considerándose exclusivamente el costo.

En marzo 20 se concluye el análisis señalando que la opción más barata es la conformada con reactor General Electric y turbogenerador Mitsubishi, decisión que en junio fue cuestionada por Westinghouse afirmando que los factores de capacidad y disponibilidad del BWR de General Electric son 10% más bajos que los factores del PWR Westinghouse. En junio se otorgó el contrato de diseño de ingeniería al grupo Bufete Industrial, que había venido participando en las evaluaciones previas, quien recibiría la asesoría de Burns and Roe, saliendo de esa área ICA, entonces asociada con la compañía Bechtel, compañía norteamericana de ingeniería. Ya el día 25 de junio se entregó a General Electric la carta de intención para el Sistema Nuclear de Suministro de Vapor (isla nuclear más edificios y auxiliares) de la primera unidad y abriéndose una opción para que se ofreciera una segunda unidad, que se instalaría de resultar rentable.

De 1972 a 1976, por cierto, ICA operó como constructor en contrato por precios unitarios y la dirección del proyecto la tuvo el grupo

formado por las empresas Burns and Roe primero, y Ebasco contratada luego, ejerciendo la supervisión CFE. El día 10. de agosto de ese año de 1972 está reconocido como el día de comienzo de la ingeniería.

En el año de 1973 comenzó el diseño y la ingeniería de la planta, entregándose ese año la solicitud formal de permiso de construcción. El mes de marzo se otorgó a la empresa Gilbert Ass. el contrato para que elaborara e implementara un programa de Garantía de Calidad. En mayo la revista Nuclear Engineering International publica que AECL, la compañía canadiense se abstuvo de participar en el concurso porque Burns and Roe no aceptaba como cierta la información proporcionada por AECL sobre el comportamiento del combustible del CANDU, que había sido confirmada con el funcionamiento de la central canadiense de Pickering. En agosto, la CFE le otorga a General Electric la carta de intención para la segunda unidad; y en septiembre de ese mismo año se otorga a la compañía Nucleo-Electrónica el contrato para la traducción del ISPE<sup>34</sup>, que por cierto resulta defectuosa y que debe enviarse nuevamente a un grupo de traductores independientes. Ya para octubre de 1973, el INEN había solicitado información a la CFE sobre el estado del PSAR (Preliminary Safety Analysis Report) de Laguna Verde.

Para el año de 1974 se otorga a ICA el contrato para la construcción de las estructuras clase I<sup>35</sup>, para lo cual contaría con la asesoría

---

34) ISPE: Informe de Seguridad de la Primera Etapa, que realizaba la CNEN

35) Estructuras Clase I son las asociadas directamente a la isla nuclear.

de la empresa norteamericana Bechtel, encargándose ya para ese año la propia CFE de la construcción del resto de las estructuras, así como de los edificios auxiliares. Ese año, también, se firma un acuerdo entre México y el OIEA para buscar en conjunto la negociación del combustible de la Planta, con los Estados Unidos. El mismo Organismo Internacional de Energía Atómica envía ese mismo año una misión de técnicos para apoyar las tareas normativas y reguladoras que preparaba el INEN.

En el año de 1975 se cambia la organización, convirtiéndose Burns and Roe en principal responsable en cuanto a diseño e ingeniería, contando con la colaboración de Bufete Industrial; precisamente en septiembre de ese mismo año los trabajos de diseño e ingeniería son trasladados a las oficinas de Burns and Roe en Nueva York, quedando fuera del proyecto Bufete Industrial y enviando CFE personal de la Comisión a Nueva York a trabajar con Burns and Roe. El INEN ofrece participar con personal en el proyecto, específicamente en el diseño, pero CFE, por presiones del SUTERM e influencia de ciertos funcionarios, rechaza la colaboración del INEN. Ya para esos momentos los nucleares tenían una importante participación política: en mayo de 1974 se había concedido el traslado de los nucleares del régimen laboral B al régimen A, integrándose al SUTERM a fines de ese año y formando parte de la tendencia Democrática a partir de su fundación el 8 de febrero de 1975. Ese mismo año -a principios y a finales- el Director General del Organismo Internacional de Energía Atómica envió dos comunicaciones al Embajador de México en la ONU, Fco. Cuevas Cancino, señalándole que era necesario revisar exhaustivamente algunas de las

acciones que se emprendían para la construcción de Laguna Verde, sin que estas comunicaciones hubieran sido atendidas. En octubre de 1975 llega a Laguna Verde la vasija del primer reactor. Un poco antes, en junio, el INEN había empezado las encuestas para la regulación y el licenciamiento y en noviembre la CFE prepara su plan de "Asguramiento de Calidad" (QA). Pero tanto por la complejidad global del proyecto, como por la lentitud con que era llevado, CFE se declaró incompetente para manejar el proyecto, contratándose a la empresa EBASCO para asesorar a aquella en la administración del proyecto. Durante el año de 1976 se contó con mucho menos de presupuesto para continuar la obra, aparte de que en diciembre hubo cambios en el gobierno, entrando a la Presidencia José López Portillo, director de CFE durante 9 meses, que luego pasó a la Srfa. de Hacienda, dejando en la Dirección de CFE al Lic. Arsenio Farrell Cubillas en 1973. En enero de 1976, el INEN entregó a CFE el Código de Regulación y Licenciamiento de Plantas Nucleares de Potencia, ignorado y nunca aprobado. En mayo hubo un incendio en la bodega de atmósfera controlada en Laguna Verde; en mayo también, empezó a aplicarse el LWA (Limited Work Authorization), como mecanismo de mayor control de la obra. La segunda vasija de Laguna Verde llega al sitio en septiembre y en ese mismo mes se cancela el contrato de diseño e ingeniería a Burns and Roe, otorgándosele a Ebasco, que venía fungiendo como entidad asesora solamente, encargándose en adelante de la administración, la construcción y de gestionar el licenciamiento. Para fines de ese año, se tienen trabajos importantes de Normas, guías y Códigos, elaborados en el Instituto de Investigaciones Eléctricas cuyas instalaciones se inauguraron en abril de ese año en Palmira, estado de Morelos.

Ese mismo año de 1976, en junio, se había autorizado una inversión de más de 6,000 millones de pesos para acelerar los trabajos de Laguna Verde en 1977.

En el año de 1977 Hugo Cervantes del Rfo se desempeña como director de la CFE; a principios, en enero, se otorga a Ebasco el contrato definitivo para la administración del proyecto, empresa que se compromete a operar la primera unidad el 1o. de Mayo de 1982 En mayo se rompe el contrato de asesoría con Bechtel, comprometiéndose la misma Ebasco a asesorar a ICA en la construcción. Efectivamente, gracias a la ampliación del presupuesto, desde febrero de 1977 se habían reactivado los trabajos y las obras en Laguna Verde. Este año, también, se da a conocer el análisis de la participación industrial nacional, realizado por Asesoría Técnica Industrial ATISA a petición de la Comisión de Energéticos. En octubre CFE y Ebasco revisan el Análisis Preliminar de Seguridad (PSAR) elaborado por el INEN y responden a las preguntas que se les habían formulado en 1973.

A fines de 1977 se plantea la Ley Nuclear que aunque aprobada por el Senado es rechazada por la Cámara de Diputados, aplazando su aprobación un año.

Precisamente a comienzo del año de 1978 los Estados Unidos suspenden el suministro de uranio enriquecido "al no llegar a un acuerdo en la transferencia de tecnología, ni en el procesamiento de la energía nuclear", señala la prensa nacional. Según el Departamento de Estado, la suspensión se debe a razones técnicas. Se trataba de un uranio que fué adquirido por México en Francia y que fué enviado a los Estados Unidos para su enriquecimiento. A fines del mes la Administración para el Desarrollo de la Energía de los Estados Unidos señala que México debe pagar 91 millones de dólares por almacenamiento del

uranio embargado: 120 toneladas de uranio. Ese mismo mes se decide que Laguna Verde llevará un mando unificado de ICA, Ebasco y CFE. También ese mes el INEN revisó el PSAR de Laguna Verde y en mayo avaló el permiso de construcción, señalando que se habían cumplido todos los requerimientos. En julio comienzan negociaciones con los Estados Unidos para que levanten el embargo del uranio enriquecido. Luego de un año de debate, en noviembre se aprueba la nueva Ley Nuclear.

En el año de 1979 sobresale la contratación de AECL, SOFRATOME y Asea-Atom para que realicen los estudios de factibilidad de un Programa Nucleoeléctrico Nacional. El 28 de Marzo acontece el accidente de la planta nuclear de Three Mile Island, Penn. que genera un conjunto muy grande de requerimientos nuevos de seguridad.

A principios del año de 1980 comienzan los cambios y modificaciones de la Planta surgidos a raíz del accidente de Three Mile Island. En enero comenzaron también cambios en la ingeniería; particularmente la oficina de ingeniería, antes ubicada en Nueva York, es trasladada a Dos Bocas, Veracruz. En mayo salió ICA de la ingeniería quedando exclusivamente Ebasco y CFE y en julio se dan a conocer los reportes del Estudio de Factibilidad. Ese mismo año, se instituye el Sistema de Responsabilidad Compartida de Garantía de Calidad. Respecto a la administración del proyecto, queda la CFE en la dirección, Ebasco como asesor e ICA continúa como constructor.

En el año de 1981 se da la transferencia global de ingeniería a CFE luego de más de doce años de comenzado el proyecto. En septiembre se autoriza la licitación de una segunda planta nucleoeléctrica y el 5 de octubre de ese mismo año se entregan las especificaciones del

concurso internacional CI-50/81. En 1982 viene un severo recorte presupuestal que disminuye el ritmo en la unidad uno y suspende temporalmente la obra en la unidad dos. Ese mismo año el Programa de Garantía de Calidad queda en manos mexicanas. A fines de año hay cambio presidencial: Miguel de la Madrid, quien nombra a Fernando Hiriart -ex Subsecretario de Energía- como Director de CFE, en sustitución de Alberto Esquivel, quien a su vez había sustituido a Hugo Cervantes del Rfo desde el inicio de la obra. En agosto de 1983, según estimaciones oficiales, los "apagones" de mediados de 1980. Hiriart nombra Subdirector a Juan Eibenschutz, uno de los más fervientes pronucleares del país. En el año de 1983 siguen lentamente las obras de Laguna Verde, indicándose que se terminarían en 1988. Para 1984 CFE asume la dirección absoluta de Laguna Verde, quedando ICA como constructor quien ya para este año aplicaba tarifas horario por paquetes de trabajo en áreas específicas. La asesoría de EBASCO es cada vez menor. En el año de 1985 continúan las obras, comprometiéndose la CFE a tener operando el primer reactor a mediados de 1987 y el segundo a fines de 1988. En agosto de 1985, bajo los auspicios de la Academia Mexicana de Ingeniería se realiza una Mesa Redonda en la que los funcionarios del sector eléctrico y del sector nuclear presididos por Eibenschutz, explican la situación del proyecto, indicando que se trata de una obra con costos menores que una planta convencional equivalente y que, pese a todo, Laguna Verde representa un logro importante de la ingeniería mexicana.

36) Esta cronología se fundamenta en información de: i) Informes de Gobierno de GDO, LEA, JLP y MMH; ii) CNEC, Memoria de Labores, diversos años; iii) Academia Mexicana de Ingeniería, MESA REDONDA SOBRE LAGUNA VERDE, materiales diversos, 27 de agosto de 1985; iv) CFE, Evaluación de Ofertas para la Primera Unidad de la Planta de Laguna Verde, DP/21-69; DP/22-69, junio de 1970; v) Sánchez G.J., Villalva I., The LAGUNA VERDE Nuclear Project, México, publicado por el OIEA (IAEA-SM-223/14) con fotocopia sin fecha; vi) Villarreal J., Rojas, A., Notas Preliminares para evaluar la experiencia de la Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde, Sección Centro Nuclear del SUTIN, abril 1985 (mimeo); vii) Prensa Nacional, seguida en INFORMACION SISTEMÁTICA, diversos años. Una cronología preliminar fué elaborada con estos materiales por María Eugenia Falomir, cuando trabajamos en equipo en el Consejo Técnico Consultivo del ININ. A ella agradezco su trabajo para lograr una cronología más completa y precisa.

### 3.2 Una evaluación crítica de Laguna Verde

Luego de más de quince años de vicisitudes, la planta nucleoelectrónica de Laguna Verde se encuentra en un estado global de avance del 70% aproximadamente, según estimaciones oficiales recientes y se prevé el comienzo de su operación comercial a través de la puesta en operación del primer reactor en 1987 o principios de 1988, siendo esta la octava estimación respecto a su fecha de inicio.

La experiencia de Laguna Verde se ha caracterizado por una inestabilidad muy grande, producto de cambios tanto en la administración pública general, como en la CFE y en el proyecto en particular. Estos cambios se han traducido en modificaciones de enfoque y de método, que a la postre han significado aumentos considerables en los costos y graves retrasos en la obra.

La falta de planeación, coordinación, programación y los cambios experimentados por el proyecto en el proceso, son producto de la realización de una experiencia aislada, como prueba piloto y sin antecedentes, y poco vinculada con otras tareas realizadas en el país: ingeniería, desarrollo, fabricación de partes y equipos, etc, sea por razones económicas e incluso por razones políticas.

Laguna Verde como proyecto aislado y fuera de un programa debe servir como ejemplo que aporta los elementos básicos en el caso de que se llegara a aprobar un programa de instalación de centrales nucleares. Ha sido una experiencia que apenas ha permitido un raquítico desarrollo de recursos humanos en los niveles de diseño, ingeniería e investigación. Apenas también ha permitido una exigua participación de las industrias nacionales -muchas veces filiales de grandes

consorcios extranjeros- en la construcción de equipos, partes y componentes.

Oficialmente se han presentado evaluaciones demasiado optimistas respecto a esta experiencia. Pero en realidad es necesario un análisis mucho más crítico y exhaustivo sobre esta experiencia, para profundizar en las causas y condiciones de los resultados de este fracaso, pues una planta que se programó construir en seis o siete años lleva más de diez años continuos de construcción.

Podemos decir que han sido seis los problemas principales de Laguna Verde:

- 1) Discontinuidad en el manejo y administración de los programas de diseño, construcción e ingeniería en general.
- 2) Desconexión y desarticulación de los niveles de ingeniería y diseño con las actividades de investigación y desarrollo.
- 3) Carencia de un programa sistemático de asimilación de tecnología.
- 4) Escasa participación de la industria nacional en la fabricación de partes, componentes y equipos.
- 5) Falta de previsión financiera y de metodologías flexibles para formular estimaciones de costos y económicas adecuadas que recuperan inmediatamente y de forma eficiente, las variaciones internacionales de los precios que inciden en los costos de la central, y los cambios en la evolución de la dinámica económica, para planear las variaciones en la inversión y el gasto públicos.
- 6) Múltiples incongruencias en cuanto al ordenamiento orgánico y las responsabilidades institucionales, en algunos casos debidas a absurdas pugnas entre funcionarios y entre sindicatos.

Incluso la formación y capacitación de recursos humanos en diversas áreas que la CFE presenta como uno de sus logros positivos -aislado, por lo demás- no permitió generar un proceso sistemático y orgánico de transferencia y asimilación de tecnología que teóricamente es necesario para adquirir cierta autodeterminación tecnológica.

Ciertamente la experiencia de Laguna Verde ha permitido la capacitación de recursos humanos en diversas áreas. Pero se trata de un fenómeno aislado que no ha permitido la integración de una base importante de ingenieros, investigadores y técnicos capaces de recibir y desarrollar la tecnología.

Se ha adquirido un nivel de capacitación en el manejo de algunos elementos para la construcción de plantas nucleares, pero esta capacidad no se ha ampliado ni profundizado. El manejo del diseño; el control global de la ingeniería; la capacidad de operación y mantenimiento; las actividades del ciclo del combustible nuclear; todo ello conforma un ámbito en el que la capacitación ha sido francamente limitada.

No se ha logrado saber el "cómo" y el "porqué" de la tecnología nuclear. Tampoco se ha logrado consolidar una base importante de recursos humanos sólidamente capacitados.

Y en cuanto al retraso, múltiples han sido las razones, comenzando por la incapacidad de administración y dirección del proyecto. La CFE ha explicado esta incapacidad aduciendo la multitud de cambios administrativos. Sin ser falso esto, resulta ingenuo reducir las dificultades a meras cuestiones administrativas. La asimilación y

el desarrollo tecnológico en un ámbito como el nuclear es mucho más complejo que un mero arreglo administrativo, de los cuales, por cierto no sólo la CFE sino todo el sector nuclear mexicano ha experimentado múltiples y diversos cambios; todos ellos, sin embargo, no han logrado trascender el retraso y el fracaso relativo ni la corrupción que en este campo ha experimentado nuestro país.

En cuanto a costos se cuenta con muchas y diversas estimaciones. Oficialmente la Presidencia de la República ha reportado en sus Informes Anuales de Gobierno, la variación de los costos totales; las inversiones realizadas en el período; la inversión acumulada; y los avances con las fechas probables de término de la obra.

Pero, en realidad y pese a estos señalamientos anuales, hemos de notar la complejidad que implica evaluar real y verazmente los costos definitivos de Laguna Verde, pues se han prolongado mucho los períodos de construcción y puesta en operación; ha habido muchas variaciones monetarias y de costos; ha habido, también, muchos errores a enmendar que no han sido dados a conocer públicamente.

Pese a todo, la CFE de manera oficial, e incluso el mismo Secretario de Energía Minas e Industria Paraestatal, han afirmado que el costo de Laguna Verde, hasta fines de 1985 ha sido de 1,738 millones de dólares (de 1985 !!!) y que aún faltan por ejercerse 399 millones de dólares, lo que da un costo global de 2,137 millones de dólares de 1985.

Obviamente estas cifras no coinciden con las estimaciones oficiales de los Informes Presidenciales, pues 2,000 millones de dólares actuales serían, aproximadamente, 800 mil millones de pesos, cuando la estimación última del Presidente De la Madrid es de 129 mil millones.

## CUADRO 19: PLANTA NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE-VERACRUZ \*

(Costos-Avances)

FECHA DE REGISTRO	COSTO TOTAL (mil pesos corr)	INVERSION REALIZADA EN EL PERIODO	INVERSION ACUMULADA	AVANCE DE OBRA EN EL PERIODO	AVANCE DE OBRA ACUMULADO	FECHA DE TERMINO
31 Ag.77	16,000	n.d.	2,397	n.d.	4%	Mayo 83
31 Ag.78	16,818	3,453	5,750	13%	17%	Mayo 83
31 Ag.79	24,929	5,159	10,909	14%	27%	Mayo 83
31 Ag.80	41,650	8,046	20,067	13%	40%	Mayo 83
31 Ag.81	44,175	9,309	29,763	14%	54%	Nov. 84
31 Ag.82	42,443	8,408	27,163	13%	65%	En. 85
31 Ag.83	96,205	11,423	47,823	4%	65%	Jun. 88
31 Dic.84	96,205	16,735	53,062	4%	66%	En. 89
31 Dic.85	128,900	25,259	70,543	9%	69%	En. 89

FUENTE: Elaboración propia con base en datos de los Informes de Gobierno I a VI de JLP y I a III de MWH, marzo de 1985

NOTAS: Las cifras se presentan tal como aparecen reportadas en los Informes Presidenciales, pese a no concordar en muchas ocasiones, como es el caso de los costos y los avances de obra. En Mayo de 1982, un reporte interno de CFE estimaba el costo final en 58 mil millones de pesos de 1982 y la inversión acumulada en 37 mil millones.

CRONOLOGIA BASICA DE LAGUNA VERDE: Decisión de construcción de la planta: 1966 / Contratación de proveedor y constructor: 1971 / Comienzo de la obra: 1972 / Fecha estipulada de término: enero 1989

- x) En realidad formular una estimación precisa no solo de los costos de Laguna Verde sino de cualquier central nucleoelectrica supone tanto una metodología muy fina como un "honesto" reconocimiento de todos los rubros y gastos, por cierto diferentes de país a país y de planta a planta. Metodológicamente es preciso reconocer los gastos desde el momento de la decisión inicial -que de por sí ya involucra algunos- hasta las actividades de cancelación y desmantelamiento de la central y de gestión de sus desechos, lo que puede suponer un período global de 40 a 48 años, según muestran las estimaciones comunes del Atomic Industrial Forum. Ahora bien, en cuanto a las diferencias por país y por planta, el caso de Laguna Verde es aleccionador pues no sólo manifestó que se carecía de experiencia técnica sino, incluso, de capacidad organizativa y administrativa. Esto quedó evidenciado en los múltiples retrasos y en las diferentes estimaciones de costos. En 1973 la firma Ebasco consideró los costos finales en 5,729 millones de pesos de ese año; para abril de 1980 las estimaciones se habían elevado a 43,343 millones de pesos y para fines de ese mismo año la anterior estimación (D-3) se actualizó a 46,578 millones de pesos (2,017 millones de dólares); en todos los casos los cálculos fueron realizados por la EBASCO. Para 1982 -después de 9 años del comienzo oficial del proyecto- CFE formuló su primera estimación (D-4): 58,346 millones de peso. Desde luego que estas cifras no coinciden ni con las del cuadro superior, ni menos aún con las proporcionadas por el Director General de CFE, Alberto Escofet, en 1981 a la Comisión de Energéticos de la Cámara de Diputados: 29,244 millones de pesos, de los cuales, además, ofreció un desglose anual de 1971 a 1985. Todo muestra que probablemente, los costos reales de Laguna Verde quedarán sin conocerse. Dos estimaciones más formales sobre los costos de la nucleoelectricidad para México han sido realizadas en los Estudios de Factibilidad de 1981 y en un estudio de septiembre de 1982 realizado por la Oficina de Asesores de la Presidencia de la República. En el primero se habla de costos de inversión cercanos a los 2,000 Dll. por kilowatt instalado; y en el segundo de un rango de 3,000 a 4,000 Dll. por kilowatt instalado, dependiendo del tamaño de la central: 600 MW a 1,200 MW, siendo más baja en la medida que aumenta la capacidad, en virtud del aprovechamiento de infraestructura. Precisamente el segundo estudio afirma que "en el caso de México la alternativa nuclear es menos económica que otras -carbón y combustóleo- considerando, desde luego, combustóleo subsidiado: 2.5 Dll por barril, a diferencia de 21.5 Dll en el mercado internacional a mediados de 1982". Y luego de aclarar otros aspectos, dicho estudio concluye afirmando que "no es posible justificar en este momento-1982- que la nucleoelectricidad es más barata para el país que la electricidad convencional" (p. 59).

N.B. Desde luego que un tratamiento más profundo y detallado de esto exigiría un capítulo específico, lo que por razones de tiempo no pude incluir aquí pero que prácticamente se encuentra preparado para anexarlo luego.

Habría que preguntarse de qué pesos se trata; de qué dólares; en base a qué tipo de cambio se estiman; aspectos que complican aún más estimar el costo real de Laguna Verde y que los funcionarios de la CFE soslayan trivialmente.

Pese a que es muy cierto hablar en el área nuclear de costos asociados a una planta específica y es muy difícil generalizar, las cotizaciones internacionales actuales ubican los costos en el rango de los 2,000 a 3,000 dólares por kilowatt instalado, tomando en cuenta plazos de construcción que al alargarse excesivamente, encarecen, también excesivamente el costo final de una central nuclear. Incluso en las informaciones oficiales se ha aceptado que luego del accidente de Three Mile Island en 1979, debieron incorporarse muchas modificaciones, básicamente mecanismos de seguridad, que encarecieron todos los proyectos nucleoelectricos mundiales, incluido Laguna Verde, más todavía cuando el reactor, un BWR General Electric, cuenta con equipos que deben ser licenciados, en definitiva por la Nuclear Regulatory Commission (NRC) de los Estados Unidos, que enfrentó directamente el accidente de Three Mile Island.

Así pues, ni en cuanto a transferencia de tecnología; ni en cuanto a formación de recursos humanos nacionales; ni en cuanto a la participación de la industria "nacional"; ni en cuanto a fortalecimiento de las actividades de desarrollo tecnológico; ni siquiera en cuanto a generación de electricidad, al menos todavía, Laguna Verde ha sido muestra o ejemplo. Se trata de una experiencia compleja, que ha representado un real fracaso técnico, aunque es muy probable que en términos económicos y financieros muchos funcionarios y muchas compañías que han participado en su construcción no tengan absolutamente nada que lamentar.

#### 4. Situación actual del sector nuclear mexicano

Este año nuestro país cumple más de 35 años de desarrollar de forma sistemática actividades en el ámbito de la ciencia y tecnología nucleares. Durante estos 35 años las formas organizativas, las instituciones, las personas, los recursos, las normas y los marcos jurídicos se han transformado en diversas ocasiones. Lo que inicialmente fue una intencionalidad política de utilizar los recursos radiactivos nacionales, se consolidó en un organismo, la Comisión Nacional de Energía Nuclear (1956) que luego se transformó en Instituto Nacional de Energía Nuclear (1972), para luego de siete años, en 1979, dar origen a cuatro organismos: el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; Uranio Mexicano; la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias; y la Comisión Nacional de Energía Atómica, organismos que prevalecieron hasta que hace un año fue aprobada una Ley Nuclear que redefinió por cuarta ocasión los organismos responsables del desarrollo nuclear nacional. Hasta antes de la aprobación de la última Ley Nuclear -el 19 de diciembre de 1984- los organismos mencionados atendían, respectivamente, diversos aspectos de la problemática nuclear. El ININ la investigación básica y aplicada y el desarrollo tecnológico. URAMEX la explotación del uranio y el desarrollo industrial de los combustibles nucleares. La CNSNyS se encargaba de la normatividad en cuanto a seguridad y salvaguardias nucleares. Finalmente, la CNEA coordinaba -al menos era su encargo legal- los anteriores organismos y el desenvolvimiento general del área.

#### 4.1 El Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares

En cuanto a desarrollo específico de estos organismos y sus responsabilidades, mencionaremos que el ININ llegó a contar en el mejor momento en cuanto a presupuesto y personal, una base de recursos humanos cercana a las 1,700 personas, de las cuales un poco más de 500 era profesionistas, 300 técnicos y subprofesionistas, 350 eran trabajadores administrativos y, finalmente, 450 eran trabajadores de servicios. Esta planta se ha visto severamente diezmada, sobre todo desde que dirige el ININ la actual administración que llegó al extremo de "abrir de manera libre e indiferenciada" un proceso de liquidación de personal, que hoy arroja resultados francamente desastrosos en cuanto al desmantelamiento de proyectos y áreas técnicas y de apoyo operativo.

Esta determinación no tuvo más razón que una orientación antisindical no sólo de la administración del ININ sino de este gobierno de De la Madrid, que no escatimó gastos ni esfuerzos para finiquitar una "deuda pendiente" con el Sindicato Unico de Trabajadores Nucleares.<sup>37</sup>

En cuanto a capacidad instalada, como ya hemos esbozado en la parte 2 de este capítulo, el ININ llegó a tener 16 unidades básicas de investigación y desarrollo, sobresaliendo el Reactor TRIGA, el Acelerador Tandem Van de Graaff, la Planta de Fabricación de Elementos Combustibles, las Unidades de Medición, la Planta Experimental de Agua Pesada y la Unidad de Ultracentrifugas para concretar las posibilidades

37) A fines de septiembre de 1984, en el marco del XI Congreso de Ingenieros Mecánicos Electricistas (CIME), luego de que Juan Eibenschutz -subdirector de CFE y el más prominente burócrata pro-nuclear de México- hizo la apología del "tout nucléaire" francés y que defendió la opción nuclear mexicana, un viejo ingeniero de CFE le preguntó respecto a la agresión al SUTIN por el cierre de URAMEX, a lo que Eibenschutz contestó: No me ha correspondido a mí tratar el conflicto con el Sindicato Unico de Trabajadores de la Industria Nuclear, el SUTIN, pero si me pide mi opinión, señor ingeniero, sólo le diré que es intolerable, más aún que el Estado mexicano no puede tolerar situaciones y retos como el que esta organización sindical planteó el 30 de mayo de 1983" (estallamiento de huelga por salario de emergencia) (CIME, 1984).

de enriquecimiento de uranio(SIMS). En cuanto a unidades de servicios, el ININ contaba con siete principales:el Laboratorio de Análisis por Activación Neutrónica, la Unidad de Celdas Calientes, el Laboratorio de Radioisótopos, la Unidad de Rayos X de Fluorescencia, y la Unidad de Irradicaión Gamma. Finalmente, en cuanto a servicios de apoyo y operativos, de diecisiete, sobresalen el Centro de Información y Documentación Nuclear, la Unidad de Cómputo e Informática y los Talleres Generales. Hoy estas unidades se encuentran severamente desmanteladas en cuanto a recursos humanos por esta proceso antisindical de agresión a los trabajadores;incluso algunos jefes de unidad o responsables de proyecto señalaron que en términos medios, la salida reciente del personal en el ININ representa un atraso de más de seis años, aunque en algunas áreas este retraso es de más de ocho años, como son los casos de los talleres de mantenimiento del Acelerador y Talleres Generales donde el retraso es de 15 y 10 años respectivamente, evaluados estos en relación al nivel técnico y la antigüedad del personal prácticamente expulsado por razones sindicales y políticas del ININ.

Este retraso se percibirá aún más en los proyectos de investigación de los cuales en 1984 el ININ tenía 41, además de otros proyectos de menor importancia denominados tareas o servicios técnicos. De todos estos 22 eran de investigación aplicada;11 de investigación básica; 8 de ingeniería; 18 de infraestructura;10 eran estudios de factibilidad; y 38 eran servicios técnicos diversos. En total 107 actividades programadas y clasificadas, que hoy se han efectuado severamente. Por ejemplo, era aceptado que había unos proyectos prio-

38)Vale la pena mencionar brevemente, aunque sea, que muchas de estas unidades pretendieron ser ubicadas en un nuevo Centro de Investigaciones, absurdamente planteado originalmente para Pátzcuaro(11) y luego, muy al vapor, comenzado a construir en Hermosillo Sonora. Precisamente por la falta de coherencia y de sustento, este proyecto fué cancelado por esta nueva administración, que por cierto no desaprovechó la ocasión para agredir a los trabajadores, sobretodo a los de ese centro en Hermosillo.

ritarios como el Reacondicionamiento del Reactor TRIGA, luego de casi veinte años de funcionamientos sin que se le hubieran introducido las principales innovaciones del área; o como la fábrica de elementos combustibles o la unidad de ultracentrifugas, que también han visto afectadas sus actividades. Otras como la unidad de aplicaciones de técnicas nucleares para el estudio de la contaminación o el laboratorio de análisis por activación, el laboratorio de producción de radioisótopos, el laboratorio de raxos X de fluorescencia, la planta experimental de fabricación de agua pesada, la unidad de tratamiento de efluentes industriales, entre otros, todos son proyectos o actividades que se han visto severamente afectados porque han salido los técnicos e investigadores en que se sustentaban o porque por razones políticas la actual administración ha tenido hacia ellos un tratamiento discriminatorio, llegando en algunos casos a suspender las actividades desde hace más de quince meses.

Un total de 550 trabajadores han salido del ININ; con su salida se han visto afectadas las siguientes áreas: investigación de reactores, combustibles nucleares, acelerador, física de plasmas, electrónica y detectores, aplicaciones no energéticas de las radiaciones y los radioisótopos, procesamiento de datos y cómputo, planeación, talleres generales, apoyos administrativos y servicios generales. Esta salida representa un grave retroceso y un duro golpe para las tareas de investigación en el ININ y se ha justificado públicamente y privadamente, responsabilizando a los investigadores de la necesidad de este reajuste.

#### 4.2 Uranio Mexicano

Respecto a URAMEX -uno de los casos más dramáticos en cuanto a la arbitrariedad en la coordinación y conducción estatales del sector nuclear- antes de mayo de 1983 ya se daba razón de 15 mil toneladas de uranio como reservas probadas obtenidas luego de volar más de 60,000 km<sup>2</sup> del territorio nacional, de los cuales se habían digitalizado mediante normas de calidad para refinar la información más de 32 mil kilómetros cuadrados, cubriéndose para entonces -1982- 9,500 km<sup>2</sup> con reconocimiento geológico y radiométrico regional. Los estados con mayor potencial uranífero registrados entonces eran: Chihuahua (3,600 toneladas), Sonora (1,400 ton.), Durango (530 T.), Nuevo León (3,500 tons.), Oaxaca ( y otros estados (6,000 Tons.); la ley de estos yacimientos oscilaba entre 0.04% y 0.5% de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>. En cuanto a proyectos de beneficio, se contaba con los cuatro proyectos mencionados antes, todos en diversas etapas de avance: Peña Blanca en Chihuahua, Los Amoles en Sonora, La Coma en Nuevo León y el Proyecto UF-1 en conjunto con Fertilizantes Mexicanos. De estos el más avanzado era el de Peña Blanca, pues una vez probada su factibilidad se había iniciado la construcción de una planta de beneficio con una capacidad aproximada de 240 toneladas anuales de concentrados de U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>; por su parte el proyecto Los Amoles se encontraba en etapa de "prefactibilidad" que superada significaría una producción anual de 50 toneladas de concentrados de uranio; el proyecto de La Coma, asimismo, representaría 250 toneladas por año, siendo estos tres los principales proyectos de beneficio.

CUADRO 20: PRODUCCION Y DEMANDA ESTIMADAS DE URANIO (U<sub>3</sub>O<sub>8</sub>)  
Mexico 1983-1998

	A Ñ O S															
	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
<b>PROYECTOS</b>																
Peña Blanca, Chih.		230	230	230	230	230	230									
Los Añoles, Son.	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50						
La Coma, N.L.			250	250	250	250	250	250	250	250	250					
UF-1		150	150	150	150	150	150	150	150	150	150					
Subtotal	50	430	680	680	630	680	680	450	450	450	400					
Demanda Central Nucleoeléctrica de Laguna Verde, Plantas 1 y 2				190	340	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300
Almacén	50	480	1160	1650	1920	2370	2750	2900	3050	3200	3500	3000	2700	2400	2100	1800
Valor (106 \$ U.S.)	3	38	116	165	192	261	344	454	488	576	660	660	668	648	630	576

FUENTE: URAMEX, PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA URANIFERA NACIONAL, 1980

Globalmente los requerimientos para Laguna Verde representan 190 toneladas para el primer año de funcionamiento, 340 toneladas el segundo y a partir del tercero hasta cumplir los 30 años de operación, exigirá un recambio anual de 300 toneladas. Considerando que la vida productiva de los tres proyectos metalúrgicos especificados es de 10 años aproximadamente y suponiendo que se adquirieran en los próximos años uno o dos reactores más, es evidente el déficit de producción de recursos de uranio y, en consecuencia, el déficit de reservas probadas.

En adelante, una vez cerrado URAMEX y despedidos y liquidados todos sus trabajadores, corresponde al Consejo de Recursos Minerales y a la Comisión de Fomento Minero el satisfacer estos requerimientos en cuanto a reservas y producción.

El cierre de URAMEX, contra lo que se argumentó, disgregó una planta de recursos humanos capacitados muy importante. Cerca de 2,000 trabajadores distribuidos en el Distrito Federal, Chihuahua, Sonora, Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila, Durango, Oaxaca y San Luis Potosí, con un 15% con estudios profesionales y un 20% con estudios técnicos especializados, cubriéndose áreas como las de geología, minas y metalurgia (7%); química, ingeniería nuclear, física, ingeniería mecánica y eléctrica y matemáticas (6%); y, el resto, informática, prospección aérea, entre otras especialidades; todos ellos trabajadores con más de diez años de experiencia en las tareas mineras y en las actividades ligadas al desarrollo del ciclo del combustible, algunas de las cuales han quedado ahora bajo la responsabilidad directa de SEMIP.

#### 4.3 La Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias

Finalmente, el último organismo de los tres que han operado -dado que la Comisión Nacional de Energía Atómica jamás funcionó- es la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias conformada básicamente con personal del antiguo INEN y que se orientó desde su fundación en 1979, según señalan las informaciones oficiales, a actividades de asesoría, inspección, investigación y normatividad para el desarrollo y uso de la energía nuclear en México.

Sin embargo un hecho vergonzoso altera la normalidad en el funcionamiento de la CNSNyS: el extravío de unos balines de cobalto 60 de una planta de irradiación para usos médicos en Ciudad Juárez, Chihuahua que generó una situación de grave riesgo para un grupo importante de personas, en la medida que estos balines al ser abandonados en un cementerio de chatarra y posteriormente ser fundidos para la fabricación de varilla, significaron diversas dosis de irradiación en los edificios y casa en donde su utilizó la varilla. Se trata de un accidente que, por cierto, nunca fue satisfactoriamente resuelto.<sup>39</sup>

#### 4.4 Presupuesto Nuclear 1981-1985

En cuanto al presupuesto destinado al sector nuclear en los últimos cinco años, hemos de notar que los tres organismos mencionados

39) Alejandro Calvillo y María Teresa Velázquez, en su artículo: ¿dónde quedó la varilla?, publicado en CASA DEL TIEMPO, UAM, volumen 5, número 52, mayo de 1985, describen con bastante precisión y detalle este caso de los balines de cobalto 60 fundidos. También anejan un listado de otros accidente radioactivos, sobresaliendo el del niño que en 1962 encontró un fuente de rayos gammas olvidada o abandonada por alguien cerca de Hermosillo y que representó un grave drama familiar. Igualmente los mismos autores señalan que para el caso de Laguna Verde ni siquiera se ha comunicado nada respecto a estos riesgos, afirmando que es necesario exigir una información precisa a las autoridades, que por cierto, pocas veces o casi nunca se han tomado la pena de señalar con detalle estas circunstancias.

ejercieron un presupuesto global cercano a los 17 mil millones de pesos constantes de 1981, que sumados a los 33 mil millones destinados a Laguna Verde constituyen un presupuesto global cercano a los 50 mil millones de pesos constantes de 1981.

Globalmente este presupuesto experimentó severas caídas en 1982, 1983, 1984 y 1985: 33%, 37%, 50% y 17% respectivamente, lo que significa que la crisis económica implicó una severa retracción en este sector, superior a la retracción global de la inversión y el gasto públicos, y que se puede explicar, a manera de ejemplo, diciendo que el presupuesto asignado al área nuclear en 1984 apenas es ligeramente superior a la quinta parte del presupuesto asignado en el año de 1981.

CUADRO 21: GASTO ESTATAL EN ENERGIA NUCLEAR 1981-1985  
(millones de pesos constantes de 1981)

	<u>CFE-LV</u>	<u>URAMEX</u>	<u>ININ</u>	<u>CNSNyS</u>	<u>TOTAL</u>
1981	13,917	2,420	1,297	2,156	19,790
1982	8,724	1,832	1,241	1,900	13,247
1983	4,553	1,471	861	1,525	8,410
1984*	3,113	280	795	90	4,278
1985**	2,890	--	621	59	3,570

FUENTE: Elaborado con datos de los informes presidenciales de JLP y MMH, diversos años.

\*) Estimaciones sobre cifras oficiales; \*\*) Programado. Se utilizó el Deflactor Implícito del PIB, 1981=100.

La grave crisis económica que atraviesa el país no permite suponer que estos presupuestos se modifiquen sustancialmente, lo que entre otras cosas, pudiera representar un retraso todavía mayor de Laguna Verde, y una severa detención de algunas tareas de investigación y de exploración, explotación y beneficio del uranio.

## 5. El Estado y los energéticos

### 5.1 La Planeación energética en México

Tradicionalmente ha habido pocos ejercicios de planeación energética global en nuestro país. Además de los pronósticos elaborados periódicamente por la Comisión Federal de Electricidad para planificar sus instalaciones e inversiones (Programa de Expansión y Programa de Inversiones, PESE y POISE respectivamente), y de los balances energéticos que también periódicamente han establecido las autoridades energéticas del país a través de la misma CFE, de Petróleos Mexicanos, de la Comisión de Energéticos etc., realmente no fué sino hasta 1976, cuando nuestro país empezó a convertirse en potencia petrolera, que se empezó a insistir en la necesidad ya no únicamente de la formulación de programas o de la elaboración de balances, sino aun de la formulación de un verdadero Plan Nacional de Energéticos, que entre otras cosas, "tome decisiones en condiciones de incertidumbre, (dado que) afectarán a las futuras generaciones en forma importantísima e irreversible."<sup>40</sup>

En realidad la necesidad de planificación, no sólo energética, sino global, fué convirtiéndose en un ejercicio periódico implantado por el Estado mexicano, que tradicionalmente venía realizando un Plan Sexenal, y que a partir de 1975 empezó a diseñar, en el contexto de la campaña presidencial del candidato del Partido oficial (PRI) un "Plan Básico de Gobierno" (criterios y líneas), cuyo primer producto gubernamental fué el Plan Nacional de Desarrollo Industrial (1979) y el Plan Global de Desarrollo (1980), que a su vez precedieron al primer Programa de Energía (1980).

<sup>40</sup> Cfr. Viqueiras J., ¿Y DESPUES DEL PETROLEO ? (Necesidad de una política energética a largo plazo), edita mexicana. En realidad desde 1976 y 1977, diversos analistas y críticos comenzaron a insistir en la necesidad de planear la utilización de los energéticos. Varios artículos de los ingenieros Jacinto Viqueira y Heberto Castillo en este sentido se agruparon en una obra "LOS ENERGETICOS ...EL PETROLEO ¿Y NUESTRO FUTURO?, y fueron publicados en 1982 y muestran palmariamente esta necesidad.

### 5.1.1 Programa de Energía de 1980

Desde su aparición en noviembre de 1980, el Programa de Energía desencadenó un conjunto de comentarios y discusiones que, al menos aparentemente, superaban el ámbito de lo energético, en la medida que el programa de Energía proponía, de hecho, una alternativa de rearticulación de la acumulación en México a través de la opción por lo que entonces se llamó, "escenario de exportación limitada de hidrocarburos". Precisamente por esto, el Programa de Energía tuvo más repercusiones de lo que ordinariamente se pudiera esperar, aunque, contradictoriamente, también se vio inmerso en un cierto vacío, pese a que los sectores "progresistas" del gobierno y diversas corrientes nacionalistas, incluso de la izquierda, lo aplaudieron y celebraron, en la medida que representó, como luego veremos, un triunfo, al menos momentáneo, sobre la alternativa del capital financiero. Así pues, las repercusiones y el vacío se explican por diversas razones: 1) en primer lugar el contexto en el que se publica el Programa de Energía; 2) en segundo lugar por el carácter político del documento, en torno al cual, como hemos dicho, se articuló un importante bloque de fuerzas; 3) en tercer término por la forma en que se presentan sus objetivos, supuestos y proyecciones fundamentales; 4) en cuarto término porque en él se define, como expresión del triunfo de una fracción de la burguesía, la plataforma petrolera, limitando la exportación a 1.5 millones de barriles de petróleo al día; 5) en quinto lugar porque definida la Plataforma Petrolera, se amplía su definición y sus implicaciones, hacia la opción de un escenario particular como estrategia de rearticulación y reestructuración del

capitalismo mexicano que desde fines de los sesenta había mostrado signos de crisis;<sup>6</sup>) y, finalmente, en sexto lugar, porque el Programa de Energía también presenta una opción cuestionable sobre el proceso de diversificación energética, es decir, se sustitución de los energéticos tradicionales -hidrocarburos- por fuentes alternas para redefinir una nueva estructura de la oferta de energía en México.

a) El contexto del Programa de Energía

Aunque la alternativa de reestructuración y modernización del capitalismo mexicano comenzó a principios del sexenio de Luis Echeverría, no fué sino hasta las manifestaciones de la crisis en 1976 que se redefinió y replanteó dicha reestructuración. A diferencia de las manifestaciones de crisis de 1971, en 1976 los efectos de las contradicciones internas se conjuntaron con la situación internacional, mostrando signos evidentes de una crisis estructural que implicaba una radical transformación de la configuración particular de la reproducción de capital en México, como hemos señalado en la primera parte de este capítulo. Orecisamente por esto, el régimen de López Portillo debió asumir -independientemente de las características personales de la burocracia política del momento- una perspectiva de reestructuración y de planificación del desarrollo nacional. Asumiendo las tendencias recesivas de la acumulación en escala mundial, era preciso reactivar la economía nacional, reagrupando a los diversas fracciones del bloque dominante que a finales del sexenio de Echeverría habían exacerbado sus contradicciones.

La mejor expresión de esta necesidad de reestructuración la proporciona la ploriferación de planes y programas "nacionales": Plan Nacional de Desarrollo Industrial; Plan Global de desarrollo; Sistema Alimentario Mexicano; que constituyen la expresión más nítida de los esfuerzos y la finalidad del Estado mexicano por rearticular globalmente el capitalismo mexicano. De manera particular el Programa de Energía surgió como expresión final, al menos por el momento, de la disputa entre dos fracciones del bloque dominante, que no era sino expresión de una contradicción más amplia y profunda: "la existente entre la crisis estructural por la que pasa el capitalismo mexicano y la necesidad de superación de la misma de acuerdo a los intereses hegemónicos de la burguesía monopolista y financiera, por una parte, y por otra, el contenido populista y semicorporativo del Estado y el sistema de dominación en México."<sup>41</sup> Esta contradicción se catalizó en la disputa por la definición de la utilización de los hidrocarburos y, consecuentemente, de la renta petrolera que esos años empezó a canalizarse hacia nuestro país.

Sólo hasta mediados de 1980, el Presidente José López Portillo definió, por primera ocasión y en la ciudad de Guadalajara, los límites de la Plataforma Petrolera que a fines de ese mismo año con mayor precisión establecería el Programa de Energía: se optó por lo que se dió en llamar "explotación petrolera gradual y controlada según la capacidad de utilización real de las divisas petroleras en la estructura económica nacional: agrícola, industrial, comercial, de servicios."<sup>42</sup>

41 )Toledo Alejandro, LAS TRANSFORMACIONES DEL ESTADO MEXICANO, en Teoría y Política No.10, abril-junio 1983

42 )Cfr. Comentarios publicados en la prensa nacional de las declaraciones de Adrián Lajous, Director de Energía de SEPAFIN, a propósito del Programa de Energía, en el Foro de Discusión realizado en el Colegio Nacional de Economistas el 13 enero 1981.

Sin embargo, desde que se definió la Plataforma Petrolera, comenzaron a desplegarse diversas presiones para alterarla y ampliar el margen de exportación de crudo -no limitándolo a 1.5 millones de barriles al día-, entre ellas la presión del entonces candidato electo a la Presidencia de Estados Unidos, Ronald Reagan, que planteaba la conveniencia de que México ingresara al GATT y ampliara su plataforma petrolera, incluso exportando mucho más crudo a los Estados Unidos, tanto para su consumo habitual, como para la reserva estratégica-lo que a fines de 1981 y mediados de 1982 sucedió aunque sin modificar el volumen global de exportaciones. Pero también se presionaba en el contexto de la sucesión presidencial, que solo hasta septiembre de 1981 se definió, descartándose de manera absoluta al Director de PEMEX hasta junio de 1981, Jorge Díaz Serrano, siempre favorable a una ampliación de las exportaciones y que en virtud de los acontecimientos de junio de 1981 -disminución de los precios del crudo mexicano antes que cayeran en el mercado internacional- fué relevado de su cargo.<sup>43</sup>

Así, por el contexto, el Programa de Energía se constituyó en uno de los elementos políticos fundamentales del régimen de José López Portillo y, sin exagerar, del mismo Estado mexicano, quien pese a todo ha seguido algunos de sus lineamientos básicos, reafirmados en el Programa Nacional de Energía 1984-1988, promulgado por Miguel de la Madrid el 13 de agosto de 1984.

---

43) Desde luego que la razón de la caída de Díaz Serrano no fué el "adelantarse" en bajar los precios de los hidrocarburos. Se trata, en todo caso, de un detonador de una situación de contradicciones cada vez más fuertes entre las diversas fracciones de la burocracia estatal y sus nexos-pertenencias con diversas fracciones de la burguesía agudizadas en ocasión del hecho más controvertido del sistema político mexicano: la sucesión presidencial.

b) El pre-texto del Programa de Energía

Así caracterizado, el Programa de Energía, resulta ser un pre-texto para expresar una opción política de definiciones económico-sociales, plasmadas en un documento básicamente técnico. Se trata de la opción de un sector de la burocracia estatal que plantea formas y mecanismos de interrelación con el capital monopolista financiero privado para, a su vez, redefinir y establecer los lineamientos estratégicos de la reestructuración del capitalismo mexicano, intentada desde 1970-1971 por Echeverría. A nivel de su discurso este sector plantea la modernización del aparato productivo nacional, aspira a la soberanía e independencia nacionales y se plantea la necesidad de una creciente distribución del ingreso en orden a atenuar los conflictos sociales que han hecho crisis recientemente en el país. Además defiende el fortalecimiento del Estado, pugnando, incluso, por una creciente participación en la producción y en la circulación, declarándolo gestor esencial del "proyecto nacional, democrático, popular e independiente", planteado por la Revolución Mexicana. Finalmente se trata de un sector que pugna por la alianza con el movimiento obrero organizado, con los sectores y clases populares, desde luego que ambos corporativizados y controlados en las centrales oficialistas del partido en el poder, para plantear con ellos el llamado pacto social para modernizar la configuración concreta de la estructura económica y social de México pero con una creciente distribución del ingreso.

Se trata, además, del sector que impulsó y concretó la nacionalización bancaria, considerándola una acción emancipadora y en torno a la cual se catalizan las corrientes más importantes del reformismo de izquierda, tradicionalmente ligado al sector energético por la

relación que al interior de la Tendencia Democrática de los trabajadores electricistas desarrollo esta izquierda reformista, que representada de manera privilegiada en los dirigentes nacionales del Sindicato Unico de Trabajadores de la Industria Nuclear (SUTIN) y del Sindicato Unico de Trabajadores Universitarios (SUNTU), promueve, en el fondo, un socialismo de Estado, justificando el fortalecimiento estatal en todos los órdenes: administrativo, financiero, productivo, comercial, considerando que merced a este fortalecimiento se "ponen" en manos nacionales las decisiones importantes del país, valiéndose para ello de la tradición legal nacionalista y del apoyo de las clases populares.

Precisamente la fracción o sector mencionado de la burocracia estatal y el reformismo de izquierda promovieron y defendieron el Programa de Energía y sus lineamientos, señalando que se trataba de un Programa de corte popular nacionalista que debía ser apoyado por los sectores populares.<sup>44</sup> La alianza de estos sectores se plasmó en la defensa del denominado escenario B del Programa de Energía -que consideraremos luego- y que, efectivamente resultó triunfante, al menos por ese momento.

En contra de esta opción, plasmada en el escenario B, se agrupó otro sector de la burocracia política, que defendió el escenario A -que también consideraremos luego- y que planteaba una forma distinta de relación con el capital financiero monopolista. Se trata de una opción que en esos momentos fué encabezada por Jorge Díaz Serrano, director de PEMEX en esa coyuntura, y que más tarde se opondría radicalmente a la nacionalización de la banca.

<sup>44</sup>) Diversos nombres de tecnócratas del régimen están ligados a la defensa del escenario B: Jaime Corredor (asesor de JLP), Vladimiro Brailovsky (Director de Política Industrial de SEPAFIN); René Villarreal (actual Sub-Srio de Comercio); Adrián Lajous (Director de Energía de SEPAFIN, acyalmente alto funcionario en PEMEX); Fco. Javier Alejo (ex-secretario de SEPAFIN); Jesús Puente Leyva (diputado); desde luego L.A. de Oteyza, con quienes se ligan nombres como el de Antonio Ponce, Arturo Whaley, Antonio Chersenson, José Blanco, Pablo Pascual, Eliezer Morales, que defendieron a capa y espada el Pr. de Energía.

Simplificando un tanto pudiéramos decir que esta segunda opción- la del escenario A- y de otro sector de la burocracia estatal, es la conformada por el nuevo tipo de político mexicano, de menor tradición militante, más administrativo, en contra del populismo e incluso del corporativismo del Estado mexicano, en tensión permanente, al menos relativa, con algunas de las grandes centrales obreras (CTM ciertamente), surgido en ocasiones de los grandes consorcios privados monopolistas y financieros, promotores de la eficiencia, la modernización y la austeridad y que, de hecho, han encabezado el proceso actual de reestructuración del capitalismo mexicano, no sin antes redefinir alianzas con los sectores corporativizados del Estado, con los dirigentes de la burocracia sindical oficialista y, desde luego, con el capital monopolista y financiero nacional e internacional. <sup>45</sup>

Podemos decir, en síntesis, que entre otros programas, el Programa de Energía fué pre-texto y circunstancia para agudizar este enfrentamiento al interior del Estado, aunque de manera particular la izquierda reformista consideró que estaba en juego una lucha popular auténtica a la que debían sumarse las organizaciones populares y la izquierda en general.

c) El texto del Programa de Energía de 1980

En el Programa de Energía se plantea el problema energético- origen y destino de la energía- en el contexto del desarrollo económico nacional. Se declara, además, la urgencia de orientar y definir el marco de la toma de decisiones respecto al futuro de la economía nacional, en virtud de cuatro factores específicos, propios del

<sup>45</sup> Para una profundización mayor tanto en la caracterización de los dos sectores de la burocracia estatal, como de sus opciones y perspectivas, pueden verse los artículos de Rivera M.A., LA BANCARROTA DE LA POLÍTICA ECONOMICA DEL REFORMISMO, en Teoría y Política No.11, julio-diciembre de 1983 y Toledo Alejandro, Op.Cit. en Teoría y Política No10.

ámbito energético: 1) los largos periodos de "maduración" de las decisiones del sector; 2) las dificultades para la renovación, modernización y diversificación tecnológica del mismo; 3) la inflexibilidad relativa de los patrones de demanda energética; 4) la evolución de los costos en el contexto de una economía mundial en recesión e inflación. Por eso, el Programa explicita su intencionalidad de plantear metas para el decenio de los años ochenta y establecer proyecciones hasta el año 2,000 formulando, incluso, algunos planteamientos que incursionan en el próximo siglo.

El Programa de Energía reconoce implícitamente que con los energéticos: su origen y su destino, está en juego una definición en torno a la nueva configuración del desarrollo nacional y el nuevo carácter que debe asumir la tradicional alianza entre el Estado y los diversos sectores sociales.

Por otra parte, y en la medida que el Programa de Energía incursiona en una perspectiva de largo plazo, distingue dos etapas básicamente diferenciadas por la utilización que se haga en ellas del petróleo: en una primera se utilizaría como instrumento financiero y en una segunda como "palanca" para el desarrollo e instrumento privilegiado para la transformación estructural de la economía. Así pues, el Programa de Energía pretendió ser un instrumento articulado con otros, para consolidar la economía nacional y acceder a la autodeterminación financiera, sobre la base de un desarrollo energético racional y diversificado.

Ahora bien, aunque articulado con otros programas, el Programa de Energía representaba una opción más madura del Estado mexicano, situación que se explicitó en la presentación: "los diversos planes y programas y proyectos en ejecución, valiosos en sí mismos, cobran ahora nueva dimensión y deben afinarse en función de cicho marco (Programa de Energía)... Tal es el caso, desde luego, del Plan Nacional de Desarrollo Industrial, sujeto además a la actualización que impone el curso de los acontecimientos reales, tanto nacionalmente como en el ámbito internacional, al cabo de casi dos años de su preparación"<sup>46</sup>. Presentaba, además, una concepción redefinida del tránsito y la reestructuración de la economía nacional, hacia una etapa de "industrialización autosostenida": "Este concepto es clave no sólo en el Programa de Energía, sino en los objetivos y finalidades del Plan Global de Desarrollo y de los demás planes y subprogramas. Se entiende por ella la creciente capacidad de expansión y crecimiento productivos cada vez menos dependiente de los hidrocarburos."

En síntesis el Programa de Energía se propuso "racionalizar la expansión de la producción y el consumo de energéticos en función de las necesidades de crecimiento económico equilibrado, captando los recursos derivados de la explotación petrolera para destinarlos a actividades prioritarias: industrialización, desarrollo regional y sector externo". Por ello se propuso también "planificar la satisfacción de las necesidades energéticas nacionales, racionalizando el uso de los hidrocarburos y diversificando las fuentes de energía primaria, todo en orden a acceder a una eficiencia energética que permita un crecimiento y un desarrollo nacionales más autónomos y sostenidos para acceder a una satisfacción de las necesidades mínimas de la población".

46) En todos los casos de textos entrecomillados, se toman o se comentan partes de textos del Programa de Energía, 1980.

c.1) La plataforma petrolera del Programa de Energía de 1980

Los planteos fundamentales que definen la PLATAFORMA PETROLERA son los siguientes nueve:

I) La plataforma petrolera tiene como punto de apoyo fundamental la proyección y previsión de la demanda energética del país, tanto para 1990 como para el año 2,000, aunque de éste sólo se hacen consideraciones más generales (Pr. de En. N. 24, i)

II) La Plataforma se establece limitando las exportaciones de crudo y de gas natural:

- 1.5 millones de barriles diarios de petróleo.
- 300 millones de pies cúbicos de gas al día. (PE.N.25)

III) Previendo variaciones en los precios internacionales de los hidrocarburos, la Plataforma definida señala que en cualquier caso los ingresos por exportaciones no deben sobrepasar el 50% de los ingresos corrientes de divisas. (PE.N.25)

IV) En cuanto a la diversificación del comercio exterior, el volumen de exportaciones mexicanas de hidrocarburos no podía concentrarse en un monto superior al 50% en un sólo país (léase Estados Unidos) (PE.N.26, i).

V) Y en cuanto al destino, se debía cuidar que la participación mexicana en el volumen de hidrocarburos totales importados por los destinatarios no superara el 20%. Sólo en el caso de Centroamérica y el Caribe la participación se podía elevar al 50% (PE.N.26, ii).

VI) Con una hipótesis de reservas no descendentes o una extracción anual por debajo de un límite técnico (aquel que no ponga en riesgo el abasto interno), se planteó el ajuste de la producción y las exportaciones para evitar que el déficit en cuenta corriente de balanza de pagos excediera el 1% del PIB (PE.N.34,i)

VII) Pero con una hipótesis de reservas descendentes o una extracción anual por encima de un límite técnico (similar al del numeral anterior), lo que se ajusta es la tasa de crecimiento de la economía, en orden a que el déficit en cuenta corriente de balanza de pagos no superara el 5% del PIB (N.34,ii)

VIII) El nivel crítico se fija, precisamente, cuando las reservas permitan 15 años de vida de los hidrocarburos, dado un determinado volumen de extracción anual. (PE.N.35)

IX) Finalmente y de forma independiente a la política de extracción, la producción máxima de petróleo y gas no podrá exceder en período alguno una cifra total de entre 8 y 10 millones de barriles diarios de crudo equivalente (PE.N.36)

#### c.2) Los dos escenarios energéticos

Con propósitos aparentemente "ilustrativos" (ya hemos aclarado que son propósitos políticos), el Programa de Energía analiza las implicaciones de dos escenarios alternativos de explotación y exportaciones, a fin de establecer criterios respecto a los niveles de exportación de hidrocarburos que adopta dicho Programa.

Los escenarios fueron elaborados a través de proyecciones basadas en un conjunto de supuestos, algunos de los cuales son comunes a ambos, en tanto que otros son específicos de cada uno.

c.2.1) Los supuestos comunes

Estos se refieren al contexto internacional en el que tendría que desenvolverse la economía mexicana, estimándose que se trata de un marco muy poco propicio para el crecimiento del comercio, y que no ofrecía perspectivas de recuperación inmediatas. Igualmente para ambos escenarios se supuso que el precio internacional de los hidrocarburos aumentaría en términos reales a una tasa anual de entre 5% a 7% hasta el año 2,000.

c.2.2) Supuestos específicos

Dentro de toda una amplia gamma de supuestos sobresalen tres: 1) las políticas respecto al comercio exterior de manufacturas; 2) el crecimiento de las ramas prioritarias; 3) el comportamiento de la demanda interna de hidrocarburos.

c.2.3 Primer Escenario (Escenario A)

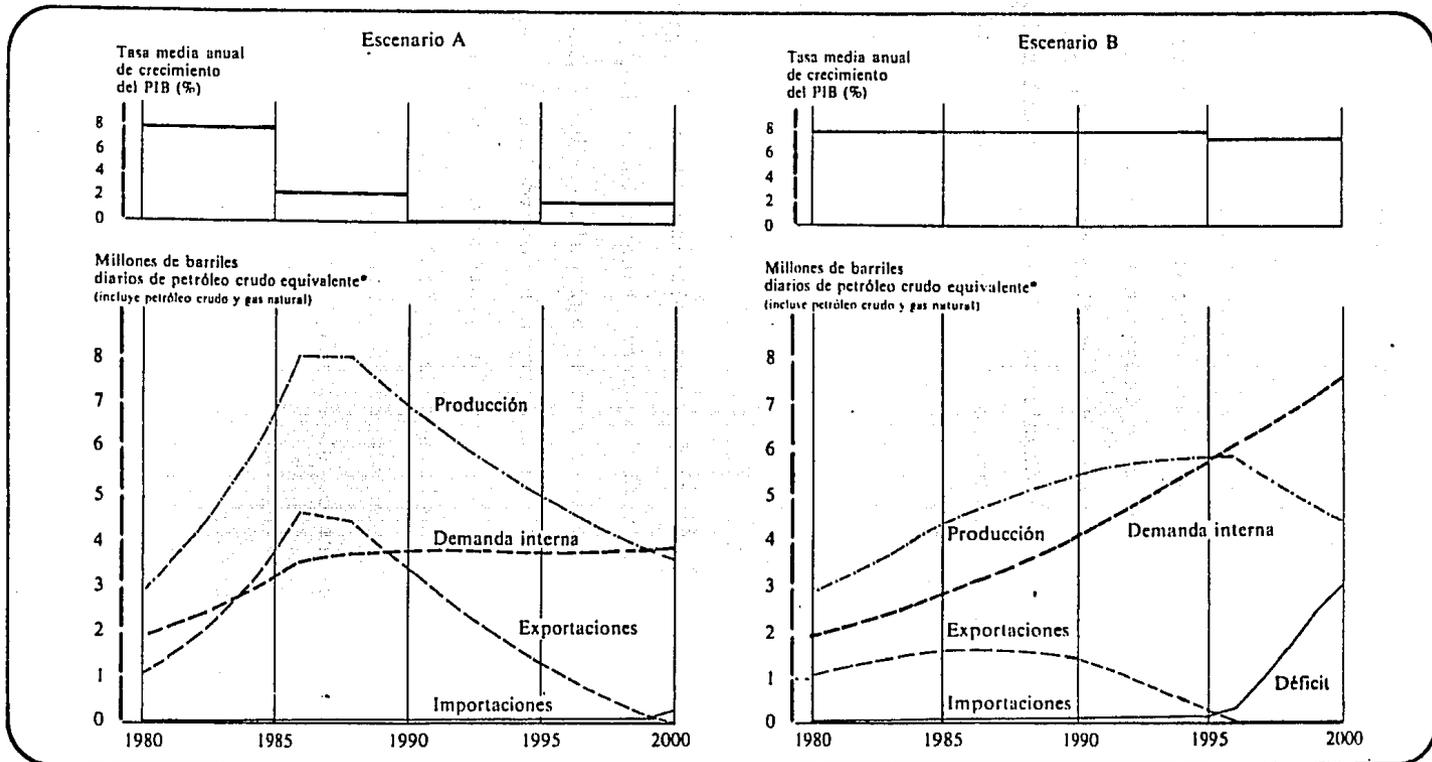
En este primer escenario, el defendido por Díaz Serrano, se supuso que continuaría el deterioro de la posición externa de las ramas no petroleras, es decir, que el petróleo se constituiría en el principal apoyo de la economía a largo plazo. Así, este escenario implicaba elasticidades altas de las importaciones manufactureras frente a la demanda, del orden del 2.5 durante los primeros periodos para ir descendiendo paulatinamente. Este escenario implicaría también, el que a largo plazo habría una leve disminución de la demanda interna de hidrocarburos, con la posibilidad de que para el año de 1990 se pudiera exportar un volumen de hidrocarburos tres o cuatro veces superior al determinado en 1982, pese a que

ya para la segunda mitad de los años ochenta, no se alcanzaría la tasa de crecimiento del PIB: 8% anual. Además, los desajustes creados en el resto de la economía serían tan profundos y las necesidades de divisas tan cuantiosas que enfrentarían límites a la extracción de hidrocarburos antes de terminar el decenio de los ochenta. Es decir, para esos años se llegaría a producir entre 8 y 10 millones de barriles diarios de petróleo equivalente, lo cual sería incompatible con los objetivos a largo plazo del país. Lo sustancial de este escenario era la elevación inmediata y máxima de las exportaciones de petróleo -aprovechando el mercado- y su disminución, luego de una estabilización en 4.5 millones de barriles diarios.

#### c.2.4 Segundo Escenario (Escenario B)

Este escenario planteaba una política de exportación limitada de hidrocarburos en base a una política orientada a fortalecer a la industria y a recuperar a la agricultura del estancamiento en que se encontraba. El escenario B consideraba la necesidad de adoptar una política activa de protección, que permitiera substituir importaciones de bienes de capital y otros insumos, y que evitara el aumento de las compras al exterior de bienes de consumo de origen manufacturero. El escenario B aceptaba que en un primer momento aumentaría el nivel de las importaciones ya que se requería traer del exterior la planta y el equipo necesarios para establecer sólidamente una rama productora de bienes de capital, lo que en un segundo momento haría disminuir las importaciones de manera considerable y permitiría una mayor penetración en los mercados externos, debido a los incrementos en la productividad y la in-

GRAFICA 1: Crecimiento económico y producción de hidrocarburos  
Proyección con reservas totales de 60 mil millones de barriles



Secretaría de Patrimonio y Fomento Industrial

La gráfica ilustra las implicaciones a largo plazo de dos escenarios alternativos de política económica. Ambos consideran las actuales reservas probadas de hidrocarburos, aunque los resultados no cambian fundamentalmente si se incluyen también las reservas probables. El escenario A supone el deterioro de la posición externa de las ramas no petroleras, lo que hace necesario elevar la exportación de hidrocarburos para cubrir el déficit de balanza de pagos y sostener de esta manera el crecimiento económico. Sin embargo, bajo este escenario, ya desde la segunda mitad de los ochentas se enfrentarían limitaciones a la producción de petróleo y gas, lo que impediría seguir elevando su exportación. Para preservar la vida de las reservas, dicha producción tendría incluso que descender. Mantener el déficit externo dentro de márgenes financierables requeriría, en consecuencia, reducir el crecimiento de la economía para abatir las importaciones de bienes y servicios. En cambio, el escena-

rio B plantea una política económica como la adoptada por el presente gobierno, que se orienta a fortalecer a la industria y a recuperar del estancamiento a la agricultura. En este caso, para satisfacer las necesidades de divisas de una tasa de crecimiento del 8 por ciento a largo plazo, sería suficiente la exportación de 1.5 millones de barriles diarios de petróleo y 300 millones de pies cúbicos de gas natural al día, ya que otros sectores productivos harían la contribución complementaria. Aunque la producción de hidrocarburos seguiría aumentando, ello serviría para nutrir la expansión de la demanda interna, lo que incluso podría generar a finales de siglo un déficit de energía a cubrirse con importaciones u otras fuentes. Para ese entonces, no obstante, se habría completado la transición hacia una economía industrial autosostenida y hacia una estructura energética diversificada.

FUENTE: SEPAFIN, PROGRAMA DE ENERGIA, MÉXICO 1980

roducción de nuevos procesos y nuevas líneas de producción. Este escenario suponía el cumplimiento tanto del Plan Nacional Industrial como del Sistema Alimentario Mexicano, y en cuanto a la demanda interna de hidrocarburos y en virtud de las políticas de ahorro y diversificación que el Programa planteó, se supuso que la demanda interna se reduciría progresivamente hasta ser inferior a la unidad en el largo plazo. Además, bajo el supuesto del desarrollo industrial y de una mayor exportación de productos manufacturados, este escenario se planteó de manera congruente con los niveles de exportación fijados (1.5 MBD y 300MP3D), en orden a lograr que sólo hasta finales de siglo el país se pudiera enfrentar a un agotamiento de sus reservas petroleras, precisamente por lo cual sería fundamental, el impulso a la diversificación energética, con un énfasis en la fuente que en el corto plazo podría sustituir masivamente a los hidrocarburos: la energía nuclear.

### c.3) La diversificación de las fuentes de energía en el Programa

Sobre un análisis de la oferta futura de energía, el Programa enfatiza la urgencia de diversificar las fuentes de generación de energía, con un cuidado especial y un énfasis particular en los recursos renovables: hidráulica, sobretodo.

Para el Programa la sustitución gradual pero decidida de los hidrocarburos en el patrón de generación de energía primaria en el país, suponía el dominio y el control de las fuentes alternativas de energía, algunas de las cuales ya empezaban a ser utilizadas en México. Pero en virtud de los recursos naturales que posee el país y dados los largos períodos de maduración de los proyectos energéticos, era nece-

sario el fortalecimiento del desarrollo tecnológico en los campos geotérmico, nuclear y solar, pese a que esta última alternativa se le conceda menor importancia en el orden industrial.

Las proyecciones y programaciones fueron, básicamente las siguientes:

CUADRO 22 :PROYECCIONES DE LA OFERTA DE ENERGIA(PE-1980)

FUENTE	1979	1990	
		<u>Proy. Base</u>	<u>Proy.Programa</u>
Carbón	4.1%	4.8%	8.5%
Petróleo	58.0%	61.9%	58.2%
Gas Natural	29.5%	30.9%	26.9%
Hidráulica	6.2%	4.2%	4.7%
Geotermia	0.3%	0.4%	0.4%
Nuclear	-	1.3%	1.5%
Importaciones	1.9%	3.5%	0.2%

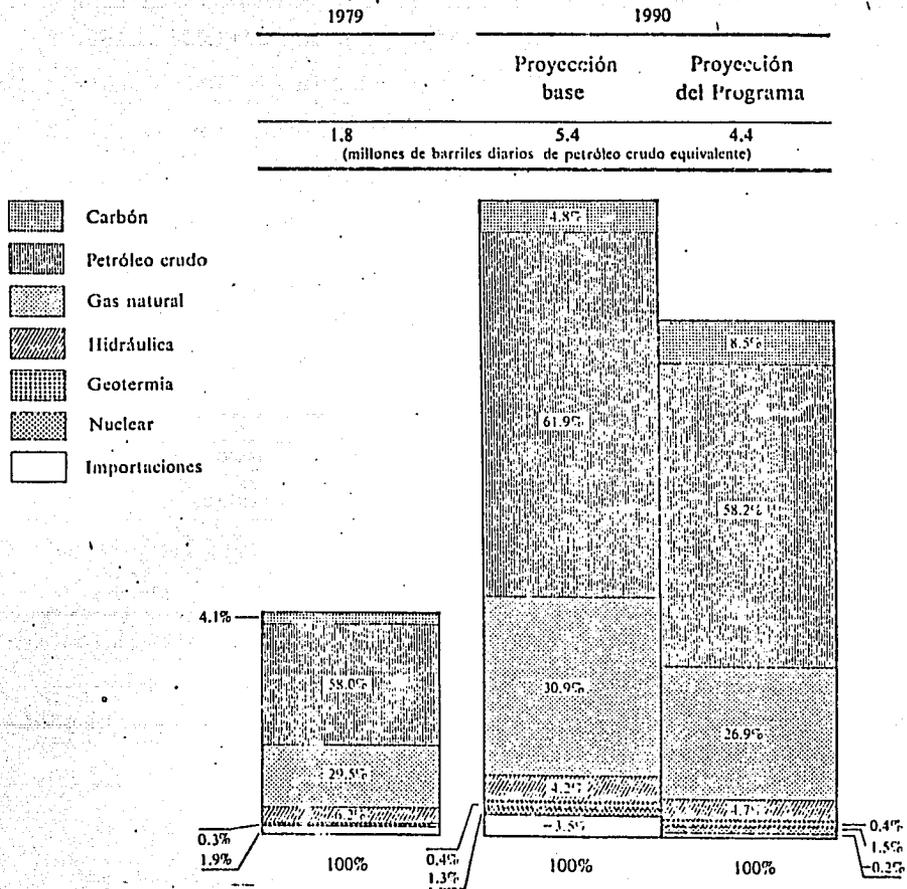
FUENTE:SEPAFIN,Programa de Energía,México 1980

Las proyecciones base se formularon de acuerdo a las tendencias energéticas mostradas hasta 1979, sin contar una adecuación en base a un programa de ahorro; y las proyecciones del Programa supusieron un ahorro planificado y un mayor desarrollo de las fuentes alternativas:carbón, hidráulica, nuclear, sobretodo en la generación de energía eléctrica.

Como complemento el Programa señalaba la necesidad de profundizar la diversificación para el año 2,000, umbral del agotamiento creciente de los hidrocarburos, urgiendo una definición para que en base a ella se fortaleciera la relación entre los sectores energético e industrial, en orden a una participación nacional creciente en la estructura tecnológica e industrial del sector energético.

GRAFICA 2

ESTRUCTURA DE LA OFERTA DE ENERGIA PRIMARIA CON DESTINO INTERNO,  
 POR PRINCIPALES FUENTES  
 MEXICO 1979-1990



Fuente: Programa de Energía, Secretaría Patrimonio y Fomento Industrial México 1980.

#### c.4) La Electricidad

Respecto a la electricidad el Programa destacó tres características importantes de esta industria: 1) su rápido crecimiento durante un período relativamente largo, pues los últimos veinte años 1960 a 1980, la generación eléctrica había crecido a una tasa media anual del 10%, superior en 1.6 veces al crecimiento del producto, lo que implicó duplicar la generación de electricidad cada 7 años<sup>47</sup>; 2) la considerable dimensión absoluta del sistema interconectado, lograda una vez que se unificó la frecuencia del sistema central a 60 ciclos, entre 1971 y 1976 y que integró el sistema central con los sistemas interconectados del norte y del sur; 3) el hecho de que la industria eléctrica depende cada vez más de los hidrocarburos-70% de la generación bruta- que exigió el consumo del 50% del combustible, el 10% del diesel y el 12% del gas producidos por PEMEX en 1979. Y en función de estas características se propuso extender al máximo el servicio de electricidad pues en 1980 20 millones de personas no tenían acceso a ella, propiciando la diversificación creciente, la participación de la industria nacional en la fabricación de equipos eléctricos y el estricto cuidado en el mantenimiento de la planta eléctrica instalada.

Concretamente se plantearon dos metas: 1) mantener una reserva del 15% como reserva bruta de potencia, calculada al mes de diciembre de cada año, dado que es el período mensual en que se alcanza la demanda máxima (PE.N.101); 2) mantener un 5% como reserva bruta de energía, calculada al mes de mayo, fecha en que el nivel de las presas hidroeléctricas tiende a ser más bajo. (PE.N.101).

47) Ha de notarse que el servicio de alta tensión -industrial- creció mucho más rápido que el crecimiento medio de la industria eléctrica: por encima del 11% los últimos veinte años.

GRAFICA 3: SISTEMA INTERCONECTADO MEXICANO  
(Potencia disponible)



FUENTE: Comisión Federal de Electricidad, 1983

Luego, el mismo Programa analizó los recursos energéticos, planteando algunas proyecciones respecto a diversificación energética del país. Precisamente estas proyecciones y esta situación respecto a los recursos energéticos, constituyen tanto un presupuesto como un resultado de un ejercicio periódico de planeación energética que en particular la Comisión Federal de Electricidad realiza y reformula periódicamente y que constituye el denominado Plan de Expansión del Sector Eléctrico (PESE), que a su vez es fundamento del Programa de Inversiones del Sector Eléctrico (POISE). El primero se conforma de un conjunto de estudios de planeación de los sistemas eléctricos de México para el mediano y largo plazo, de los cuales "se obtienen políticas y lineamientos generales para el desarrollo del Sector Eléctrico en un horizonte de 20 a 25 años (al año 2,000), y que presentan los siguientes aspectos: necesidades de energía y potencia, los programas necesarios de construcción de plantas, líneas de transmisión y equipo de transformación y los programas de inversiones para el equipo mencionado y las conclusiones correspondientes." 48

48) Cfr. Comisión Federal de Electricidad, PLAN DE EXPANSION DEL SECTOR ELECTRICO, diversos años. Este plan de expansión del sector eléctrico (PESE) ha intentado, con un éxito relativo por las metodologías utilizadas, diseñar la evolución del sistema eléctrico para "adelantar" las inversiones y requerimientos técnicos necesarios para un sistema energético que satisfaga las exigencias del desarrollo económico, en virtud de que las inversiones energéticas tienen, como la misma CFE señala con frecuencia "largos plazos de maduración". Según la CFE, la planeación considera las "relaciones existentes entre los sectores económicos, productivos y sociales con el propio sector de generación de electricidad, ... considerando diferentes hipótesis de desarrollo económico y de la población." (Cfr. PESE, 1978). En realidad el ejercicio de planeación de la CFE, y en general del sector energético de México, se reduce a combinar con mayor o menor detalle, diversas hipótesis del crecimiento económico combinadas con diversas hipótesis de crecimiento de la población: 4.5%, 5.5% y 6.5% para el primer caso y 3.2%, 3.1% y 2.7% para el segundo, o cifras similares. Y sobre estas cifras se aplican tres métodos de pronóstico global: 1) un método que relaciona el consumo de energía eléctrica per cápita, con el producto nacional per cápita; 2) un segundo, similar al anterior, que incluye la probabilidad de ocurrencia de las hipótesis y la dispersión en el ajuste de los datos históricos; 3) un tercer método, finalmente, que relaciona el consumo de energía eléctrica en un año, con el Producto Interno Bruto del mismo año y el consumo de energía eléctrica del año anterior. En realidad, como podemos ver, la metodología de planeación de la CFE, por más afinada que esté, desde el punto de vista estadístico, no considera ni la evolución cíclica de la economía, que afecta desde luego el desenvolvimiento energético, ni, mucho menos, las variables que definen dicho comportamiento cíclico.

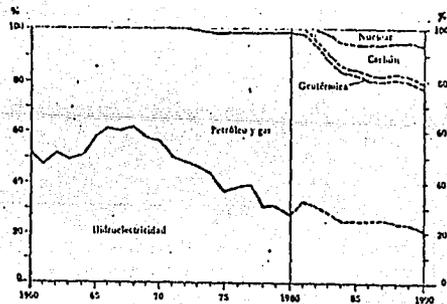
**CUADRO 23 : PRONOSTICOS DE ELECTRICIDAD 1980-1990**

Demanda máxima bruta (MW)							
Área	Cifras históricas		Proyección		Tasa media de crecimiento anual		
	1975	1980	1985	1990	1974/75	1981/80	1990/85
<b>Total</b>	7,615	11,261	20,642	35,367	8.1	12.9	11.3
Central	2,612	3,519	5,315	7,631	6.1	8.5	7.4
Oriental	1,491	2,290	4,233	6,773	9.0	13.6	14.3
Ocidental	2,111	1,833	3,009	6,400	9.0	16.1	11.3
Norste	756	1,195	2,559	4,423	9.6	16.5	14.0
Norte	418	703	1,301	2,101	6.8	11.3	10.1
Noreste	440	810	1,670	3,235	13.6	14.5	14.1
Tijuana-Mexicali	307	451	691	1,201	8.0	14.6	6.2
Península	119	307	483	859	11.7	16.5	12.3
La Paz	14	52	127	222	20.0	21.6	11.1
Proyección Sistema	39	60	14	23	-6.7	-21.2	10.1

Energía necesaria bruta (GWh)							
Área	Cifras históricas		Proyección		Tasa media de crecimiento anual		
	1975	1980	1985	1990	1974/75	1985/80	1990/85
<b>Total</b>	41,327	62,490	113,216	200,150	8.7	13.1	11.6
Central	13,630	18,974	28,106	40,170	6.8	8.2	7.4
Oriental	6,519	12,367	23,257	36,017	7.7	15.4	14.7
Ocidental	6,161	10,235	21,209	37,813	11.0	15.4	12.2
Norste	4,595	7,225	15,415	25,240	9.5	16.0	12.7
Norte	2,355	4,052	7,615	12,820	7.7	10.4	10.0
Noreste	2,473	4,902	9,302	18,114	14.7	13.7	14.3
Tijuana-Mexicali	1,475	2,675	5,324	6,028	7.1	20.9	5.0
Península	501	1,606	2,394	4,309	13.3	17.1	12.5
La Paz	60	261	725	1,173	20.9	22.7	10.1
Proyección Sistema	312	563	59	97	-8.1	-23.0	10.5

FUENTE:CFE,GERENCIA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA PRELIMINAR,Desarrollo el Mercado Eléctrico 1974-1988,México 1981

**GRAFICA 4 :EVOLUCION DE LA ESTRUCTURA DE GENERACION (Proyecciones)**



FUENTE:ENERGETICOS,Boletín Informativo del Sector Energético, Año 5, No.9, Septiembre de 1981

c.5) El caso específico de la energía nuclear

Para el Programa de Energía, incluso una política adecuada de ahorro<sup>49</sup> y diversificación de energía implica, en algún momento, un déficit energético, pese a todo, que no podrá ser satisfecho por la vía de los hidrocarburos- dada la definición de la Plataforma, que además de limitar exportaciones, limita producción-. Por ello se planteó la necesidad de la diversificación. Aquí entra la energía nuclear. Se considera que para 1990, la energía nuclear debería generar el 1.3% de la electricidad en una perspectiva que no contemple el ahorro proyectado o hasta un 1.5% en una perspectiva en la que se satisfagan la metas en cuanto a ahorro. Se trata de un cálculo considerando, entre otras cosas, el costo del kilowatt hora generado, en precios de 1979, que para el caso nucleoelectrico es de 52 centavos.

CUADRO 24 : COSTOS ESTIMADOS DE GENERACION ELECTRICA  
(pesos de 1979 por KWh)

	Geotérmica	Carboeléctrica	Hidroeléctrica	Nucleoelectrica	Combustible
TOTAL	0.37	0.47	0.48	0.52	0.69
Inversión	0.25	0.18	0.44	0.32	0.12
Explotación	0.12	0.07	0.04	0.05	0.04
Combustible*	-	0.22	-	0.15	0.53

FUENTE:SEPAFIN, PROGRAMA DE ENERGIA, México 1980.

\*) De 1979 a 1982 el precio interno del combustible se mantuvo en 2.5 Dll. por barril, aproximadamente, en tanto que a nivel internacional la cotización era de 21.5 Dll. por barril, lo que da, efectivamente un diferencial muy grande.

49) Precisamente en cuanto a ahorros y subsidios, el Programa plantea metas de racionalización y conservación de energía. Considerando que la relación entre el crecimiento de la demanda interna de energía en relación al crecimiento del PIB es de 1.7% (superior a los períodos 1965-1970 y 1970-1975) plantea disminuir esta relación a un 1.0%, suponiendo incluso la disminución de la unidad de energía por unidad de PIB, medidas en litros de petróleo crudo equivalente por dólar de 1978, que para el caso de México fué de 0.8. Los ahorros programados más significativos son: el propio sector energético, que en 1979 captaba el 35% de la demanda interna; la industria, que participa con un 25% en la demanda; transporte, con un 24%; estos tres sectores deberían ahorrar, para 1990, un 15.7%, 22.3% y 18.5% respectivamente, es decir, modificar la tendencia en esas proporciones respectivas.

Otras consideraciones respecto a la energía nuclear son las siguientes: 1) se hace aparecer a la energía nuclear como la opción que a nivel internacional constituye la gran opción, indicando, paradójicamente, que la gran opción para México es la geotermia (Cfr. Presentación de José Andrés de Oteyza); 2) Se reconoce, efectivamente, que México se encuentra retrasado respecto a la opción nuclear y que es necesario considerarla más seriamente; 3) Se señala que el primer reactor de Laguna Verde entrará en funcionamiento en 1983 y el segundo hasta el año de 1984, lo que proporcionará una capacidad de 1,300 MWe, planteándose como meta para el año de 1990 la instalación de otra central nuclear equivalente a Laguna Verde<sup>50</sup> lo que sumará para dicho año una capacidad nucleoelectrica de aproximadamente 2,500 MWe, cuatro veces más que la capacidad geotérmica y una tercera parte menos que el carbón. Además, para el año 2,000 se plantea una proyección de instalar 20,000 MWe nucleares.

Por otra parte, el Programa de Energía considera que una de las tareas más importantes en el área nuclear es la asimilación de la tecnología para lo cual afirma la necesidad de construir plantas y en ese proceso acelerar la capacitación del personal que se encargaría de la transferencia tecnológica y de su adecuación.<sup>51</sup> Finalmente se evita el pronunciamiento por una tecnología de reactores: uranio natural y agua pesada (CANDU canadiense) o uranio enriquecido y agua ligera (PWR o BWR de Westinghouse y General Electric respectivamente).

<sup>50</sup>De hecho en septiembre de 1981 se autorizó la convocatoria al segundo concurso nuclear internacional de México, que planteó la adquisición de dos reactores equivalentes en capacidad a Laguna Verde, concurso que debió cancelarse por la agudización de la crisis. (Cfr. 2.3 pp.50 y 51 )

<sup>51</sup>Un estudio muy exhaustivo realizado por personal del Consejo Técnico Consultivo del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares-Grupo de Recursos Humanos-señala que un programa de 20,000 MW para el año 2,000 plantea una "demanda de recursos humanos muy fuerte, ... y representa una fracción apreciable del personal producido por el sistema educativo nacional, fracción que se incrementa conforme se eleva el nivel de los recursos humanos." Y que, en particular, "para el nivel de especialistas e investigadores, LA DEMANDA ES EXCESIVA RESPECTO A LAS POSIBILIDADES NATURALES DEL SISTEMA (Subrayado nuestro)". ..lo que frenaría la transferencia de tecnología varios años.

### 5.1.2 Programa Nacional de Energéticos 1984-1988

Sin haberse realizado una evaluación, al menos abierta y conocida, el régimen de Miguel de la Madrid desechó el anterior Programa de Energía y promulgó el Programa Nacional de Energéticos 1984-1988 que se constituiría como el segundo planteamiento estatal en torno a las estrategias y orientaciones del sector energético. En realidad se trataba de una consecuencia obvia en la medida que la fracción dominante en el gobierno de Miguel de la Madrid, ya sin Díaz Serrano que había sido encarcelado, era precisamente la desplazada en el anterior régimen. Precisamente por ello se consideraba que el nuevo Programa de Energéticos vendría a romper la autolimitación de la anterior Plataforma Petrolera, fenómeno que no se dió y que en términos del mismo programa se formuló así: "...la presente Administración ha adoptado una política seria y responsable en materia de exportaciones petroleras, se ha impuesto una autodisciplina en este ámbito para coadyuvar a la estabilidad en el mercado de hidrocarburos y ha iniciado un proceso sistemático de diálogo y consultas con los principales países productores y consumidores, para actuar coordinadamente en defensa de los intereses nacionales" (Pr.En.p. 16<sup>52</sup>). En realidad, lo que el Programa planteó es la clara conciencia que tenía ya para estos momentos el Estado mexicano respecto al papel de México en el mercado internacional de hidrocarburos y respecto al significado financiero de la riqueza petrolera mexicana. Por eso, reformuló los objetivos energéticos del anterior Programa señalando ocho objetivos: 1) Autosuficiencia energética; 2) Aportación de divisas e ingresos fiscales, apoyando el desarrollo industrial y promoviendo la modernización; 3) Coadyuvar al desarrollo social del país.

<sup>52</sup>) Las citas entre paréntesis corresponden a las páginas del Programa de Energéticos 1984-1988.

4) Ahorrar energía y promover su uso eficiente; 5) Alcanzar un balance energético más racional; 6) Fortalecer la autodeterminación y el avance tecnológicos en el sector energético y en el país; 7) Lograr un sector más eficiente y más integrado; 8) Contribuir al fortalecimiento del mercado mundial de hidrocarburos. (Pr.Ener. pp.57-58).

Y para el logro de estos objetivos se plantearon tres grandes líneas estratégicas: 1) Productividad, señalada como requisito indispensable para superar los problemas estructurales de la economía; 2) ahorro de energía, ya no solamente dependiente de un esquema de precios y tarifas, sino de la aplicación de medidas técnicas, financieras y de comunicación social; 3) diversificación energética, planteando la necesidad de sustitución de algunas fuentes de generación, principalmente los hidrocarburos, considerando las reservas de cada fuente, los costos de inversión y operación de las centrales, la complementariedad necesaria entre centrales de base y de pico, los costos de distribución y las pérdidas por conducción eléctrica, el grado de autodeterminación tecnológica que pueda lograrse en cada fuente, y el contenido importado en las fases de construcción y operación. (Pr.Ener. pp. 61 a 65). Se condieró, además, que el sector energético, estratégicamente, debía vincularse más a la economía, impulsándola a través de la reorientación de la demanda, del desarrollo tecnológico y del apoyo a las actividades que utilizan insumos producidos por el sector, cuidando siempre los aspectos regionales y ambientales. (Pr.Ener. pp.65 a 67). Finalmente, dentro de la estrategia general energética, el Estado se ha propuesto tener una participación activa y responsable en el mercado mundial de hidrocarburos. (Pr.Ener. pp.67 y 68).

La estrategia se diseñó para dos etapas: la primera de consolidación del sector energético 1983-1988 y la segunda de diversificación y cambio tecnológico: 1989-2,000.<sup>53</sup>

Múltiples, diversos y prolijos son los señalamientos que el Programa Nacional de Energéticos formula respecto a los lineamientos de acción que agrupa en ocho rubros: 1) producción y productividad, orientado a mantener un ritmo de crecimiento de la oferta energética compatible con los requerimientos del aparato productivo y de los consumidores; 2) exploración, que tendrá por finalidad profundizar la evaluación del potencial energético nacional y ampliar el horizonte de las reservas; 3) ahorro y uso eficiente de energía, buscando hacer más eficientes todas las fases del proceso energético; 4) diversificación energética, para alargar el horizonte de los recursos energéticos nacionales e iniciar una transición energética más ordenada, estructurando un balance energético más racional; 5) investigación y desarrollo, para fortalecer la vinculación de la investigación científica y tecnológica con los objetivos del sector energético; 6) reestructuración financiera de precios y tarifas, para lograr un manejo y una evolución económicas y financieras sanas del sector energético, no negando la posibilidad de subsidios, pero estableciéndolo sobre la base de nuevas prioridades; 7) relaciones con el exterior en materia energética, sobre todo en materia petrolera, para cuidar el carácter financiero de las exportaciones de crudo y actuar responsablemente en el mercado mundial; 8) desarrollo social y regional, para incorporar las dimensiones social y regional en la evolución del sector energético. (Pr, Ener., pp 79 a 93)

53) En realidad no se acaba de superar la perspectiva sexenal, sin entender que la dinámica de la acumulación no "respetó" sexenios, pese a que estos representan una circunstancia privilegiada para revisar la política económica estatal. Por lo pronto, en lo que respecta al período 1983-1988, será difícil la consolidación del sector energético.

En cuanto a metas, el Programa Nacional de Energéticos 1983-1988 reformula las establecidas en el anterior Programa de Energía, reformulación que, implícitamente, tiende a reconocer no sólo la situación de crisis desencadenada desde junio de 1981, con la caída de los precios internacionales de los hidrocarburos, sino la imposibilidad de inducir cambios en poco tiempo tanto en la oferta de energía como en su consumo. Por ejemplo, de tasas de consumo del 6.6% para el período 1984-1988, el Programa plantea proyecciones de disminución de un punto: 5.0% a 5.5%; y de tasas de participación de los hidrocarburos en la oferta del orden del 93% el Programa plantea disminución de uno o dos puntos: 90% a 92% sobre la base de unas propuestas de diversificación en base a carbón y nucleoelectricidad. Finalmente, en cuanto a ahorro, igualmente se estima una disminución en el consumo del orden de uno a dos puntos: 7% a 9% de ahorro. Similares proyecciones y estimaciones se formulan respecto a la evolución de la capacidad instalada de electricidad y respecto a la producción y venta de petrolíferos. Pero a diferencia del anterior Programa, éste formula proyecciones con márgenes diversos de tolerancia y variación, estableciendo en todos los casos las posibilidades de que las metas se reformulen y adecúen a la evolución real de la economía y del mercado mundial de energéticos. (Pr. Ener. pp. 99 a 113).

a) Lo nuclear en el Programa Nacional de Energéticos 1983-1988

A diferencia del anterior Programa, este destina muchas líneas y muchas referencias a analizar el panorama nucleoelectrico internacional y a formular las propuestas programáticas respecto a es-

ta alternativa, de larga historia y pocos éxitos en nuestro país.

a.1) Lo nuclear en el diagnóstico del P.E.

El Programa señala que aunque la energía nuclear y la hidroelectricidad tuvieron avances importantes después de la Segunda Guerra Mundial, el balance energético mundial evolucionó hacia una creciente dependencia de una sola fuente de energía, el petróleo, y se desarrollaron patrones de consumo distorsionados que propiciaron un uso excesivo de ese producto (p.25). Como ejemplo cita el balance de los países de la OCDE, que se diversificó incrementando la participación de otros energéticos de origen local: gas, carbón y energía nuclear (p.28). En cuanto a reservas energéticas mundiales señala que mientras que las reservas de hidrocarburos (convencionales) se incrementaron solamente un 23% de 1973 a 1981, en el mismo período el carbón se incrementó un 124% y el uranio 425%, y sus demandas respectivas se incrementaron 9%, 20% y 300% en el período indicado (p.30). Igualmente constata las variaciones respecto a las estimaciones energéticas futuras, indicando que la energía nuclear podría alcanzar para el año 2,000 entre el 8% y el 11% y la hidroenergía y otras fuentes entre el 9% y el 11% (p.36).

Respecto a la situación nacional señala los recursos energéticos existentes (Ver Cap.IV.C.2) y la existencia de importantes proyectos de diversificación, así como la existencia de centros de investigación que pueden impulsar el desarrollo tecnológico del sector energético. Particularmente respecto al desarrollo nuclear, el Programa formula que ha habido avances modestos, formándose una infraestructura de recursos humanos con capacidad en ingeniería, en construcción, en investigación y desarrollo de reactores, combustibles y materiales.

En torno a los recursos de uranio, el Programa indica la existencia de 14,500 toneladas de las cuales solamente 10,600 presentan posibilidades de extracción, reservas que, por lo demás, serán destinadas a Laguna Verde en un 60%, restando recursos probados para instalar otros 1,000 MWe nucleares. Explícitamente el Programa reconoce los adelantos logrados por Uranio Mexicano, sobretodo en la formulación de proyectos minero-metalúrgicos para la explotación y beneficio del uranio, aunque también reconoce que falta mucha proyección para estimar la magnitud real de las reservas uraníferas(p.44)

a.2)Lo nuclear en los objetivos del P.E.

Sin mencionarse de manera explícita, lo nuclear está inscrito en los objetivos del Programa de Energéticos, al orientarse a garantizar la autosuficiencia energética, alcanzar un balance energético más racional y fortalecer la autodeterminación y el avance tecnológicos(p.57-58).

a.3)Lo nuclear en la estrategia del P.E.

Lo nuclear participa coadyuvando a disminuir la participación relativa de las termoeléctricas convencionales en el balance energético nacional. Por ello, se indica, se continuarán los trabajos de Laguna Verde, previéndose la puesta en operación de la primera unidad en 1986. Se indica también la necesidad de realizar estudios para sentar las bases de desarrollos futuros de la nucleoelectricidad, precisándose, concretamente, que en este sexenio se iniciará la construcción de otra central nuclear.

Como planteo novedoso se señala que la diversificación hacia la generación nucleoelectrónica se realizará a un ritmo congruente con las posibilidades financieras del país, pues se trata de una alternativa ineludible, por ser una fuente que proporciona energía en forma masiva y cuya importancia a largo plazo se irá ampliando. Además, el Programa proyecta que una vez retomado el ritmo de desarrollo en la energía nuclear, se asegure la continuidad requerida para elevar paulatinamente el grado de integración nacional se logre el necesario abaratamiento de costos, así como el acortamiento en los tiempos de maduración de los proyectos (p.64). Respecto a las reservas, se considera que constituyen un factor estratégico esencial, por lo que se concentrará la exploración en fuentes como el carbón, los hidrocarburos y el uranio. (p.64 y 65). Finalmente se considera estratégica la operación eficiente de los institutos de investigación del sector: Mexicano del Petróleo, de Investigaciones Eléctricas y Nacional de Investigaciones Nucleares, así como estratégica también su vinculación con el sector industrial para aumentar la participación nacional en los proyectos energéticos. (p.66 a 69).

a.4) Lo nuclear en los lineamientos de acción

Se plantea mejorar la eficiencia y la productividad de las actividades nucleares para determinar las reservas de uranio del país y continuar con el programa de construcción de las dos unidades de Laguna Verde. Además, se plantea la meta de realizar los estudios de factibilidad necesarios para la construcción de nuevas unidades, reforzando la participación tecnológica e industrial nacionales. Más expli-

citamente se indica la urgencia de reforzar la formación de recursos humanos especializados y las actividades de investigación y desarrollo en ciencia y tecnología de reactores y combustibles. (p.83). Paralelamente se señala la necesidad de fortalecer el sistema nacional de seguridad nuclear y salvaguardias, concluyendo los programas de prevención de deterioros ambientales y de contingencias, desarrollando la infraestructura para resguardar los desechos radiactivos que resulten de la quema del combustible nuclear en Laguna Verde. Una mención especial se dedica a las actividades del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, al cual se le sigue considerando importante en la evolución nacional del área nuclear.

a.5) Las metas en lo nuclear en el P.E.

Se señala que en el período 1984-1988 se incrementará la capacidad eléctrica instalada en 7,900 MWe, de los cuales un 16% -1264 MW de Laguna Verde- serán nucleares. (p.104), lo que significa que este régimen se ha propuesto terminar Laguna Verde pese a la situación de crisis; más aún, se ha propuesto iniciar la construcción de una nueva central (p.112). Esto coincide plenamente con lo planeado por la Comisión Federal de Electricidad, pese a que en diversas ocasiones se señaló que en virtud de la crisis y dada la dinámica regresiva de los precios internacionales del petróleo, obras como la de Laguna Verde, al menos en su segundo reactor, podrían ser suspendidas. Concretamente la CFE ha redefinido la fecha de puesta en operación de Laguna Verde: fines de 1987 para el primer reactor y mediados de 1988 para el segundo reactor.

## 5.2 Crítica a la planificación energética estatal

Efectivamente el Programa de Energía representa una opción del Estado mexicano respaldada por una fracción importante de la burocracia política mexicana y que, por su contexto, se presenta en oposición a otra fracción de la misma burocracia política y en el momento en que ambas fracciones buscan relegitimarse y replantear tanto su alianza con el sector monopolista financiero del capital mexicano e internacional, como su alianza con las organizaciones oficialistas de control popular que han sustentado el carácter corporativizado y populista del Estado mexicano. Por el momento en que se presenta y por su objeto, representa uno de los documentos programáticos más importantes que haya producido el Estado mexicano, a diferencia, por ejemplo, del mismo Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, que surge y se aprueba en otro contexto nacional, económico y político, cuando han sido redefinidas las alianzas básicas al interior del Estado y del capital mexicano y de estos con el capital financiero internacional, que, entre otras cosas, han permitido el fortalecimiento del régimen de Miguel de la Madrid, la imposición del proyecto de austeridad y de agresión a los trabajadores más radical que se haya aplicado los últimos años del desarrollo mexicano y, finalmente, la renegociación de una deuda externa global cercana a los 100 mil millones de dólares, circunstancias que han permitido que el actual bloque en el poder se mantenga con la mayor estabilidad posible.

En el momento en que se aprobó el primer Programa de Energía nuestro país empezaba a vivir la "superación" de la crisis de 1976, experimentando un comportamiento que entonces se denominó "consolidación con crecimiento" y que se presentaba luego del "segundo shock petrolero" ocasionado por la elevación de los precios internacionales de los hidrocarburos en un 127% en dos años-1979 y 1980- y que permitió que nuestro país captara cerca de 22,000 millones de dólares en 1980 y 1981, antes de que bajaran nuevamente estos precios -junio de 1981- y que tendieran a bajar también los ingresos petroleros de México: 15,622 millones de dólares en 1982; 14,821 millones en 1983; y 14,968 millones en 1984. Otra característica importante del momento en que se aprobó dicho Programa, además de las que hemos presentado en el "contexto", es la creencia oficialista respecto a una situación de "abundancia" que debía ser administrada, y en torno a la cual se reconoció que el petróleo sería, precisamente, la "palanca" del desarrollo autosostenido, un desarrollo que, ingenuamente, se pretendía expresarse en tasas de crecimiento superiores al 8%, al menos hasta el año de 1990. Pero también en 1980 se empezó a acentuar la caída de la producción real de los países industrializados -tasas inferiores al 3.5%-; e igualmente de los países exportadores netos de petróleo y de los países de bajos ingresos, semiindustrializados y en vías de desarrollo. Pero, efectivamente también, había una tendencia al alza del volumen de recursos dinerarios disponibles en el mercado mundial: de 121 mil millones de dólares disponibles en 1980 se pasó a 201 mil en 1981; 180 mil en 1982; 160 mil en 1983 y, nuevamente, 230 mil millones de dólares en 1984, montos acompañados de una leve modulación a la baja de las tasas de interés.

La publicación del Programa de Energía de 1980 coincidió también con la elección de Reagan como Presidente de los Estados Unidos; con un replanteamiento generalizado de la política impulsada por los países industrializados; con un comportamiento muy desigual en cuanto a la evolución de la productividad de estos países industrializados -evaluada en términos de los índices de producción industrial, capacidad utilizada y evolución de la mano de obra-.

Hoy, cinco años después, existe una opinión más clara respecto al carácter y significado de ese Programa: siendo un primer ejercicio de planificación estatal del desarrollo energético y realizado en un contexto sumamente complejo y contradictorio respecto a la evolución de la acumulación en México, el Programa significa un diseño optimista respecto al carácter de la reestructuración de la acumulación en México, que asumiendo un modelo sustancialmente economicista en la medida que ignora el comportamiento de los agentes sociales involucrados, no se inscribe en el marco de las tendencias internacionales -económicas, energéticas y socio-políticas-, ni señala las condiciones de posibilidad y las contradicciones que puede generar el tránsito hacia una fase energética y económica distinta en el país, al ignorarse las tendencias objetivas que conforman un comportamiento cíclico de la economía, con crisis recurrentes, algunas de ellas, como la actual, de una profundidad tal que exige una reestructuración global y generalizada del patrón de reproducción social y de los mecanismos de gestión estatal y control político general.

El Programa de Energía de 1980 fracasó globalmente, aunque logró influir y, de hecho, determinar la política de exportación de crudo. Este Programa nunca dejó de ser un mero Programa gubernamental en la medida que no fué asumido por la burguesía en su conjunto; incluso no fué asumido por la burocracia política en pleno. Además, por su carencia de ubicación respecto a las tendencias internacionales devino en programa un tanto ingenuo y un tanto optimista, la ingenuidad y el optimismo propios de un nacionalismo progresista que sostiene aún el proteccionismo, la intervención complementaria del Estado en todas las esferas sociales, la gestión estatal de la moneda, la ampliación ininterrumpida del gasto público, el aumento de impuestos, en general la intervención del Estado en la economía como instrumento esencial de tránsito hacia una forma más desarrollada de la reproducción social.

No se dió el crecimiento programado; ni la industrialización autosostenida; ni fueron satisfechas las necesidades mínimas de la población. Si, en cambio, se aceleró la sobreacumulación de capital a la que hemos hecho referencia en el apartado 1 de este capítulo. Más aún, y precisamente cuando las exportaciones de petróleo se elevaron aceleradamente, la deuda externa se elevó con mayor rapidez, sosteniéndose simultáneamente un tipo de cambio que benefició a importadores y especuladores, muchos de ellos prominentes miembros de la burocracia política. De una deuda de 23 mil millones de dólares en 1978, se llegó a una deuda de 59 mil millones en 1982, llegando al absurdo de contratar en 1981 una cantidad cercana a los 20 mil millones de dólares, con un alto porcentaje de recursos pagaderos en el corto plazo.

En virtud de los ingresos petroleros se logró, pues, una sobrevaluación del peso frente al dólar, poniéndose a disposición dólares baratos que se aprovecharon en importaciones de todo tipo, no sólo en las definidas como "prioritarias" para el desarrollo autosostenido, lográndose con ello que los artículos tradicionales del contrabando fueran expuestos y comercializados en los grandes almacenes legales.

Del Programa de Energía sólo se respetó, en cierto sentido, la Plataforma Petrolera; pero este respeto se dió en un período en el que la producción mundial de petróleo cayó un promedio de -7% anual -entre 1979 y 1982- acumulándose en 1983 una caída en la producción del 20% respecto a 1979, caída que, sin embargo, es mucho menor a la de la OPEP: casi un 50% pues producía 31 millones de barriles diarios en 1979 y ahora sólo produce 16 millones diarios, como una forma de frenar la caída acelerada de los precios que en estos momentos de 1986 ha hecho crisis. Es decir, que mientras la OPEP disminuyó casi un 50% su producción, otros países y regiones se han encargado de mantener un nivel de producción alto que impida, al menos en la coyuntura, una recuperación de los precios: esos países han sido, básicamente, Noruega, Inglaterra y México.

Y en torno al Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, podemos señalar que, efectivamente, está elaborado con mucho mayor atención a las tendencias internacionales, económicas, energéticas y políticas, traduciendo mucho más eficientemente la opción actual del régimen por el liberalismo económico, por la crisis misma como mecanismo de ajuste, por la supresión -al menos relativa- del proteccionismo.

Efectivamente, el Estado mexicano es mucho más conciente hoy del nivel y grado de interrelación de la economía nacional con la economía mundial, cuya evolución y crisis padecida desde los años finales de la década de los sesenta y principios de los setenta, han mostrado que la "resolución" de las contradicciones propias de la forma actual de desarrollo no podrá darse con el conjunto de medidas típicas del keynesianismo -sea de derecha o de izquierda-, y que un reajuste substancial del desarrollo económico mundial exige, ante todo, la revaluación del Estado como garante de la reproducción social en su conjunto y, concomitantemente, la revalorización de la "lógica objetiva" del desarrollo económico, de la acumulación como solución a la crisis.

Según la nueva concepción, ahora dominante en México con el régimen de De la Madrid- se trataría de racionalizar la intervención del Estado que la concepción keynesiana privilegia, sobretodo la intervención estatal en la circulación monetaria pero redefiniendo no sólo la articulación interna del Estado, sino también su articulación con la economía en su conjunto, buscando, incluso, una menor intervención directa en ésta, aunque simultáneamente se busque una mayor intervención y participación en la concurrencia mundial para gestionar los intereses globales del capital que opera en nuestro país, teniendo, desde luego, en el petróleo uno de los instrumentos más importantes de negociación en ese espacio junto con la deuda externa, que paradójicamente de presión ineluctable se ha ido convirtiendo en instrumento de negociación de la burguesía y el Estado mexicanos, con el capital financiero internacional.

La renovada concepción estatal pone por delante, pues, el concepto y el objetivo de austeridad, redimensionando el gasto público y su

orientación precisa, tratando de reducir al máximo los costos de producción de la economía con un énfasis en la depresión salarial y en las transformaciones administrativo-jurídicas que permitan el "relanzamiento" de la economía. Hoy el Estado mexicano exalta las libres tendencias de la economía, el liberacionismo, la austeridad. Y esta estrategia ha llegado y está presente en el sector energético, del cual el Programa Nacional de Energéticos 1984-1988 es un fiel reflejo. Este Programa tiene, en el fondo, un sólo objetivo: preparar la transición -incluso promoverla- hacia una nueva fase energética que comporta y supone la reestructuración de la reproducción social en México, siendo conciente -a diferencia del anterior- que será tecnológicamente complicado, financieramente complejo y económicamente imposible lograr una diversificación energética en los próximos años y que sólo superada la crisis podrá pensarse seriamente en la instalación de un patrón energético diverso al actual, prácticamente dependiente de los hidrocarburos. Pero si esta es la preocupación en el ámbito interno, a nivel externo preocupa la mayor o menor lucidez estatal para articularse en el mercado mundial energético, siempre buscando el mayor provecho financiero del petróleo, cuidando no enfrentarse a la OPEP pero tampoco subordinarse a ella por el riesgo de las implicaciones para la relación bilateral con los Estados Unidos del que, se diga o no, constituimos la reserva energética estratégica privilegiada.

En cuanto a la planeación de "lo nuclear", sobresale no sólo la ingenuidad sino la improvisación y la carencia absoluta de una reflexión crítica sobre esta fuente "civilizada" tan controvertida y problemática.

Se ha tenido la "ingenuidad" de proyectar la instalación de 20,000 MWe nucleoelectrónicos para el año 2,000 cuando la primera experiencia nucleoelectrónica de instala dos reactores de 650 MWe cada uno en Laguna Verde lleva no menos de quince años y cuenta con un retraso de más de ocho años y unos costos, aunque los funcionarios afirmen lo contrario, inmensamente superiores a los programados.

Acaso el segundo programa, el de 1984-1988, plantea con un poco más de realismo las expectativas estatales respecto a esta fuente de generación, al señalar desarrollos mucho más modestos.

Pero también hay que señalar la improvisación y la carencia absoluta de una reflexión crítica porque, ignorando la evolución cíclica y recurrentemente crítica de la acumulación, se toman decisiones "urgentes" en un ámbito donde, precisamente, sólo el tiempo puede aclarar dudas, resolver insuficiencias, capacitar personal, acumular fondos de financiamiento, garantizar los procesos de transferencia de tecnología y la participación de la industria, a más de lograr una información veraz, oportuna y confiable sobre los riesgos, ventajas, dificultades y logros de esta fuente energética. Y, finalmente, carencia de una reflexión crítica porque no sólo no se ha evaluado a fondo y frente a la opinión pública la experiencia desastro a de Laguna Verde, sino que ni siquiera se ha analizado con seriedad las dificultades que en el ámbito internacional ha enfrentado esta industria y sus experiencias particulares, incluido el creciente movimiento social de oposición y los crecientes sesgos militaristas -en realidad nacidos desde su origen mismo- que involucran al mundo entero cada vez más interrelacionado, entrelazado e interdependiente.

La mejor muestra de esta ingenuidad, de la improvisación y de la absoluta carencia de reflexión crítica ante una fuente energética de la que el Estado mexicano sólo habla bondades<sup>54</sup>, es la historia de la legislación nacional en materia nuclear, que manifiesta efectivamente, la irresponsabilidad del Estado frente al desarrollo nuclear en particular y el proceso de diversificación energética en general.

### 5.3 La legislación nuclear de México<sup>55</sup>

Los primeros señalamientos y acciones legislativas en materia nuclear se remontan al mes de agosto de 1945, al mes de octubre de 1946 y al mes de diciembre de 1949, fechas de una declaración, un decreto y una Ley, señalando que los yacimientos de minerales radiactivos se incorporaban a las reservas mineras nacionales y que en el marco del artículo 127 constitucional, correspondía al Estado mexicano su exploración, explotación, uso y utilización. De manera más precisa el Reglamento de la Ley del 31 de diciembre de 1949 indica que la Comisión de Fomento Minero sería la entidad responsable por parte del Estado de dicha explotación, situación que se soslayaba al otorgar concesiones y contratos dicho Comisión.

54) Esta responsabilidad -la de hablar sólo "bondades"- puede atribuirse a un grupo muy identificado de funcionarios de los sectores energético, eléctrico y nuclear, que con el tiempo se han ido convirtiendo en verdaderos socios de los negocios nucleares en nuestro país, en particular de la costosa y desastrosa experiencia de Laguna Verde. Se trata de funcionarios a quienes el desarrollo y la profundización del Capitalismo de Estado les permite una capitalización creciente de sus beneficios, fruto de sus ingresos altísimos o de sus latrocinios-, lo que es posible a su vez, por la extensión y "aceptación normal" del soborno, el contubernio, etc.

55) Esta parte ha sido realizada con fundamento en un trabajo colectivo realizado junto con Carlos Flores y Enrique Medellín en los meses previos a la promulgación de la última Ley Nuclear que prácticamente terminó con nuestra organización sindical el Sindicato Unico de Trabajadores de la Industrias Nuclear, diciembre de 1984.

Una segunda fase de la legislación nuclear mexicana se origina el 19 de diciembre de 1955, día en que fué aprobada la Ley que creó la Comisión Nacional de Energía Nuclear, misma que comenzó a impulsar más decididamente tanto las tareas de la industria minera del uranio como las actividades de investigación en ciencia y tecnología nucleares. Pero incluso durante esta fase, el capital privado podía participar en las tareas de la industria minera del uranio, situación que con los años sería cuestionada principalmente por el Sindicato Unico de Trabajadores de la Industria Nuclear, organización que nació en 1964 como Sindicato de la Comisión Nacional de Energía Atómica (SUTCNEN)

Los 17 años de vida de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) no hubo cambios legales sustanciales; sí en cambio, dieron comienzo varias obras de impulso al desarrollo nuclear de México, entre ellas la construcción de la primera central nuclear ya mencionada: Laguna Verde, la construcción del Centro Nuclear de México (1968), la adquisición del equipo más importante con que se cuenta en México para la investigación nuclear: un reactor TRIGA MARK III y un Acelerador Tandem Van der Graaf, entre otras. Sólo hasta diciembre de 1972 la CNEN se transformó en Instituto Nacional de Energía Nuclear mediante el decreto del 13 de enero de 1972, decreto en el que se incluyeron algunos cambios fundamentales respecto a la legislación anterior.

Efectivamente y por primera vez en México, la legislación se formula en torno a todas las actividades del ciclo del combustible nuclear, que incluye, desde luego, la industria minera del uranio, pero que agrupa también las labores de fabricación de combustibles, el proceso de enriquecimiento, el reprocesamiento de combustibles irradiados y el manejo de desechos radiactivos. Igualmente se introducen lineamientos en torno a la seguridad nuclear y se empieza a hablar de

diseño y construcciones, máxime cuando se había confirmado la construcción de Laguna Verde y se hablaba y discutía en torno a la participación nacional en dicho proyecto. En esa ocasión y como fruto de una lucha del SUTCNEN, convertido a partir de esa ley en SUTINEN, se cerró la posibilidad de que los particulares, nacionales o extranjeros, participaran en actividades de la industria minera del uranio y del ciclo del combustible nuclear completo. Luego de esta legislación de 1972,<sup>56</sup> el SUTINEN se integró tanto al Sindicato Unico de Trabajadores Electricistas de la República Mexicana como a la Tendencia Democrática con los sabidos resultados, razón por la cual en 1977 se promovió una iniciativa básicamente antisindical, disgregacionista y que reincorporaba al capital privado a las actividades nucleares estratégicas, que ya los decretos y leyes anteriores habían consagrado de manera exclusiva para el Estado. Esta iniciativa de Ley, formulada y presentada a la Cámara de Senadores el siete de diciembre de 1977 por José López Portillo, creaba a partir del INEN organismos: el Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares -dedicado a las tareas de investigación y desarrollo-; la empresa Uranio Mexicano (URAMEX) responsabilizada de las actividades mineras del uranio y del resto de actividades del ciclo del combustible; la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias (CNSNyS), cuyas finalidades eran, básicamente, normativas, reguladoras y de vigilancia en el terreno nuclear. Pero la iniciativa ubicaba a los trabajadores nucleares en el régimen jurídico del apartado B (prohibe la huelga), hecho que levantó, sobretodo, un movimiento de oposición, pese a que el Senado aprobó la iniciativa y que llevó a los diputados a posponer la discusión abriendo durante 1978 un proceso de auscultación.

56) Echeverría promovió dos cambios más en la legislación nuclear; el primero decretando en 1974 la Ley de Responsabilidad Civil y Daños Nucleares y el segundo introduciendo modificaciones al artículo 27 Constitucional en la parte nuclear.

ción y consulta públicas, que generó cambios en la Ley que fue aprobada el 14 de diciembre de 1978, con gran beneplácito del SUTIN, que había encabezado las movilizaciones en contra y que estuvo muy activo durante todo ese año en consultas y debates, y que retiró los articulados en los que se permitía la intervención del capital privado en la industria nuclear, dejando la organización nuclear en los tres organismos señalados que sustituyeron al INEN, pero creando una entidad coordinadora global: la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA), presidida por el Secretario de Patrimonio y Fomento Industrial. En el ámbito estrictamente laboral, la iniciativa determinó la pertenencia de los trabajadores nucleares en el apartado A del artículo 123 constitucional, consolidándose el SUTIN como sindicato nacional de industria y pasando a formar parte del Congreso del Trabajo.

Pero el quince de noviembre de 1984, en el contexto de un enfrentamiento entre el Estado y el SUTIN a partir de un movimiento de huelga desarrollado por el sindicato en junio de 1983 y que por problemas internos sólo involucró a los trabajadores de la empresa URAMEX, el Presidente de la república envió una iniciativa de Ley Nuclear -la tercera en los últimos años- cuya finalidad principal era acabar definitivamente con la organización sindical, reorganizando radicalmente el área nuclear para impedir que puedan volver a surgir organizaciones como aquella, que, de hecho, representan un obstáculo político a la acción unilateral y absoluta del Estado.

La iniciativa original, a más de contener imprecisiones y ambigüedades importantes -en virtud de haber sido redactada "al vapor" por el jurídico de la Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, que no poseía ninguna experiencia al respecto- tenía un manejo inconsis-

tente de conceptos y ofrecía una clara intencionalidad política de agresión definitiva al SUTIN al cancelar definitivamente la empresa URAMEX y promover la liquidación de su personal.

El primer hecho que resaltó la iniciativa de De la Madrid fué el cierre definitivo de URAMEX y la distribución de sus funciones en el Consejo de Recursos Minerales -prospección y exploración-; en la Comisión de Fomento Minero -beneficio de minerales radiactivos-; en la misma Secretaría de Energía Minas e Industria Paraestatal, en la que cayó la responsabilidad de todas las actividades restantes del ciclo del combustible nuclear, exceptuando el quemado, que seguía siendo responsabilidad de la Comisión Federal de Electricidad; las actividades de investigación y desarrollo, con ciertas limitaciones en cuanto a diseño de reactores, seguían siendo responsabilidad del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares; y, finalmente, la normatividad, la regulación y los asuntos de seguridad y salvaguardias nucleares, permanecían en la Comisión Nacional de Seguridad Nuclear y Salvaguardias, a la que, incluso, se le confería una orientación paramilitar.<sup>57</sup>

El segundo hecho importante de la iniciativa correspondía a los cambios que se introducían respecto al Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, al cual se le extrajo la responsabilidad de planear la investigación y el desarrollo en ciencia y tecnología nucleares, sino que también se le dejó de considerar como agente exclusivo del estado mexicano para comercializar radioisótopos y materiales radiactivos, permitiendo que el capital privado se encargara de esta actividad.

57) Según el artículo 34 de la nueva Ley Nuclear el titular de SEMIP (por sí mismo:AR), podrá mandar a la Comisión de Seguridad Nuclear y Salvaguardias(CNSNyS) "ocupar temporalmente las instalaciones nucleares o radiactivas..." sea que se trate de una central nucleoelectrónica, sea un centro de investigación o de enseñanza. El capítulo IV de esta Ley está plagada de mandatos "policíacos" sin mediación alguna.

El tercer hecho a resaltar es que la iniciativa definía, por primera ocasión en la historia de México, cinco actividades como estratégicas:

1) el Ciclo del combustible nuclear ; 2) El Reprocesamiento, cuya responsabilidad no quedó definida; 3) el Almacenamiento y Transporte de combustibles irradiados o desechos producto de su reprocesamiento; 4) la fabricación de agua pesada y su uso en reactores nucleares; 5) la aplicación de la energía nuclear con el propósito de generar vapor para utilizarse en complejos industriales, desalación de agua y otras aplicaciones. Las actividades estratégicas pasaron a ser básicamente responsabilidad de la SEMIP, entidad meramente administrativa, que para ello, probablemente, deberá definir nuevos organismos dependientes de ella.

De hecho esta iniciativa, una vez más, desnacionalizaba y privatizaba la industria, a más de desintegrarla y disgregarla, siempre con el objetivo político de consolidar la agresión hacia la organización sindical. Pero, precisamente, la iniciativa original presentó puntos en los cuales ya se había debatido ampliamente en 1978, para, más tarde, como luego se comprobó, ceder en ellos: los de la privatización y la desnacionalización, consolidando y concretando los otros cambios que acabaron de hecho con el SUTIN.

La propuesta de Ley se vio rodeada de un debate<sup>58</sup> que culminó en la Cámara de Diputados el día 19 de diciembre y que, a diferencia del debate de 1978, careció de profundidad. Sólo demostró, una vez más también, que el área nuclear -en recesión- sigue y seguirá siendo una arena privilegiada de las disputas nacionales e internacionales entre las grandes empresas de fabricación de equipos electromecánicos, de manufacturas eléctricas y de grandes consorcios de ingeniería y construcción, asociados a diversos grupos financieros.

58) Resulta muy clara, dentro del debate, la intervención de Arnaldo Córdova para mostrar los límites del discurso de su corriente política -la misma que los dirigentes del SUTIN-: la defensa de la nación en la Cámara de Diputados, véase Economía Informa, 125, feb. 85

su aprobación redefinió el terreno para el desarrollo nuclear nacional y resolvió definitivamente y por la vía burocrática y autoritaria el conflicto con el SUTIN, sobretodo de la nueva fracción gobernante de la burocracia política, la tecnocracia de nuevo cuño caracterizada antes. Lo que inicialmente fué un estallamiento de huelga, el 30 de mayo de 1983, se convirtió en la ocasión para que, inicialmente, se decretara la suspensión indefinida de labores de la empresa URAMEX y, más tarde, se modificara radicalmente la estructura jurídico-organizativa del área nuclear, cancelando definitivamente esta fuente de trabajo y redefiniendo las actividades del resto de organismos e instituciones del sector nuclear, redefinición que ha tenido como consecuencia principal la severa disminución del gremio nuclear, su absoluta esclerotización y la franca intervención patronal y gubernamental a través de la nueva burocracia dirigente del resto de esa organización.

La argumentación central del gobierno para decretar una nueva Ley nuclear, luego de que apenas en 1979 se había promulgado la anterior se vió fuertemente influenciada por razonamientos antisindicales generales y por juicios y ataques particulares muy severos hacia los trabajadores nucleares, queriendo hacernos aparecer como inmediatamente responsables del fracaso de nuestro país en esta área, olvidando, entre otras cosas, la realización de una evaluación más seria y detallada del desarrollo nuclear nacional, indicando sus causas fundamentales, sus avances y dificultades e, incluso, mencionado críticamente a los organismos y funcionarios responsables de este fracaso.

Nunca se mencionaron, ni siquiera superficialmente, los tres más grandes fracasos de nuestro país en el área, que no pueden atribuirse a

los trabajadores nucleares. Se trata, en el primer caso, de la central de Laguna Verde, -que hemos estudiado en la parte tres-, y que luego de más de trece años en construcción apenas cuenta con un avance global del 70%, que ha sido responsabilidad de la Comisión Federal de Electricidad y cuyos costos se estiman cercanos a los 4 mil millones de dólares actuales, cantidad radicalmente superior a los 128 millones de dólares estimados en el momento de su aprobación o a los 10 millones señalados meses después, e incluso superior a los 1,900 millones de dólares mencionados como costo final en 1976. En el segundo caso se trata de la planta de beneficio del uranio asociado al molibdeno de Sierra de Gómez, Chihuahua, construida en Villa Aldama, Chihuahua y que por convenio con la CNEN fué operada por la Comisión de Fomento Minero desde junio de 1969 y que luego de año y medio de funcionamiento debió ser cancelada sin haber producido un gramo de uranio limpio. Y el tercer caso es nada menos que el vergonzoso extravío de los balines de Cobalto 60 que nunca fueron detectados ni controlados por los responsables de la seguridad y las salvaguardias nucleares y que generaron uno de los riesgos más importantes que en materia de contaminación radiactiva se hayan presentado en nuestro país.

Pero además de no haberse mencionado estos casos -sus causas y sus responsables, la mayoría de ellos altos dirigentes de los sectores energético, eléctrico y nuclear- nunca se ha mencionado que, efectivamente, el área nuclear es terreno de fuertes disputas entre las grandes compañías que hemos mencionado también antes y que desde 1974 se encuentran en una grave crisis y que salvo una ligerísima recuperación en 1978, sus mercados se han comprimido severamente,

sea porque no prosperó eficientemente la llamada "crisis energética", sea porque se han ido requiriendo mecanismos y sistemas de seguridad más costosos y delicados para las plantas nucleares, sea, finalmente, por el grand despliegue de los movimientos antinucleares, importantes para el caso europeo y que han frenado la "euforia nuclear", principalmente en Suiza, Suecia, Alemania y España, todas ellas razones por las que la "hermandad nuclear" o los "barones Nucleares" no han satisfecho sus expectativas a plenitud.

Por cierto que dentro de los planes de esta "hermandad nuclear" se han ubicado algunos países semiindustrializados o en vías de desarrollo que por necesidad, por presiones o francamente por ingenuidad, han programado desarrollos energéticos de una base nuclear importante. Brasil, Corea del Sur, Argentina, Pakistán, la India y, desde luego, México, han sido y continúan siendo objeto de la disputa de los grandes consorcios nacionales y extranjeros que encabezados por sus respectivos estados han ejercido fuertes presiones sobre estos países para que adopten la alternativa nuclear de forma masiva dentro de sus estrategias de crecimiento y diversificación energética. Tal fué, sin duda, el caso de nuestro país cuando fué objeto de la "ofensiva" diplomática de Canadá, Francia, Alemania Federal, Suecia y Estados Unidos, durante los años de 1979 a 1982, buscando la selección de sus respectivas alternativas tecnológicas para el programa masivo mexicano proyectado en pleno "paroxismo petrolero" y que, por razones obvias, debió cancelarse, como igualmente debió cancelarse la licitación para la segunda planta nuclear del país, autorizada en septiembre de 1981 unos meses después de la crisis petrolera de junio de ese año y que

supuso una importante caída de los precios del petróleo, cancelación que suscitó protestas y reclamos de los Estados participantes: Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia y Suecia.

Podemos afirmar que el fracaso nuclear de nuestro país obedece a situaciones más complejas que las señaladas por los funcionarios: los trabajadores nucleares y nuestra organización sindical, el SUTIN, y que, por el contrario, los funcionarios de los sectores energético, eléctrico y nuclear tienen una cuota importante de responsabilidad. Y una alternativa autoritaria y burocratizada, crecientemente parapolicíaca, no será la solución a este fracaso, como lo han demostrado las experiencias brasileña y argentina.

La nueva ley nuclear y la nueva planeación y programación nuclear del Estado mexicano no han enfrentado crítica y responsablemente esta realidad. Nuevamente se actúa improvisadamente, superficialmente, con "ingenuidad", con un ánimo antisindical, antilaboral, antidemocrático. Por ello no queda sino augurar que más pronto que tarde, el sector nuclear mexicano experimentará nuevas transformaciones, producto tanto de la dinámica objetiva de la acumulación, que impone sus leyes por encima de todo, como de los enfrentamientos políticos latentes al interior del Estado mexicano y de este con la sociedad en torno al desarrollo de la industria energética en general y, en su momento, de la industria nuclear en particular, una industria que hay que ver con recelo, con cuidado y con mucha mucha inteligencia, algo que ha faltado en México.

REFLEXIONES FINALES Y CONCLUSIONESEl Panorama energético de México y la sustituibilidad en el área nuclear1. Acervo energético de México

La dinámica intensiva de la acumulación generó a fines de los años setenta y principios de los ochenta, un país con una riqueza energética muy grande, que pese a todas las advertencias redefinió su articulación al mercado mundial como exportador de petróleo. Actualmente nuestro país es el quinto poseedor de reservas de crudo en el mundo y el cuarto poseedor de reservas globales de hidrocarburos.

CUADRO 1: RECURSOS DE PETROLEO 1983

(siete primeros países)

	Miles de Millones de Barriles	Participación (%)	Relación Reservas/Producción
Arabia Saudita	166.0	24.6%	86.9
Kuwait	63.9	9.4%	*
Unión Soviética	63.0	9.3%	13.9
Irán	51.0	7.5%	55.3
México**	49.9	7.1%	45.7
Iraq	43.0	6.3%	*
Estados Unidos	34.5	5.1%	9.1

FUENTE: British Petroleum, BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, June 1984

\*) Relación superior a 100 años; \*\*) Cifra proporcionada por PEMEX

Simplemente en términos de los recursos petroleros, nuestro país posee

una reserva, denominada, estática (R/P) -evaluada en 1983- de 45 años aproximadamente, relación que se eleva con los recursos del gas natural y que en términos globales, considerando todos los energéticos disponibles en el país, como reservas, y la producción y el consumo de 1984, esta relación equivale a 49 años.

En cuanto a reservas de líquidos del gas, el monto es superior ligeramente a los 7,000 barriles de petróleo crudo equivalente. Y los recursos de gas natural equivalen, a su vez, a más de 15,000 millones de barriles de petróleo crudo equivalente.

Globalmente los hidrocarburos equivalen a 72,500 millones de barriles de petróleo crudo equivalente, recursos a los que hay que añadir unos 600 millones de toneladas de carbón y, utilizando cifras serias, unas 10,600 toneladas de uranio. En cuanto a los recursos hidráulicos y los recursos geotérmicos, se cuenta con una reserva de 80 TWh de los primeros y de 8 TWh de los segundos. Todo esto configura una reserva nacional global de 445.6 QUADS, equivalente a 76,823 millones de barriles de petróleo crudo equivalente.

CUADRO 2.: RECURSOS ENERGETICOS DE MEXICO 1984

Fuentes de Energía	Reservas Proximas		Reservas Probables		Reservas Potenciales	
	Monto	Quads	Monto	Quads	Monto	Quads
Petróleo Crudo (64.97%)	49,911 Mill B	289.5				
Líquidos del Gas (9.36%)	7,185 Mill B	41.7				
Gas Natural (20.04%)	15,404 Mill B	89.3				
HIDROCARBUROS (94.37%)	72,500 Mill B	420.5	90,300 Mill B	523.7	250,000 Mill B	1,450.0
CARBON (3.95%)	643 Mill T	17.6				
			1,700*Mill T	46.4		
					5,448 Mill T	148.7
URANIO (1.21%)	10,600 Ton.	5.4				
			31,800 Ton	16.2	225,000 Ton.	114.8
RECURSOS HIDRAULICOS (0.43%)	80 TWh	1.9				
			172 TWh	4.0	500 TWh	11.6
RECURSOS GEOTERMICOS (0.04%)	8 TWh	0.2	20 TWh	0.5	58 TWh	1.3
TOTAL (100.00%)		445.6		590.8		1,726.4

FUENTE:Elaboración propia con datos oficiales de SEMIP, Programa Nacional de Energéticos 1984-1988, SEPAFIN, Programa de Energía, 1980, INEN, Memorias de Labores, diversos años, CFE, reportes diversos, 1985.

1 QUAD=10<sup>15</sup> BTU; 1 millón de BdeP= 5.8 x 10<sup>12</sup> BTU; 1,000 MdeB= 5.8 QUADS

1 Ton. CARBON=27.1 x 10<sup>6</sup> BTU; 1,000 Millones de Tons. de Carbón= 27.3 QUADS

1 Ton. de URANIO= 18,000 Ton. Carbón= 51 x 10<sup>6</sup> QUADS

43 TWh= 1 QUAD, suponiendo un factor de capacidad del 42% y transformando a energía eléctrica secundaria

Ahora bien, esta disponibilidad de recursos se corresponde a un balance de energía en el que tradicionalmente los hidrocarburos han representado más del 90% de la oferta de energía primaria, exceptuando estos últimos años de 1984 y 1985 en que se han contabilizado la leña y el bagazo de caña (7.3%).

Pero en términos del consumo sobresale el del propio sector energético (11.7%) que unido a las pérdidas por transformación (23.3%) representa poco más de la tercera parte de la energía producida. Y respecto al consumo final, la industria y el transporte concentran las dos terceras partes del consumo final (65.4%) y un poco menos de la mitad -42.3%- del consumo global nacional, en tanto que la utilización no energética de los energéticas (materia prima) apenas representa el 10.8% del consumo final y el 7.0% del consumo global. Obviamente se trata de un balance dispendioso e ineficiente, con un consumo por unidad de producto que tiende a crecer, a diferencia de algunos países -fundamentalmente los altamente industrializados- donde ha tendido a disminuir dicha relación. Así pues, en tanto que en 1976 se consumieron 822.13 KCal por peso constante producido (pesos de 1970), para 1979 el consumo se elevó a 1,235.6 KCal y para 1984 arribó a la cifra de 1,372.5 KCal, situación que, como acabamos de comentar, expresa una ineficiencia creciente.

Esto manifiesta que sigue siendo fundamental para el país la conservación de la energía -disminuyendo el consumo del sector energético, las pérdidas de transformación y aumentando el producto por unidad energética-, y la diversificación -atemperando la dependencia respecto a los hidrocarburos y aumentando la participación de los usos no energéticos de los energéticos.

MEXICO

CUADRO 3: BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1984

	10 <sup>12</sup> Kcal.		
	ENERGIA PRIMARIA	ENERGIA SECUNDARIA	TOTAL
PRODUCCION NACIONAL	2166.519		2166.519
IMPORTACIONES	1.691	14.396	16.087
EXPORTACIONES	-855.669	-71.842	-927.511
MAQUILA (Intercambio neto)	-0.559	-2.204	-2.763
VARIACION DE INVENTARIOS	4.175	-5.048	-0.873
ENERGIA NO APROVECHADA	-35.459		-35.459
	<u>1280.698</u>	<u>-64.698</u>	<u>1216.000</u>

OFERTA INTERNA: 1280.698 - 64.698 = 1216

OFERTA DE ENERGIA PRIMARIA AL MERCADO NACIONAL

		%
PETROLEO	642.693	84.9
CONDENSADO	68.641	
GAS NO ASOCIADO	69.855	
GAS ASOCIADO	306.700	
CARBON	29.576	2.3
HIDROENERGIA	63.895	5.0
GEOENERGIA	3.880	0.3
BAGAZO DE CASA	21.058	1.7
LEÑA	74.400	5.8
	<u>1280.698</u>	

CONSUMO PROPIO Y PERDIDAS DEL SECTOR ENERGETICO

		% OFERTA INTERNA
CONSUMO PROPIO	142.645	
PERDIDAS POR TRANSFORMACION:		
Coqueadoras	2.472	
Industria petrolera	120.778	
Centrales eléctricas	148.264	
PERDIDAS POR TRANS., DIST. Y ALM.	10.875	
	<u>425.032</u>	35.0
ENERGIA NO APROVECHADA	35.459	
	<u>460.491</u>	

CONSUMO FINAL DEL MERCADO NACIONAL

		% CONSUMO FINAL
INDUSTRIA	265.034	53.5
TRANSPORTE	252.564	51.8
RESIDENCIAL, COMERCIAL, PUBLICO	166.520	33.7
AGROPECUARIO	22.250	4.5
USOS NO ENERGETICOS (Petroquímica y otros)	86.646	17.5
	<u>793.014</u>	<u>159.5</u>
DIFFERENCIA ESTADISTICA	-2.046	

425.032 + 793.014 - 2.046 = 1216

FUENTE: Elaboración del Ing. Jacinto Viqueira, con datos de SEMIP, Balance de Energía de México 1984.

En cuanto a la capacidad eléctrica instalada, el país cuenta en estos momentos -finales de 1985- con 24,166 MWe instalados, de los cuales 20,918 (87%) corresponden al sector público.

CUADRO 4 : CAPACIDAD INSTALADA ELECTRICA  
(sector público nacional)

	<u>Gwe</u>					
	<u>1970</u>	<u>1973</u>	<u>1976</u>	<u>1979</u>	<u>1982</u>	<u>1985</u>
TOTAL	6.1	7.7	11.5	14.3	18.4	20.9
Hidro	3.2	3.4	4.5	5.2	6.5	6.5
Vapor	2.4	3.0	5.0	6.7	8.3	9.6
Comb.In.	0.5	0.3	0.5	0.5	0.2	0.1
Turbo- gas	-	0.9	0.9	1.3	1.7	1.8
C.Comb.	-	-	0.6	0.7	1.2	1.6
Geot.	-	0.1	0.1	0.2	0.2	0.4
Carb.	-	-	-	-	0.3	0.9

FUENTE:Elaboración propia con datos de JLP y MMH, INFORMES DE GOBIERNO, diversos años, Anexos Sector Energéticos, Minas e Industria Paraestatal, 1985

Esta estructura no corresponde, sin embargo, a las previsiones de participación de los diferentes energéticos, que planteadas en el Programa de Energía de 1980, suponían para 1985 y para 1990 una estructura "más diversificada" sobre la base de la nucleoelectricidad, el carbón y la geotermia.

Precisamente el Programa de Energía de 1980, suponía una estructuración con un crecimiento de la participación tanto del gas natural (26.9% para 1990) como de la nucleoelectricidad (1.5% para el mismo año de 1990).

**GRAFICA 1 : REGIONES ENERGETICAS DE MEXICO 1981**



FUENTE: Revista ENERGIA, México 1981 (complementado con las regiones uraníferas).

**GRAFICA 2 : RED ELECTRICA DE MEXICO**



FUENTE: Revista ENERGIA, México 1981. (complementada con las instalaciones nucleares).

Pero la estructura actual de los energéticos en México; su participación relativa; íntimamente ligada a la situación tecnológica actual, constituyen el marco objetivo de evaluación de la posibilidad de una sustitución gradual de hidrocarburos por otras fuentes de generación, incluida la nuclear, que en nuestro país cuenta ya con una multitud de antecedentes nada gratos.

Lo que antes he llamado sustitutibilidad de los energéticos, capacidad de remplazo de unos por otros, se nos ha manifestado como una característica no sólo técnica y económica de estos, sino también social y política. La historia del desarrollo nuclear mexicano, tan plagada de anécdotas y contingencias, no es sino el correlato de otra gran historia, la del desarrollo nuclear internacional, que se nos ha mostrado también con muchos fracasos, propiciados tanto por sus propias insuficiencias técnicas -que han generado una elevación sostenida de costos durante los últimos trece años- como por la evolución de los precios internacionales de los hidrocarburos -a la baja desde 1981- que todavía constituyen la fuente energética principal en el mundo.

## 2. Marco Internacional actual de la sustituibilidad nuclear

La industria nuclear internacional experimenta desde 1976 una drástica recesión -por lo demás íntimamente ligada a la evolución real de los precios de los hidrocarburos- que se ha traducido en una severa modificación de los planes nacionales e internacionales de evolución de la capacidad nucleoelectrónica, merced a la cancelación de pedidos de reactores nucleares, al establecimiento de múltiples moratorias, a la paralización y suspensión de obras en construcción e, incluso, a la suspensión absoluta de programas nucleares

en algunos países como Austria e Irán. Esta dinámica regresiva de la industria nuclear ha agudizado la competencia internacional de los grandes monopolios de fabricación de reactores nucleares: Westinghouse, General Electric y Combustion Engineering, de los Estados Unidos; FRAMATOME de Francia; Kraftwerk de Alemania Federal; Asea-Atom de Suecia; AECL de Canadá; Toshiba, Mitsubishi y Hitachi de Japón; The Nuclear Group de Gran Bretaña. No más de once compañías, muchas de ellas en proceso de asociación y reestructuración, incluso derivadas tecnológicamente unas de otras; y no más de siete países imperialistas, altamente industrializados, se disputan las raquíticas evoluciones recientes de los procesos nacionales de diversificación energética por la vía nuclear.

Múltiples y diversas han sido las razones de esta desaceleración de la industria nuclear internacional y de los planes de expansión nucleoelectrónica de no más de veinticinco países que mantienen operando actualmente 318 reactores con una capacidad instalada de 190 mil MWe -nueve veces la capacidad instalada actual de México- y cuyos porcentajes de participación en la generación eléctrica global oscilan entre el 48% -Francia- y el 0.1% -Brasil-, mientras que a nivel mundial representa escasamente un 11.3% global y, también escasamente, un 2% de la energía primaria global mundial.

Sin embargo, este panorama no coincide con las planeaciones optimistas de principios de la década de los setenta en las que se preveía que más de cuarenta países tendrían en operación en 1985 quinientos reactores nucleares con una capacidad nucleoelectrónica de 450 mil MWe.

Pese a la considerable expansión de los años 1963 a 1975, la energía nuclear sólo satisface el 3.1% del consumo mundial de energía primaria y, como ya dijimos, el 11.3% de consumo mundial de electricidad, mucho menos de la mitad de lo previsto: 25% para estos años.

La caída tan drástica tanto en las proyecciones como en las instalaciones anuales, y el estancamiento generalizado de la industria nuclear se explica también por la ausencia de nuevos pedidos que tanto los problemas técnicos surgidos -que han implicado cambios, muchos de ellos costosos- como las crisis financiera internacional han implicado. Pero también se explica por la proliferación de retrasos y cancelaciones causados por un crecimiento más lento de la demanda de energía, como expresión de la crisis internacional y de los primeros efectos de las políticas de ahorro implantadas a partir de 1974 y 1975. Finalmente, puede explicarse por la creciente oposición política pública que las anteriores circunstancias han generado en diversos países, donde se ha criticado severamente el carácter cuasimilitar de esta fuente, sus sesgos bélicos, su carácter concentrado y centralizado, entre otros elementos.

Todo esto hace pensar que la situación de la industria nuclear sólo variará cuando haya una ligera mejoría en la demanda de energía y de electricidad; cuando los costos resulten nuevamente competitivos -lo que puede no ser pronto por la dinámica de los precios petroleros-; cuando las reservas de otros energéticos tiendan a declinar severamente; todas ellas circunstancias que no se prevén en el corto plazo, lo que agudiza la situación de los grandes monopolios nucleares y que, igualmente, agudiza la disputa por los raquíticos procesos de expansión nucleoelectrónica planeados en algunos países industrializados que, por lo demás, están detenidos en virtud de la crisis económica internacional.

### 3. La sustituibilidad nuclear en México

Dentro de este contexto crítico internacional, la evolución nuclear mexicana se puede caracterizar como francamente desastrosa porque además de los problemas propios de "lo nuclear", las empresas mexicanas se han caracterizado por su improductividad y su ineficiencia, muchas veces responsabilidad del mismo Estado mexicano que a través de los diversos gobiernos -de Díaz Ordaz a Miguel de la Madrid- y a través de los funcionarios de los sectores energético, eléctrico y nuclear, nunca ha manifestado una posición coherente ni una consistencia programática, mucho menos una definición técnica y política precisa en torno a la naturaleza y las perspectivas del desarrollo nuclear en un país petrolero como el nuestro.

Se pretendió ocultar y mediatizar esta responsabilidad atribuyendo los fracasos y las incoherencias a los trabajadores nucleares del SUTIN, simple y sencillamente porque conformaron una organización sindical no oficialista, que planteó en múltiples ocasiones no sólo críticas sino alternativas a la situación energética nacional, llegando a criticar severamente la orientación regresiva de múltiples planes y programas y de diversas acciones estatales.

Oficialmente el SUTIN reivindicó desde su fundación, la necesidad de una INDUSTRIA NUCLEAR INTERGRADA Y NACIONAL, señalando los elementos que posibilitarían que esta consigna no fuera ni ingenua ni acrítica. Se indicó en diversas ocasiones que cualquier desarrollo de la industria nuclear en nuestro país debía considerar seriamente las características y especificidades del desarrollo nacional, una industria que se encuentra estrechamente fusionada al capital extranjero- al menos

tria nuclear en nuestro país debía considerar seriamente las características y especificidades del desarrollo industrial nacional, un desarrollo en el que se localizan estrechas fusiones de capitales nacionales con capitales extranjeros, sobretudo en aquellas ramas que teóricamente podrían participar en un programa nuclear mexicano, lo que hace que también la industria nacional sea arena de disputas y enfrentamientos entre capitales nacionales, extranjeros y mixtos. Baste señalar también, para percibir los límites de una sustituibilidad nacional por la vía nuclear, que los proyectos nucleares requieren un volumen muy grande de recursos, que difícilmente puede reunirse en nuestro país, menos en los momentos actuales, por lo que cualquier desarrollo nuclear mexicano se sustentaría en estos momentos en el financiamiento externo, forma alternativa a la asociación de capitales, pero que también representa un obstáculo para un desarrollo nuclear nacional.

Así pues, en cuanto a la tecnología y en cuanto al financiamiento, la industria nuclear difícilmente será nacional, característica que, en todo caso, podría asumir si existiera la base suficiente de recursos humanos calificados que paulatinamente pudiera controlar el proceso productivo, el proceso técnico de la industria nuclear, situación que al menos por el momento resulta utópica luego del relativo fracaso de los trabajadores nucleares del SUTIN en este sentido y luego de la autoritaria y violenta agresión estatal hacia el SUTIN y el gremio en general.

Con respecto al carácter integrado de la industria nuclear, el SUTIN reivindicó la necesidad de que todas las tareas de la industria nuclear y de la investigación nuclear se mantuvieran vinculadas. Particularmente los dirigentes del SUTIN consideraban que correspondía al

Estado garantizar dicha integración, por lo que no sólo la industria de generación nucleoelectrica, sino todas las fases y componentes de la industria nuclear debían pertenecer a la nación y ser coordinadas por el Estado. Esta ideología, manipulada por el mismo Estado, permitió que incluso cumpliendo con los postulados del nacionalismo y la coordinación y regulación estatal, se acabara con el SUTIN, sin haber roto con la idea -que no la realidad- de una industria nuclear nacional integrada.

Pero la integración también se establece, según la concepción señalada, en relación con el aparato industrial nacional que, por cierto como hemos visto, en el caso de Laguna Verde casi no ha participado, lo cual no es raro si consideramos que para empresas industriales estatales de mucha tradición la participación de la industria nacional en la fabricación de partes, componentes y equipos es prácticamente insignificante, como es el caso de PEMEX, el de CFE, el de FERTIMEX, el de SIDERMEX, principalmente.

Pero además y en otro nivel de interpretación, la fabricación de partes y componentes en el país no le concede "per se" a la industria su carácter integrado y nacional, dado que las firmas "nacionales" que podrían participar en una expansión nucleoelectrica no son sino las filiales de grandes firmas y consorcios internacionales.

Por todo ello es preciso no sólo criticar sino replantear con rigor la utopía de la industria nuclear nacional integrada, como concepto prospectivo del proceso de sustituibilidad energética por la vía nuclear. Existen un sinnúmero de contradicciones en las que cualquier desarrollo nucleoelectrico de México se desenvolverá, y que sólo la

sociedad civil podrá sostener; no el Estado que ha mostrado su carácter autoritario y burocrático. Con esto quiero decir que las opciones de desarrollo energético deben ser opciones sociales y no opciones estatales, lo cual supone, efectivamente, un nivel de desarrollo mayor de la sociedad civil y una disputa de ésta frente al Estado para rescatar los ámbitos de su competencia.

Algunas de las contradicciones indicadas serían las siguientes:

- 1) Desarrollo nacional, por un lado y carácter internacionalizado de la industria nuclear.
- 2) Desarrollo nuclear en una sociedad democrática y existencia de controles paramilitares en los mecanismos de seguridad nuclear y salvaguardias.
- 3) Desarrollo nuclear exclusivamente de usos pacíficos y sesgos militaristas de la energía nuclear.
- 4) Desarrollo nuclear con control estatal y alta participación del capital privado en el manejo de industrias asociadas.
- 5) Desarrollo nuclear independiente y fuerte dependencia y subordinación tecnológicas.
- 6) Desarrollo nuclear sobre la base de recursos humanos nacionales sólidamente formados y escasez y limitación de recursos.
- 7) Desarrollo nuclear eficiente pero con respeto irrestricto a los derechos laborales de los trabajadores, a su libertad de organización sindical y al ejercicio de la democracia sindical.
- 8) Desarrollo nuclear integrado y tendencia a la monopolización industrial y financiera.
- 9) Desarrollo nuclear consecuente con un proceso de descentralización y tendencia a la concentración industrial, financiera, de información y de toma de decisiones.

10) Desarrollo nuclear aceptado por la población y existencia de niveles desiguales de información y formación públicas.

11) Desarrollo nuclear posible y énfasis en la diversificación energética por vías alternativas que hoy tienen menor desarrollo: solar, biomasa, eólica, geotermia.

Podría pensarse que en particular soy favorable al desarrollo nuclear nacional y que definido la necesidad de una industria nuclear nacional integrada. Creo que no. Considero que es importante que la experiencia de Laguna Verde se evalúe a fondo; que en estos momentos de crisis que hacen imposible un "despegue nuclear", discutamos a fondo esa experiencia, la de Argentina, Brasil, la de Europa, la de la Unión Soviética, la de Estados Unidos. Que estudiemos en profundidad los argumentos de los movimientos antinucleares que cada vez más asumen un carácter anticapitalista, antiimperialista, pero que no han respondido a la pregunta por el tipo de desarrollo energético que puede darse en el mundo, por la sustituibilidad real que en este momento histórico hay que alentar o hay que frenar.

En particular para el caso de México, además de Laguna Verde creo necesario que se fortalezcan las tareas de investigación, en el área nuclear y en todas las áreas, que no se desprecie ninguna forma de generación de energía, por mínima que parezca o por su carácter descentralizado, que impide se convierta en objeto de intercambio. Creo que respecto a lo nuclear la consigna podría ser: LO MINIMO INDISPENSABLE, que inmediatamente plantea la pregunta por la determinación de ese mínimo y cuya respuesta, me parece, debe darse en el marco de la necesidad de un desarrollo tecnológico creciente que permita a los trabajadores -técnicos, científicos, manuales, de servicio y operativos-

acceder de manera creciente al control sobre el proceso. Más que pensar en la "utopía nacionalista" de control estatal, habría que pensar en la utopía de "control de los trabajadores", control del proceso técnico, productivo, social, político. Sólo en ese marco es posible diseñar una estrategia no de defensa irrestricta de una imposible industria nuclear nacional e integrada, sino de defensa de la necesidad histórica de los trabajadores- entre ellos los de ciencia y tecnología crecientemente asalariados y subordinados por esa relación al Estado- por controlar su proceso de trabajo, globalmente: diseño, ejecución, evaluación, para que en el caso de que el Estado mexicano impulse la alternativa nuclear, los trabajadores impulsen que sea bajo una forma y bajo un ritmo que garantice absoluta seguridad a la población y máximo control por parte de los trabajadores del proceso de trabajo, independientemente de que el gestor o coordinador de ese proceso sea el capital privado o sea, directamente, el Estado.

México cuenta en estos momentos con petróleo para 48 años, lo que no justifica que no se impulse un proceso de desarrollo de tecnologías alternativas a los hidrocarburos para generar electricidad y para generar calor, iluminación, movimiento. Pero tampoco se justifican ni urgencias regresivas ni expansiones masivas, como las que hasta el momento a impulsado el Estado mexicano en el área nuclear y que sólo han conducido a un rotundo fracaso.

Pero es preciso entender que en tanto la sociedad no se organice de distinta manera, no regirán las buenas intenciones diversificacionistas o los planes y programa de sustituibilidad, sino la obtención del beneficio y de la ganancia, como lo muestra la evolución energética

---

\*)Desde luego si no aumenta el consumo interno ni las exportaciones.

mundial, en la que el petróleo -fuente principal de la renta energética- no ha sido sustituido de manera definitiva.

Ciertamente una es la retórica y la demagogia oficial presente en declaraciones, planes y programas y otra la realidad. Pero para el caso particular de México, el problema energético ha generado múltiples y diversas contradicciones que hemos intentado señalar a lo largo de este trabajo y en las cuales el Estado mexicano se ha subsumido, ora por "ingenuidad", ora por "ignorancia", pero las más de las veces porque, a pesar de todo, responde como órgano regulador global de la acumulación y sabe que sin beneficios no se desarrolla esta y que sin explotación hay estancamiento.

Precisamente por esto, no es posible identificar los intereses de los trabajadores con los de la nación -desde luego que interpretados por el Estado, ni hipotecar las necesidades de la población por un bien mayor, común, interpretado y administrado por el Estado. En el caso del desarrollo nuclear mexicano, diversas corrientes de trabajadores apostaron a la nación y al Estado, más que a la propia necesidad de controlar sobre la base del conocimiento y la eficiencia técnica el proceso científico-tecnológico e industrial en el área nuclear. Por eso, precisamente, el Estado pudo desarticular una organización que, pese a todo, mostró algunos de los elementos sustanciales que están en disputa en la arena social: la crítica al autoritarismo estatal, a la prepotencia, a la corrupción, a la negligencia.

## B I B L I O G R A F I A

### CAPITULO I

- Barbet Philippe, LES ENERGIES NOUVELLES, La Decouvert/Maspero, Paris 1983
- Barker C., ESTADO Y SISTEMAS DE ESTADOS, en Teoría y Política, No. 12/13, México 1985
- British Petroleum, BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, London (diversos años).
- Castañeda M., Yza R., EL CARBON EN MEXICO, en ENERGETICOS, Boletín informativo del Sector Energético, año 6, número 11, México noviembre 1982
- Centeno R., ECONOMIA DEL PETROLEO Y DEL GAS NATURAL, Ed. Tecnos, Madrid 1974
- Colmenares Francisco, PERSPECTIVAS DE LA GUERRA DE PRECIOS DEL PETROLEO, División de Estudios de Posgrado, Fac. de Economía, UNAM, México junio 1985 (mimeo)
- Conferencia Mundial de Energía, CONFERENCIA MUNDIAL SOBRE FUENTES DE ENERGIA NUEVAS Y RENOVABLES, Informes Especiales Preparatorios, Grupo Técnico Leña y Carbón Vegetal, agosto 1981
- Chevalier J.M., LA BAZA DEL PETROLEO, Ed. Laia, Barcelona 1974
- Comisión de Energéticos, ENERGETICOS, Boletín Informativo del Sector Energético, México, (diversos números).
- Dabat A., NOTAS EN TORNO A LOS CONCEPTOS DE FASE Y MODALIDAD DE DESARROLLO DEL CAPITALISMO Y SU APLICACION, Fac. de Economía, UNAM, México 1984 (mimeo).
- Dabat A., Lorenzano L., CONFLICTO MALVINENSE Y CRISIS NACIONAL, Libros de Teoría y Política, México 1982.
- Enz Rudolf., NO HAY FUTURO SIN ENERGIA, Unión de Bancos Suizos, Zurich, 1981
- Flores Ruiz, Hernán., TEORIA DEL POTENCIAL APLICADA A EXPLORACION GEOTERMICA, Reporte ININ-Plantas Nucleoeléctricas, Mayo 1984.
- Gaffert G., STEAM POWER STATIONS, Mc.Graw Hill, 1952
- International Atomic Energy Agency (IAEA), ENERGY AND NUCLEAR POWER PLANNING IN DEVELOPING COUNTRIES, Vienna 1985.
- ININ-UNAM., MODELO DE OFERTA DE ENERGIA PARA MEXICO, Proyecto de Investigación AZ59, México, octubre de 1984.
- Jensen J., EL GAS NATURAL EN EL MUNDO, en ENERGETICOS, octubre 1982
- Lenin V., EL IMPERIALISMO FASE SUPERIOR DEL CAPITALISMO, Ed. Lenguas Extranjeras, México
- Marx C., EL CAPITAL. Ed. Siglo XXI
- Nefft T., Jacoby H., EL MERCADO INTERNACIONAL DEL URANIO, en ENERGETICOS, año 5, no. 2, 1981
- OECD, URANIUM: RESOURCES, PRODUCTION AND DEMAND, Paris. (diversos años)
- ONU, ENERGY STATISTICS YEARBOOK, New York. (diversos años)

- Perry J., CHEMICAL ENGINEERS' HANDBOOK, Mc.Graw Hill, 1963
- Programa Universitario de Energía, UNAM, TECNOLOGIAS ENERGETICAS DEL FUTURO, México 1983.
- Rosdolsky R., EL CAPITAL DE MARX, Ed. Siglo XXI, México, 1978
- Toledo A., REPRODUCCION Y PERIODIZACION CAPITALISTA, Fac. de Economía, UNAM, México 1984 (mimeo)
- World Energy Conference (WEC), SURVEY OF ENERGY RESOURCES, 1980

## CAPITULO II

- Alonso Gitta, MEMORANDUM SOBRE EL CLUB DE LONDRES, ININ, junio 1980
- Angelier J.P., LE NUCLEAIRE, Maspero, Paris 1983
- Angelier J.P., LA RENTA PETROLERA. Terra Nova, México 1980
- Arce Isaac, Luis., PETROLEO Y POLITICA, CRISIS ENERGETICA, Ed Minafar, La Habana 1979
- Arellano J., Hamdan F., Lee JS., LA GAZEIFICATION DU CARBON, Rapport de Seminaires, Université de Paris, 1980 (mimeo).
- Autor no identificado, EXPERIENCE D'EXPLOITATION DES CENTRALES NUCLEAIRES: Le Bilan Europeen, 1983.
- British Petroleum, BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, London (diversos años).
- Busatto C., LA CRISIS DEL IMPERIALISMO Y SUS CONSECUENCIAS SOBRE LA REPRODUCCION DEL CAPITAL Y LA INSERCCION DE LA ECONOMIA BRASILEÑA, Tesis de Maestría, DEPEFE, UNAM, México 1979
- Centeno R., ECONOMIA DEL PETROLEO Y DEL GAS NATURAL, Ed. Tecnos, Madrid 1974
- CFDT, LE DOSSIER ELECTRONUCLEAIRE., Editions du Seuil, 1980
- Chevalier J.M., LA BAZA DEL PETROLEO, Laia, Barcelona 1974
- Dabat A., LA ECONOMIA MUNDIAL Y LOS PAISES PERIFERICOS EN LA SEGUNDA MITAD DE LA DECADA DEL SESENTA, EN Teoría y Política No.1, México abril-junio 1980
- Dabat A., TESIS PRELIMINARES SOBRE LA EVOLUCION DEL SISTEMA CAPITALISTA IMPERIALISTA MUNDIAL, Facultad de Economía, UNAM, México 1985 (mimeo).
- Ferrara G., LA ENERGIA ATOMICA Y LA CONTROVERSIDAD DE LA SEGURIDAD, Noema Ed., México 1982
- Gately Dermot, A TEN-YEAR RETROSPECTIVE: OPEC AND THE WORLD OIL MARKET, en Journal of Economic Literature, Septiembre 1984
- Hertsgaard Mark, NUCLEAR INC.-THE MAN AND MONEY BEHIND NUCLEAR ENERGY, Pantheon Books, New York 1983.
- International Atomic Energy Agency, POWER REACTORS IN MEMBER STATES, Vienna (diversos años).
- International Nuclear Fuel Cycle Evaluation, VOLUMEN DE RESUMEN DE ACTIVIDADES DE LA INFCE, OIEA, Viena 1980

- Mandel E., EL CAPITALISMO TARDIO, Ed. Era, México 1979
- Martin, Jean Marie., PRODUCCION Y CONSUMO DE ENERGIA, en INVESTIGACION ECONOMICA, Revista de la Facultad de Economía de la UNAM, México abril 1979
- Nore, Petter., OIL AND CONTEMPORARY CAPITALISM, en ISSUES IN POLITICAL ECONOMY, a critical approach, McMillan, London 1976
- Nuclear Engineering International (diversos números).
- Nuclear News (diversos números).
- Nuclear Power Progress (diversos números)
- ONU, YEARBOOK OF NATIONAL ACCOUNT, New York (diversos años).
- ONU, ENERGY STATISTICS YEARBOOK, New York (diversos años).
- ONU, YEARBOOK OF INTERNATIONAL TRADE STATISTICS (diversos años).
- Pringle Peter, Spigelman James., LOS BARONES NUCLEARES, Ed. Planeta, México 1984
- Rivera M.A., Gómez Pedro., MEXICO: ACUMULACION Y CRISIS EN LA DECADA DEL SETENTA, en Teoría y Política, No. 2, México octubre-diciembre 1980.
- Russel Georg, WHO HAST THE BOMB, en TIME, 3 de junio 1985.
- Smart, WORLD NUCLEAR ENERGY, London, 1982
- Walker W., Lönnroth M., NUCLEAR POWER STRUGGLES, Allen and Unwin P.Ltd., London 1983
- Weissman S. Krosnez H., LA BOMBA ISLAMICA, Ed. Planeta, 1982
- Zarifian Ph., INFLACION Y CRISIS MONETARIA INTERNACIONAL, Ed. Blume, Madrid 1978

### CAPITULO III

#### ATISA, LA PARTICIPACION DE LA INDUSTRIA MEXICANA EN EL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL, México 1979

- Banco de México, PRODUCTO INTERNO BRUTO Y GASTO 1960-1967, México
- Banco de México, INFORME ANUAL, México (diversos años)
- Calvillo A., Velázquez Ma. T., ¿DONDE QUEDO LA VARILLA?, en Casa del Tiempo, Revista de la UAM, volumen 5, número 52, Mayo 1985.
- CFE, PROGRAMA DE INVERSIONES DEL SECTOR ELECTRICO (POISE), México (diversos años).
- CFE, PROGRAMA DE EXPANSION DEL SECTOR ELECTRICO (PESE), México (diversos años).
- CFE, DESARROLLO DEL MERCADO ELECTRICO 1974-1988, México 1981
- CFE, DOCUMENTOS DE LOS CONCURSOS INTERNACIONALES DP/21-69 y DP/22-69, junio 1970
- CFE, ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PARA UN PROGRAMA NUCLEOELECTRICO MEXICANO, 1979
- CFE, ININ, CNSNys., MATERIALES DIVERSOS-LAGUNA VERDE, en la Mesa Redonda sobre el Proyecto Nucleoeléctrico de Laguna Verde, Academia Mexicana de Ingeniería, México, agosto 1985.

- CFE, DOCUMENTOS PARA LA SEGUNDA LICITACION INTERNACIONAL PARA UNA UNIDAD NUCLEOELECTRICA EN LAGUNA VERDE, VERACRUZ, México 1982
- CFE, DOCUMENTOS DIVERSOS SOBRE LAGUNA VERDE, México (diversos años).
- CNEN, MEMORIA DE LABORES, México (diversos años).
- Colegio Nacional de Economistas, MEMORIAS DEL FORO SOBRE EL PROGRAMA DE ENERGIA, México, enero 13 de 1981.
- Diario Oficial de la Federación, LEY QUE CREA LA COMISION NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, Tomo CCXIII, No. 53, México D.F., Diciembre 1955
- Diario Oficial de la Federación, LEY ORGANICA DEL INSTITUTO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR, 12 de enero de 1972, México.
- Diario Oficial de la Federación, LEY REGLAMENTARIA DEL ARTICULO 27 CONSTITUCIONAL EN MATERIA NUCLEAR, Tomo CCCLII, No. 19, México D.F., 26 de enero de 1979.
- Diario Oficial de la Federación, LEY REGLAMENTARIA DEL ARTICULO 27 CONSTITUCIONAL EN MATERIA NUCLEAR, Tomo CCCLXXXVIII, No. 24, 4 febrero 1985
- ENERGETICOS, Boletín Informativo del Sector Energético, México (diversos años).
- Engels F., DEL SOCIALISMO UTOPICO AL SOCIALISMO CIENTIFICO, Ed. Progreso.
- Flores C., Medellín E., ANALISIS PRELIMINAR DE LA LEY NUCLEAR, México 1984 (mimeo).
- Grupo de Recursos Humanos del Consejo Técnico Consultivo, Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares, RECURSOS HUMANOS PARA EL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL, ININ, 1981-1982.
- INFORMACION SISTEMATICA, Síntesis periodística nacional, México 1976 a 1985.
- INFORMES PRESIDENCIALES, GDO, LEA, JLP, MMH, diversos años, México.
- INEN, MEMORIA DE LABORES, México (diversos años).
- ININ, BASES GENERALES PARA LA IMPLANTACION DE UN PROGRAMA DE CENTRALES NUCLEOELECTRICAS, México, junio 1981.
- ININ, REPORTE DE AVANCE DE PROGRAMA NUCLEOELECTRICO, México, junio 1981.
- ININ, PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL, México (diversos años; mimeo).
- ININ, ANALISIS DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD PRESENTADOS POR AECL, ASEA-ATOM, Y SOFRATOME, México, julio 1980.
- Morales A., IMPLICACIONES EN INVESTIGACION Y DESARROLLO Y TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA DEL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO NACIONAL, Septiembre 1981.

- OIEA, ESTATUTOS, 1984
- OIEA, ACUERDO RELATIVO A LA PRESTACION DE SERVICIOS DE ENRIQUECIMIENTO DE URANIO PARA UNA CENTRAL NUCLEAR DE MEXICO, 12 de febrero de 1974.
- PEMEX, MEMORIA DE LABORES, México (diversos años).
- Reyes Luján, Javier, PROPUESTA PARA LA ELABORACION DE UN PROGRAMA NACIONAL DE USOS Y APLICACIONES DE LAS RADIACIONES Y LOS RADIOISOTOPOS, ININ, 1981.
- Rivera, Miguel Angel, CRISIS Y REORGANIZACION DEL CAPITALISMO MEXICANO, LA SITUACION AL INICIO DE LOS AÑOS OCHENTA, Tesis de Maestría, DEPEFE, UNAM, 1985.
- Rivera Miguel Angel, LA BANCARROTA DE LA POLITICA ECONOMICA DEL REFORMISMO, en Teoría y Política No.11, julio-diciembre 1983.
- Sánchez GJ, Villalva I, THE LAGUNA VERDE NUCLEAR PROJECT, México, publicado por el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA): IAEA-SM-223/14, (fotocopia sin fecha).
- SEMIP, PROGRAMA DE MEDIANO PLAZO DE LOS ENERGETICOS, México 1983 (borrador).
- SEMIP, PROGRAMA NACIONAL DE ENERGETICOS 1984-1988, México 1984.
- SEPAFIN, PROGRAMA DE ENERGIA, México octubre de 1980.
- SPP, SISTEMA DE CUENTAS NACIONALES, México (diversos años).
- SPP, LA INDUSTRIA PETROLERA EN MEXICO, México 1984.
- SPP, EL SECTOR ELECTRICO EN MEXICO, México 1984.
- SPP, LA INDUSTRIA SIDERURGICA EN MEXICO, México 1984
- SPP, ESCENARIOS ECONOMICOS DE MEXICO, PERSPECTIVAS DE DESARROLLO DE RAMAS SELECCIONADAS 1981-1985, México.
- Súcar, Fuhed, ANALISIS COMPARATIVO DE LOS TRES TIPOS COMERCIALES DE REACTORES NUCLEARES EN RELACION CON SU IMPLANTACION EN EL PROGRAMA NUCLEOELECTRICO DE MEXICO, ININ, México 1981.
- SUTIN, MEMORIAS DE CONGRESOS, México (diversos años).
- SUTIN, ANALISIS, EVALUACION Y RECOMENDACIONES RESULTANTES DE LOS ESTUDIOS DE FACTIBILIDAD, 1980
- Toledo A., LAS TRANSFORMACIONES DEL ESTADO MEXICANO, en Teoría y Política No.10, México, abril-junio 1983.
- URAMEX, PROGRAMA DE DESARROLLO DE LA INDUSTRIA URANIFERA NACIONAL, México 1979-1980
- Villalobos M., J.A., Bueno Z., J.Fco., ESTUDIO DE COSTOS DE LA NUCLEOELECTRICIDAD Y LINEAMIENTOS PARA EL PLANTEAMIENTO DE UN PROGRAMA NUCLEOELECTRICO, de Oficina de Asesores del C. Presidente de la República, México, Septiembre 1982.

- Wionczek, M., PROBLEMAS DEL SECTOR ENERGETICO EN MEXICO, Colegio de México, 1983 (Comp.)
- Villarreal J., Rojas A., NOTAS PRELIMINARES PARA EVALUAR LA EXPERIENCIA DE LA CENTRAL NUCLEOELECTRICA DE LAGUNA VERDE, VERACRUZ, Sección Centro Nuclear del SUTIN, abril 1985 (mimeo).
- Viqueira J., ¿Y DESPUES DEL PETROLEO QUE?, Editia Mexicana
- Viqueira J. Castillo H., LOS ENERGETICOS, EL PETROLEO...¿Y NUESTRO FUTURO?, Representaciones y servicios de Ingenierfa, México 1982.

#### CAPITULO IV

- British Petroleum, BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, London 1984
- INEN, MEMORIA DE LABORES, México (diversos años).
- INFORMES PRESIDENCIALES DE JLP y MMH, México (diversos años)
- REVISTA ENERGIA, México (diversos años)
- SEMIP, PROGRAMA NACIONAL DE ENERGETICOS 1984-1988, México 1984
- SEMIP, BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1984, México 1985
- SEPTIN, PROGRAMA DE ENERGIA, México 1980
- Viqueira J., BALANCE DE ENERGIA DE MEXICO en 1984, México 1985.

U N I D A D E S

A) Valores calóricos de los energéticos producidos en México

Petróleo crudo	1 353 650 KCal/barril
Petróleo crudo equivalente	1 282 314 KCal/barril
Etano	701 700 KCal/barril
Gas Natural	8 460 KCal/m <sup>3</sup>
Gasolinas	1 295 700 KCal/barril
Gas L.P. <sup>1</sup>	1 051 500 KCal/barril
Combustóleo	1 593 000 KCal/barril
Energía Eléctrica Primaria <sup>2</sup>	3 074 KCal/KWh
Energía Eléctrica secundaria <sup>3</sup>	860 KCal/KWh
Carbón <sup>4</sup>	5 000 000 KCal/Ton.
Coque	6 667 920 KCal/Ton.
Uranio	72 500 000 KCal/kg

FUENTE: Comisión de Energéticos, México 1980

1) Densidad 0.54 Ton/m<sup>3</sup>; 2) Valor de sustitución de energía eléctrica considerando una eficiencia de conversión por combustibles fósiles del 28%; 3) Poder calórico al 100% de eficiencia; 4) En el cuadro 2, Cap IV, hemos utilizado: 7,800,000 KCal/Ton.

B) Factores de Conversión

1 calorifa = 4.1868 Joules ; 1KCal = 4.96832 BTU; 1 BTU = 0.252 KCal.  
1 Kilocalorifa = 1,000 Calorifas = 3.96832 BTU = 1.163 watts-hora  
1 Kilowatt-hora = 3,412.14 BTU = 859.845 KCal = 3.6 mega joules (MJ)  
1 QUAD = 10<sup>15</sup> BTU

1 Millón de Barriles de Petróleo = 5.8 x 10<sup>12</sup> BTU  
1,000 Millones de Barriles de Petróleo = 5.8 x 10<sup>15</sup> BTU = 5.8 QUADS

C) Algunas Definiciones

BTU (British Thermal Unit): cantidad de calor necesaria para elevar un grado Fahrenheit una libra de agua que se encuentra a 60o.F

Calorifa: cantidad de calor necesaria para elevar un grado centígrado un gramo de agua que se encuentra a 15o.C

Joule: trabajo producido por la fuerza de un Newton al desplazar, en el sentido de la fuerza, un metro su punto de aplicación.

DEFINICIONES NUCLEARES

**AGUA PESADA:** Moderador y medio de transmisor de calor utilizado en el reactor CANDU (v.)

**ATOMOS:** Componentes básicos de la estructura de toda sustancia que no pueden ser separados por medios químicos. Cada átomo tiene un núcleo compuesto de protones y neutrones, rodeado por electrones. Precisamente sus características básicas devienen del arreglo de electrones y protones.

**COMBUSTIBLE IRRADIADO:** Combustible nuclear que ha sido utilizado en un reactor nuclear y continúa siendo radiactivo.

**CALANDRIA:** Vasija cilíndrica del reactor que contiene el agua pesada, en el caso del reactor tipo CANDU y dentro del cual está el corazón del reactor, conformado con los tubos que contienen el combustible (uranio natural).

**CANDU:** Reactor de manufactura canadiense. CANADA DEUTERIUM URANIUM, indica que el moderador es el dióxido de deuterio o agua pesada y que el combustible es uranio natural.

**CONTENEDOR:** Protección que rodea todo reactor para contener los productos radiactivos que, teóricamente, podrían escapar y afectar a las personas y al medio ambiente

**CORAZON:** Lugar del reactor donde está colocado el combustible: uranio natural o uranio enriquecido.

**CRITICALIDAD:** Condición instantánea que se logra cuando una masa de material fisil es capaz de sostener una reacción en cadena.

**CURIO:** Medida de la tasa de desintegración del material radiactivo. Corresponde a la radiactividad de un gramo de Radio, es decir, 37 mil millones de desintegraciones por segundo.

**COMBUSTIBLE ENRIQUECIDO:** Combustible nuclear que contiene más átomos fisiles que los normales.

**DECAIMIENTO:** Transformación espontánea del material radiactivo de un núcleo a otro o de diferentes estados de energía de un mismo núcleo.

**DEUTERIO:** Isótopo del hidrógeno con número de masa igual a dos. Se encuentra aproximadamente en una parte por cada 7,000 de hidrógeno. Bajo la forma de agua pesada es un moderador para los reactores nucleares.

**DOSIS:** El aumento de radiación ionizante absorbida por unidad de masa

**DIOXIDO DE URANIO (D<sub>2</sub>O):** Forma química del uranio usado en forma de cerámica con la dosis natural de U<sup>235</sup> (0.7%)

- EFFECTOS GENETICOS:** Efectos que producen cambios en los órganos genéticos y que afectan a la prole.
- FISION:** Partición de núcleos en dos partes acompañada del desprendimiento de energía y de neutrones. Puede ser espontánea o inducida por la captura de partículas bombardeadas, especialmente neutrones.
- FUSION:** Formación de núcleos pesados de otros más ligeros, con el consecuente aumento de energía. Se trata del proceso de producción de energía del sol.
- ISOTOPO:** Especies de un mismo átomo con mismo número de protones en su núcleo, pero diferentes en cuanto a neutrones. Las cualidades químicas son prácticamente las mismas; no así las cualidades nucleares.
- MATERIAL FERTIL:** Combustible nuclear potencial, que puede llegar a ser fisiónable mediante la absorción de neutrones.
- MATERIAL FISIL:** Combustible nuclear al que bombardeándolo con neutrones, despiden energía, más neutrones que pueden suscitar una reacción en cadena.
- MASA CRITICA:** Aumento mínimo de material fisil necesario para sostener una reacción en cadena. Depende de la geometría y del enriquecimiento del material y de la presencia de un moderador y un reflector.
- MODERADOR:** Material -agua pesada, grafito, agua ligera- que "atempera" el movimiento de los neutrones producidos por la fisión.
- NEUTRON:** Partícula elemental sin carga con una masa cercana o igual a la del protón.
- NUMERO DE MASA:** Total de protones y neutrones en el núcleo de un átomo.
- PLUTONIO:** Elemento metálico pesado de gran radiactividad con un número atómico de 94, cuyo isótopo  $-Pu^{239}$  - es el mayor elemento fisil conocido. Se produce artificialmente en reactores.
- PROTON:** Partícula elemental con carga igual pero opuesta a la del electrón. Su masa atómica es 1837 veces la de un electrón.
- PRODUCTOS DE FISION:** Los núcleos pequeños formados por la fisión de elementos pesados. De estos se han identificado aproximadamente unos 300, que representan isótopos de 35 elementos diferentes.
- PARTICULAS ALFA:** Partículas con carga positiva emitidas durante el decaimiento radiactivo, que se componen de dos protones y dos neutrones.
- PARTICULAS BETA:** Electrones emitidos de un núcleo durante el decaimiento de un neutrón en un protón.

**REACTOR BWR**(Boiling water reactor):Reactor de Potencia enfriado y moderado con agua ligera y que utiliza uranio enriquecido como combustible.Reactor de agua hirviente.

**REACTOR FBR**(Fast breeder reactor):Reactor en el que neutrones rápidos sostienen la reacción en cadena.El combustible está enriquecido y una "cubierta" de material fértil que rodea el corazón del reactor,captura neutrones convirtiéndose en material fisil.Reactor rápido.

**REACTOR LWR**(Light water reactor):Reactor que utiliza uranio enriquecido como combustible y agua ligera como refrigerante y moderador.Puede ser hirviente(BWR) o a presión(PWR).

**REACTOR PWR**(Pressurized water reactor):Reactor de Potencia enfriado y moderado con agua ligera y que utiliza uranio enriquecido como combustible.Reactor de agua a presión.

**RAD** (Radiation absorbed dosis):unidad de radiación ionizante absorbida;equivale a la radiación abosrbida cuando 100 ergs de energía son recibidos por cada gramo de materia.

**REM**(Roentgen Equivalent Man):unidad de efectos biológicos producidos por la radiación ionizante en la materia. Equivale a RADS multiplicados por un factor que considera o depende de los efectos particulares de l- radiación particular.

**RADIACIONES GAMMA**:radiación electromagnética de alta energía, muy penetrante, de corta longitud de onda, emitida por el nucleo de muchos atomos radiactivos durante el decaimiento.

**TORIO**:Material fértil natural con número atómico 90.(Th).

**TRITIO**:Isótopo radiactivo del hidrógeno con número de masa tres, que tiene un protón y dos neutrones en su núcleo.Se produce en los reactores moderados por agua pesada cuando el deuterio captura un neutrón.

**URANIO**:Elemento metálico, pesado, altamente radiactivo de número atómico 92.En estado natural se encuentra una composición de los isótopos  $U^{235}$  (0.7%) y  $U^{238}$  (99.3%). El uranio artificial  $U^{233}$  y el isótopo natural  $U^{235}$  son fisiles;el  $U^{238}$  es fértil.

**VIDA MEDIA**:Tiempo necesario para que la mitad de los átomos de una substancia radiactiva se desintegren. Cada radionúclido tiene su vida media, que puede ser de milésimas de segundo a miles de millones de años.