

00661

23

Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Contaduría y Administración



Gestión tecnológica y competitividad
en la industria petroquímica secundaria y del
amoníaco en México, 1990 - 2000

Tesis

que para obtener el grado de Maestro en Administración en Organizaciones,
presenta:

Otto René Mansilla Melgar.

207591

Asesor: Dr. Sergio Javier Jasso Villazul.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

CONTENIDO

Indice de cuadros..... vi
Indice de figuras..... viii
Glosario de términos..... ix
Agradecimientos x
Sumario..... xii

PARTE I. METODOLOGÍA Y MARCOS TEÓRICO Y CONCEPTUAL.....1

Capítulo 1. Introducción General y Método de Investigación..... 2

1.1 Planteamiento del problema..... 2
1.2. Hipótesis y objetivos de la investigación:..... 4
1.3. Definición de las variables y el método de estudio..... 4
1.4. Selección de la muestra..... 5
1.5. La medición de las variables..... 5
1.7. La estructura del trabajo..... 6

Capítulo 2. Gestión e Innovación Tecnológica..... 8

2.1 Introducción..... 8
2.2 Definición de gestión tecnológica..... 9
2.3. La teoría del cambio técnico y las ondas de innovación..... 10
2.3.1. La innovación como agente de cambio y desarrollo..... 10
2.3.2. Los tipos y fuentes de innovación..... 11
2.3.3. Ondas de innovación y cambios de paradigma..... 12
2.3.4. Tecnología, sociedad y los Sistemas Nacionales de Innovación..... 14
2.4. Competitividad y tecnología..... 15
2.4.1. Definición de competitividad..... 15
2.4.2. La dinámica evolutiva..... 16
2.4.3. Los ciclos de negocio..... 16
2.4.4. Gestión tecnológica, mercados y competitividad..... 17

PARTE II. EL CONTEXTO INTERNACIONAL.....	18
Capítulo 3. La Industria Petroquímica Internacional: importancia, definición e historia.	19
3.1 <i>Introducción.....</i>	19
3.1.1 <i>De los químicos a los petroquímicos. La perspectiva histórica.....</i>	20
3.2 <i>Importancia y Definición de la Industria Petroquímica.....</i>	21
3.2.1 <i>Importancia de la industria petroquímica.....</i>	21
3.2.2 <i>Definición de productos petroquímicos.....</i>	22
3.2.3 <i>Fuentes de obtención de los petroquímicos.....</i>	23
3.2.4 <i>De la extracción a los productos finales.....</i>	23
3.2.5 <i>Clasificación internacional de los petroquímicos.....</i>	25
3.2.5.1 <i>Los petroquímicos primarios.....</i>	25
3.2.5.2 <i>El desarrollo de los petroquímicos primarios.....</i>	27
3.3 <i>Desarrollo histórico de la petroquímica internacional.....</i>	28
3.3.1 <i>La trayectoria tecnológica predominante y sus orígenes.....</i>	28
3.3.2 <i>La industria petroquímica en los Estados Unidos.....</i>	29
3.3.3 <i>Los principales productores de petroquímicos primarios actuales.....</i>	31
3.3.4 <i>El precio de los petroquímicos.....</i>	32
3.3.4.1 <i>Factores que influyen en el precio.....</i>	32
3.3.4.2 <i>Evolución del precio internacional.....</i>	32
3.3.5 <i>Reservas mundiales de crudo y gas natural.....</i>	34
Capítulo 4. La Industria del Amoníaco en el Mundo.	36
4.1 <i>Introducción.....</i>	36
4.2 <i>Antecedentes e importancia del amoníaco.....</i>	37
4.2.1 <i>La primera síntesis a escala industrial.....</i>	37
4.2.2 <i>Evolución histórica del precio internacional.....</i>	38
4.3 <i>El desarrollo histórico de la tecnología de producto y proceso.....</i>	39
4.3.1 <i>El descubrimiento de la composición.....</i>	39
4.3.2 <i>La primera síntesis de laboratorio.....</i>	40
4.3.3 <i>El equilibrio de la reacción.....</i>	40
4.3.4 <i>El desarrollo de los catalizadores.....</i>	41
4.3.5 <i>El impulso de la guerra a la producción.....</i>	42
4.4 <i>El proceso de producción.....</i>	44
4.4.1 <i>Reformación.....</i>	44
4.4.2 <i>Purificación.....</i>	44
4.4.3 <i>Síntesis del amoníaco.....</i>	44
4.5 <i>Evolución de la forma de producción.....</i>	45
4.5.1 <i>Los cambios anteriores a 1975.....</i>	46
4.5.2 <i>El período de 1975 a 1985.....</i>	47
4.5.3 <i>Los cambios posteriores a 1985.....</i>	47
4.6 <i>La capacidad instalada y el mercado internacional.....</i>	48
4.6.1 <i>La capacidad instalada mundial.....</i>	48
4.6.2 <i>La capacidad instalada en América.....</i>	49
4.6.3 <i>El comercio de amoníaco en América.....</i>	49
4.7 <i>El consumo de energía del proceso.....</i>	51
4.7.1 <i>El consumo energético ideal del proceso.....</i>	51
4.7.2 <i>Cambios en consumo energético de plantas extranjeras.....</i>	52
4.7.3 <i>Distribución del consumo de energía por áreas del proceso.....</i>	52
4.8 <i>Innovaciones tecnológicas extranjeras en amoníaco.....</i>	53
4.8.1 <i>Innovaciones tecnológicas mayores.....</i>	53
4.8.2 <i>Innovaciones tecnológicas extranjeras menores.....</i>	55
4.8.3 <i>Los licenciadores de la tecnología.....</i>	58
4.8.4 <i>Las aplicaciones tecnológicas. Plantas en construcción.....</i>	59

PARTE III. EL CONTEXTO NACIONAL. APERTURA Y EL DESEMPEÑO TECNOLÓGICO Y COMPETITIVO DE LA INDUSTRIA DEL AMONIACO.....61

Capítulo 5. México. El Proceso de Apertura y su Impacto en la Industria Petroquímica y del Amoniaco..... 62

5.1 *Introducción..... 62*

5.2 *El proceso de apertura y desincorporación..... 63*

 5.2.1. *Del proteccionismo al liberalismo. El marco económico y regulatorio. 63*

 5.2.2. *Desgravación arancelaria y eliminación de incentivos. 65*

 5.2.3. *La reclasificación de los petroquímicos. De básicos a secundarios..... 66*

 5.2.4. *Los pasos para la privatización de la industria petroquímica..... 67*

 5.2.4.1. *Primer intento de venta. 68*

 5.2.4.2. *Segundo intento de venta. 69*

5.3. *Los productores de petroquímicos en México. 70*

 5.3.1. *El papel de la iniciativa privada..... 71*

 5.3.2. *El papel de Pemex..... 71*

5.4 *La Industria Mexicana del Amoniaco..... 72*

 5.4.1. *Desarrollo histórico..... 72*

 5.4.2. *La capacidad instalada en México. 73*

 5.4.2.1. *Cambios en la capacidad instalada..... 73*

 5.4.2.2. *Las causas de la disminución de la capacidad..... 74*

5.5. *La cadena productora del gas natural, el amoniaco y los fertilizantes. 74*

 5.5.1. *La desintegración de la cadena productora. 74*

 5.5.1.1. *La privatización del sector de fertilizantes nitrogenados..... 75*

 5.5.2. *La situación de los productores de urea en México..... 76*

 5.5.2.1. *El cierre de importaciones en Asia..... 76*

 5.5.2.2. *La saturación del mercado. 76*

 5.5.3. *El impacto en el mercado mexicano..... 77*

Capítulo 6. Características de la Empresa y de su Gestión Tecnológica.....	79
6.1. <i>Introducción.....</i>	79
6.2. <i>Perfil de la empresa.....</i>	80
6.2.1. <i>Misión y visión.....</i>	80
6.3. <i>Estructura y características de la empresa.....</i>	81
6.3.1. <i>Tipo de propiedad.....</i>	81
6.3.2. <i>Estructura organizacional.....</i>	81
6.3.3. <i>Recursos humanos.....</i>	82
6.3.4. <i>Instalaciones productoras.....</i>	85
6.3.5. <i>Infraestructura de almacenamiento y distribución.....</i>	86
6.3.6. <i>Valor y volumen de las ventas de amoniaco desde 1990.....</i>	87
6.3.7. <i>Consumo de amoniaco por sectores.....</i>	87
6.3.8. <i>Principales clientes.....</i>	88
6.4. <i>La gestión operativa y el cambio tecnológico en la empresa.....</i>	90
6.4.1. <i>La gestión Operativa.....</i>	90
6.4.1.1. <i>Cambios en la operación y administración.....</i>	90
6.4.1.2. <i>La toma de decisiones.....</i>	90
6.4.1.3. <i>El papel del corporativo.....</i>	91
6.4.2. <i>Inversiones, cambio y rumbo tecnológico.....</i>	91
6.4.2.1. <i>Las inversiones.....</i>	91
6.4.2.2. <i>Orientación tecnológica.....</i>	92
6.4.2.4. <i>El aprendizaje de las tecnologías extranjeras.....</i>	93
6.4.2.4.1. <i>La influencia de M.W. Kellogg.....</i>	93
6.4.2.4.2. <i>La transferencia de tecnología.....</i>	94
6.4.2.5. <i>Los cambios tecnológicos.....</i>	94
6.4.2.5.1. <i>Cambios tecnológicos mayores. Ninguno.....</i>	94
6.4.2.5.2. <i>Cambios tecnológicos menores.....</i>	95
6.5. <i>La gestión de recursos humanos.....</i>	98
6.5.1. <i>El reclutamiento.....</i>	98
6.5.2. <i>Los planes de promoción.....</i>	98
6.5.2.1. <i>La promoción para el personal de confianza.....</i>	98
6.5.2.2. <i>La promoción en el ámbito sindicalizado.....</i>	99
6.5.3. <i>La influencia sindical: transformaciones del equilibrio de poder.....</i>	99
6.5.4. <i>La colaboración con las universidades como fuente de innovación.....</i>	100

Capítulo 7. Gestión Tecnológica y Competitividad.....	103
7.1. <i>Introducción.....</i>	103
7.2. <i>Competitividad. Sus aspectos sobresalientes.....</i>	104
7.2.1. <i>Consumo de energía. Nuevas tecnologías y Pecosa.....</i>	104
7.2.2. <i>Utilización de la capacidad instalada.....</i>	104
7.2.3. <i>Costo internacional de producción.....</i>	106
7.2.3.1. <i>Precio del gas natural.....</i>	106
7.2.3.2. <i>Consumos de gas natural.....</i>	107
7.2.3.3. <i>Suministros, refacciones y mano de obra.....</i>	109
7.2.3.4. <i>Costo internacional de producción.....</i>	109
7.2.3.5. <i>Margen bruto de utilidad.....</i>	110
7.3. <i>Participación de mercado y consumo de energía.....</i>	112
7.3.1. <i>Matriz de competitividad.....</i>	112
7.3.2. <i>Análisis estadístico de los datos.....</i>	114
7.3.2.1. <i>Correlación entre consumo de energía y participación de mercado.....</i>	114
7.4. <i>La competitividad del subsector en el mercado mundial.....</i>	115
7.4.1. <i>El amoniaco y la urea, subsectores en retirada.....</i>	115
7.5. <i>Medición de la gestión tecnológica.....</i>	117
7.5.1. <i>Obtención del índice de gestión tecnológica.....</i>	117
7.6. <i>Los Sistemas Nacionales de Innovación (SI) y el aprovechamiento de las ventajas comparativas.....</i>	120
7.6.1. <i>Precio del gas natural.....</i>	120
7.6.2. <i>Volumen de gas desperdiciado en México.....</i>	122
7.6.3. <i>Dependencia de un mercado importador.....</i>	123
7.6.4. <i>Integración de la cadena productora.....</i>	124
7.6.5. <i>Uso del anhídrido carbónico.....</i>	125
Capítulo 8. Conclusiones.....	127
Referencias.....	131
<i>Sitios Web Consultados.....</i>	136
Anexos	
<i>Capítulo 1. Introducción General y Método de Investigación.....</i>	2
<i>Anexo 1-A. Usos del amoniaco.....</i>	137
<i>Capítulo 4. La industria del amoniaco en el mundo.....</i>	36
<i>Anexo 4-A. Diagrama del proceso de obtención de amoniaco.....</i>	138
<i>Capítulo 6. Características de la empresa y de su gestión tecnológica.....</i>	79
<i>Anexo 6-A. Capacidad de producción de amoniaco de las principales empresas.....</i>	139
<i>Anexo 6-B. Localización de la empresa.....</i>	140
<i>Anexo 6-C. Premios y reconocimientos obtenidos.....</i>	141
<i>Anexo 6-D. Misión y visión.....</i>	142
<i>Anexo 6-E. Política de Calidad.....</i>	142
<i>Anexo 6-F. Empresas filiales de Pemex Petroquímica.....</i>	143
<i>Anexo 6-G. Organigrama de la empresa.....</i>	144
<i>Anexo 6-H. Terminales de almacenamiento y distribución de amoniaco.....</i>	145
<i>Anexo 6-I. Organigrama de Pemex Petroquímica.....</i>	146
<i>Capítulo 7. Gestión tecnológica y competitividad.....</i>	103
<i>Anexo 7-A. Cálculo del coeficiente de correlación de Pearson.....</i>	147

INDICE DE CUADROS

Capítulo 1	Introducción general y método de investigación.....	2
	Cuadro 1.1. Capacidad instalada de producción de amoniaco en México, año 2000.....	2
Capítulo 2	Gestión e Innovación Tecnológica.....	8
	Cuadro 2.1. I & D como porcentaje del PIB (1987 y 1997).....	12
	Cuadro 2.2. Ondas de cambio técnico, 1780-1990.....	13
	Cuadro 2.2 Las fuentes del crecimiento económico, 1996.....	15
Capítulo 3.-	La Industria petroquímica internacional, importancia, definición e historia.....	19
	Cuadro 3.1. Principales derivados y usos de los petroquímicos primarios, 1998.....	26
	Cuadro 3.2. Desarrollo mundial de petroquímicos primarios, 1975-1990.....	27
	Cuadro 3.3 Número de autos registrados en estados unidos por década, 1900-1985.....	28
	Cuadro 3.4. Evolución histórica del desarrollo de petroquímicos en EUA,.....	30
	1920-1960.....	30
	Cuadro 3.5 Principales firmas y países productores de petroquímicos primarios, 1991.....	31
	Cuadro 3.6 Reserva mundial de crudo, gas natural y capacidad de refinación, 1997.....	34
Capítulo 4.-	La Industria del amoniaco en el mundo.....	36
	Cuadro 4.1. Cambios en tecnología de producto, industria del amoniaco, 1784-1922.....	39
	Cuadro 4.2. Cambios en tecnología del proceso, industria del amoniaco, 1910-1960.....	43
	Cuadro 4.3. Cambios en la industria del amoniaco, 1913-2000.....	46
	Cuadro 4.4. Distribución mundial de instalaciones construidas, 1970-1999.....	47
	Cuadro 4.5. Capacidad mundial de producción de amoniaco, 1988-1999.....	48
	Cuadro 4.6 Capacidad de producción de amoniaco en América, 1988-1999.....	49
	Cuadro 4.7 Importaciones mundiales de amoniaco por regiones, 1990-1999.....	50
	Cuadro 4.8. Importaciones de amoniaco a Estados Unidos por país de origen, 1995-1999 ..	50
	Cuadro 4.9 Evolución del consumo energético, 1943-2000.....	52
	Cuadro 4.10. Consumo energético en plantas convencionales, 1993.....	52
	Cuadro 4.11. Cambios tecnológicos mayores en tecnología de amoniaco, 1988-2000.....	53
	Cuadro 4.12. Innovaciones tecnológicas en reformación, 1986.....	55
	Cuadro 4.13. Innovaciones tecnológicas en purificación, 1986.....	56
	Cuadro 4.14. Innovaciones tecnológicas en reactor de síntesis, 1986.....	56
	Cuadro 4.15. Innovaciones tecnológicas en síntesis, 1986.....	57
	Cuadro 4.16. Innovaciones tecnológicas en compresión y síntesis, 1986.....	57
	Cuadro 4.17. Innovaciones tecnológicas en sistemas de control, 2000.....	58
	Cuadro 4.18 Número de licencias internacionales en el proceso de amoniaco, 2000.....	58
	Cuadro 4.19. Dinamismo patentador en el proceso de amoniaco y urea, 1976-2000.....	59
	Cuadro 4.20. Nuevas plantas de amoniaco construidas en el mundo, año 2000.....	60
Capítulo 5.-	México, el proceso de apertura y su impacto en la industria petroquímica y del amoniaco.....	62
	Cuadro 5.1. Instrumentos de protección a la industria química, 1985 - 1988.....	66
	Cuadro 5.2. Cambios en la clasificación de productos petroquímicos. 1986 - 1992.....	67
	Cuadro 5.3. Ramas petroquímicas en México según su capacidad instalada, 1997.....	70
	Cuadro 5.4. Producción de petroquímicos en México, 1995-1998.....	71
	Cuadro 5.5. Producción histórica de petroquímicos en Pemex, 1960 - 1999.....	71
	Cuadro 5.6. Incremento poblacional en México. 1961 - 2000.....	72
	Cuadro 5.7. Capacidad de producción de amoniaco y CO ₂ en México, año 2000.....	73
	Cuadro 5.8. Centros productores de urea en México, 1997.....	75
	Cuadro 5.9. Unidades agroquímicas desincorporadas del Estado. 1991 -1992.....	75
	Cuadro 5.10. Producción histórica de urea en Asia. 1990 - 1998.....	76
	Cuadro 5.11. Balanza nacional de urea en México. 1990 - 1998.....	77

Capítulo 6.- Características de la empresa y de su gestión tecnológica.....	79
Cuadro 6.1. Conformación de la plantilla de Pecosa, año 2000.....	82
Cuadro 6.2. Desagregado de trabajadores por departamento de Pecosa. Año 2000.....	83
Cuadro 6.3. Cambios en la estructura de producción de Pecosa. 1960 - 1999.....	85
Cuadro 6.4. Terminales de almacenamiento de amoniaco en México, año 2000.....	87
Cuadro 6.5. Volumen de ventas de amoniaco en Pecosa, 1990 - 1999.....	87
Cuadro 6.6. Cambios en la administración de Pecosa, 1963-2000.....	90
Cuadro 6.7. Montos históricos de inversión e ingresos por ventas.....	92
Cuadro 6.8. Cambios tecnológicos de proceso en la industria del amoniaco en México y su ahorro, 2000.....	96
Cuadro 6.9. Innovaciones tecnológicas en la industria del amoniaco en México. 1963 - 2000.....	97
Capítulo 7.-Gestión tecnológica y competitividad.....	103
Cuadro 7.1 Consumo de energía en plantas modernas y en Pecosa, año 2000.....	104
Cuadro 7.2. Utilización de la capacidad en América. 1996-2000.....	106
Cuadro 7.3. Diferencias en precios internacionales del gas natural, 1990-2000.....	107
Cuadro 7.4. Consumo internacional de gas natural, países seleccionados, 1990-2000.....	108
Cuadro 7.5. Costo internacional de amoniaco por concepto de gas natural, 1990-2000.....	108
Cuadro 7.6. Otros costos de producción internacionales, 1990-2000.....	109
Cuadro 7.7. Costo total de producción en países seleccionados, 1990-2000.....	109
Cuadro 7.8 margen de utilidad bruto internacional, 1990-2000.....	110
Cuadro 7.9. Plantas de amoniaco fuera de operación en EUA en el año 2000.....	111
Cuadro 7.10. Participación de mercado en América y consumo de energía, 1999.....	114
Cuadro 7.11. Volumen de importación de amoniaco y urea a Estados Unidos, 1993-1998..	116
Cuadro 7.12. Participación de mercado y sector del amoniaco y la urea, 1993-1999.....	117
Cuadro 7.13. Obtención del índice de gestión tecnológica, año 2000.....	118
Cuadro 7.14. Estructura de precio de gas natural en América, año 2000.....	121
Cuadro 7.15. Gas natural enviado a la atmósfera en México, 1988-1999.....	121
Cuadro 7.16. Gas natural importado en Estados Unidos, 1990-1999.....	124
Cuadro 7.17. Usos del anhídrido carbónico.....	125
Cuadro 7.18. Anhídrido carbónico enviado a la tmósfera en México, 1991-1999.....	126

INDICE DE FIGURAS

Capítulo 1.-Introducción general y método de investigación.....	2
1.1.- Participación de México en el mercado Latinoamericano del Amoniacó.....	2
Capítulo 3.- La Industria petroquímica internacional, importancia, definición e historia.....	19
3.1.- Principales derivados del crudo, gas natural y carbón.....	22
3.2.- Porcentaje de insumos para la obtención de petroquímicos primarios en EUA.....	23
3.3.- Producción de petroquímicos derivados del gas natural.....	24
3.4.- Precio de los petroquímicos primarios.....	33
3.5.- Rentabilidad de industria petroquímica y capacidad utilizada, EUA.....	33
Capítulo 4.- La Industria del amoniacó en el mundo.....	36
4.1.-Evolución del precio del amoniacó, usd/ton, 1972-2000.....	38
4.2.-Crecimiento poblacional mundial, 1960-2000.....	45
4.3.-Flujo mundial de importaciones de amoniacó, 1999.....	50
Capítulo 6.- Características de la empresa y de su gestión tecnológica.....	79
6.1.-Número de trabajadores/tonelada de amoniacó en países seleccionados, 1997.....	84
6.2.-Distribución de las ventas por sectores, 1990-octubre 2000.....	88
6.3.-Los diez principales clientes, 1997.....	89
6.4.-Estados con aplicación directa de amoniacó en México, 1998.....	89
6.5.-Proyección del balance oferta demanda en México, 1996.....	93
Capítulo 7.-Gestión tecnológica y competitividad.....	103
7.1.-Utilización de la capacidad instalada en Pecosá, 1990-2000.....	105
7.2.-Planta de amoniacó en venta en EUA, año 2000.....	111
7.3.-Matriz de competitividad internacional de países productores de amoniacó, 1990-2000.....	113
7.4.-Utilización del gas natural en México por sectores, 1997.....	123
7.5.-Flujos de importación-exportación de gas natural en Estados Unidos.....	124

Glosario de términos

Término	Definición
CO ₂	Bióxido de carbono, en su estado natural es un gas llamado también anhídrido carbónico.
°C	Grados centígrados.
LHV	Lower heating Value o valor inferior de calentamiento, resulta de la suma de los poderes caloríficos de los hidrocarburos por su composición molar, sin tomar en cuenta el calor latente de vaporización del agua formada en la combustión.
HHV	Higher heating Value o valor superior de calentamiento. Idem al anterior pero tomando en consideración el calor latente de vaporización del agua que se forma en la combustión.
St	Short Tonne o toneladas cortas.
Mt	Toneladas métricas, equivale a 1.1029 toneladas cortas
Retrofit	Modificación al flujo o equipo de proceso para mejorar su eficiencia
Gas de síntesis	Es el gas con la relación necesaria para producir amoniaco, es decir que contiene 3 moléculas de hidrógeno y 1 de hidrógeno
Gas de purga	El gas que se requiere sacar del circuito de síntesis para impedir su sobrepresionamiento
Btu	Unidad térmica Británica, es la cantidad de energía térmica necesaria para incrementar 1 grado centígrado la temperatura de 1 gramo de substancia
DCS	Sistema de control distribuido. Es un sistema de control de la instrumentación que opera enviando señales de pulsos digitales electrónicos a los elementos finales de control o válvulas de proceso.
Control Avanzado	Sistema que opera con base en optimización de los circuitos de un proceso
Arranque	Se refiere al momento en que entra a operar una instalación industrial
Capacidad Instalada	Se refiere a la producción de diseño de una instalación fabril
-AG	Cambio de la energía libre cuando los reactivos se convierten en productos. El signo (-) representa que la reacción ocurre de manera espontánea
-AH	Es el cambio de entalpia de la reacción. Representa la diferencia entre las entalpias de productos y las entalpias de reactivos en una reacción química. El signo (-) representa liberación de calor por parte del sistema .

Agradecimientos y dedicatoria.

Agradezco el apoyo del personal académico y administrativo de la U.N.A.M., en particular del Dr. Javier Jasso Villazul por su paciente guía y en especial por la amistad con que me distingue.

Dedico este trabajo a mi padre (q.e.p.d.), a mi madre, hermanos, a Lulú, Salo y Beto, y a toda nuestra familia.

Sumario.

En esta investigación se analiza el desempeño de la gestión tecnológica en la industria mexicana del amoniaco y su impacto en la competitividad internacional de este subsector económico durante los años 1990 a 2000.

La industria mexicana del amoniaco fue hasta hace menos de dos décadas la más importante de su tipo en Latinoamérica y una de las más sobresalientes a nivel mundial en términos de su capacidad instalada. En 1981 una empresa mexicana, Petroquímica Cosoleacaque, S.A. de C.V., era el principal productor de amoniaco en el orbe. Sin embargo, para mediados del año 2000 esta industria en conjunto muestra una debilidad creciente debido entre otros factores a su poca efectividad en su gestión tecnológica.

Este análisis es útil para explicar el desempeño tecnológico y competitivo de este subsector de la industria petroquímica mexicana.

La principal conclusión de esta investigación es que la gestión tecnológica realizada en la industria mexicana del amoniaco y el Sistema Nacional de Innovación en México han sido poco efectivos, lo que ha provocado resultados de competitividad internacional poco satisfactorios.

Parte I. Metodología y marcos teórico y conceptual.

Ha de considerarse que no hay cosa más difícil de emprender, ni de resultado más dudoso, ni de más arriesgado manejo que el ser el primero en introducir nuevas disposiciones, porque el introductor tiene por enemigos a todos los que se benefician de las instituciones viejas, y por tibios defensores a todos aquéllos que se beneficiarán de las nuevas; tibieza que procede en parte, de la incredulidad de los hombres, quienes no creen en ninguna cosa nueva hasta que la ratifica una experiencia firme.

Nicolás Maquiavelo (1513), El príncipe.

Capítulo 1. Introducción General y Método de Investigación.

1.1 Planteamiento del problema.

El amoniaco es un producto para empleo agrícola e industrial. En todo el mundo, aproximadamente 86 por ciento del total se dedica a la fabricación de fertilizantes; otro 10 por ciento se emplea en la aplicación directa al suelo para la agricultura; el 4 por ciento restante se ocupa en la fabricación de pesticidas, fibras acrílicas y explosivos entre otros (véase anexo 1.A). En México existen tres empresas productoras de amoniaco: Petroquímica Camargo, Petroquímica Cosoleacaque y la refinería de Salamanca. En el cuadro 1.1 aparecen sus capacidades de producción, y como se observa, en México la empresa más importante por su volumen de producción es Petroquímica Cosoleacaque.

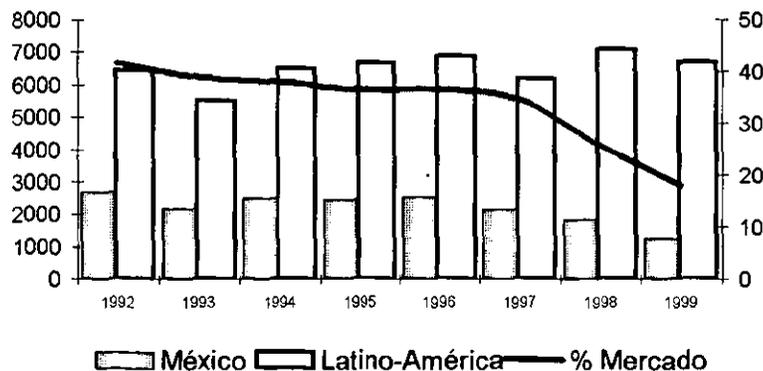
CUADRO 1.1
CAPACIDAD INSTALADA DE PRODUCCIÓN DE AMONIACO EN MÉXICO, AÑO 2000.
Porcentajes por empresa.

Compañía	Toneladas/día	Porcentaje
Petroquímica Cosoleacaque	6347	83
Refinería de Salamanca	907	12
Petroquímica Camargo	400	5
Total Nacional	7654	100

Fuente: Pemex, Memoria de Labores, varios años

En los últimos años, la industria del amoniaco en México ha perdido participación en el mercado latinoamericano y mundial: en 1992 contribuía con 42 por ciento con respecto a los principales competidores en América Latina. Para el año 1998 su participación descendió a menos de 25 por ciento y en 1999 cayó a 18 por ciento. (figura 1.1):

figura 1.1 Producción de Amoniaco en México y América Latina
1992-1999, en Toneladas y Participación de mercado en %.



Fuente: elaboración propia con base en Fertecon y Memoria de Labores de Pemex, varios años

El proceso de globalización económica provocó que las empresas productoras de amoniaco en todo el mundo tiendan a abatir sus costos y penetrar en otros mercados internacionales, a través de cambios e innovaciones tecnológicas. Esta nueva estrategia ha sido insuficientemente seguida por los competidores mexicanos. Ello ha generado pérdida de competitividad para los productores mexicanos de este producto. Por ejemplo, desde 1997 la planta de Salamanca dejó de operar y en 1999 y 2000 la de Camargo solo produjo esporádicamente. En Petroquímica Cosoleacaque se operó al 90, 83 y 60 por ciento de la capacidad instalada durante 1997, 1998 y 1999 respectivamente, y para el primer semestre del año 2000 se operó por debajo del 49 por ciento de la frontera productiva. Esto debido a que sus costos de producción son muy altos internacionalmente.

Por ello, esta investigación analiza la gestión tecnológica de la única empresa que aún produce en México y en particular las innovaciones tecnológicas realizadas y su impacto en su competitividad internacional. Estos hechos nos llevan a plantearnos y dar respuesta a la siguiente pregunta principal:

- ¿Ha sido efectiva la gestión tecnológica desarrollada en Petroquímica Cosoleacaque para ser competitiva internacionalmente?

Otras preguntas relacionadas con la principal son:

- ¿Existe alguna relación entre la gestión tecnológica y la competitividad?
- ¿Es competitiva la industria mexicana del amoniaco a nivel internacional?
- ¿Las empresas mexicanas de este subsector económico realizan innovaciones tecnológicas?
- ¿Qué tipo de innovaciones tecnológicas se han efectuado en Petroquímica Cosoleacaque ?
- ¿Cuál ha sido el papel del diseñador de las plantas de amoniaco de Petroquímica Cosoleacaque, S.A. de C.V en el desarrollo de estas innovaciones tecnológicas?
- ¿En qué áreas se han logrado los avances tecnológicos más importantes en la producción de amoniaco internacionalmente?
- ¿Han sido suficientes las innovaciones tecnológicas desarrolladas en Petroquímica Cosoleacaque para ser competitiva en el esquema actual de negocios, altamente globalizado?

- ¿De qué manera han afectado los cambios de la gestión tecnológica la competitividad de las empresas?
- ¿Qué orientación han tenido las innovaciones tecnológicas en el proceso de obtención de amoniaco en el mundo?
- ¿La pérdida de competitividad de los productores mexicanos de amoniaco se debe exclusivamente a problemas de gestión tecnológica?
- ¿De qué manera ha influido el Sistema Nacional de Innovación en la competitividad de este subsector productivo?
- ¿Porqué no ha sido competitiva la industria mexicana del amoniaco?
- ¿Qué factores son necesarios para incrementar su dinámica innovadora y en su caso, mejorar la gestión tecnológica de esta empresa?

1.2. Hipótesis y objetivos de la investigación:

Hipótesis.- La gestión tecnológica identificada por los cambios e innovaciones tecnológicas en Petroquímica Cosoleacaque, ha sido poco efectiva en función de sus costos de producción, lo que ha provocado que su competitividad internacional sea cada vez menos satisfactoria. El objetivo principal de esta investigación es conocer la manera en que los cambios en la gestión tecnológica han afectado la competitividad de la empresa.

Otros objetivos de carácter secundario son:

- Determinar el grado de competitividad internacional de Petroquímica Cosoleacaque.
- Conocer las principales diferencias que influyen en la competitividad entre la industria del amoniaco en México y los líderes en América.
- Conocer la problemática de la industria del amoniaco en México.
- Definir la forma y el tipo de innovaciones tecnológicas que se han efectuado en Petroquímica Cosoleacaque.
- Definir los factores necesarios para incrementar la dinámica innovadora y en su caso, mejorar la gestión tecnológica de la empresa.

1.3. Definición de las variables y el método de estudio.

Variable independiente (Y) = La gestión tecnológica de la empresa Petroquímica Cosoleacaque.

Variable dependiente = La competitividad internacional de las empresas productoras de amoniaco seleccionadas.

Se trata de un estudio no probabilístico que seguirá la línea de investigación deductiva, es decir de lo general a lo particular, basado en documentación específica sobre el tema en libros, revistas, periódicos, artículos, internet, publicaciones especializadas y entrevistas. El diseño y la investigación serán de tipo observacional, ya que solo se describirá o medirá el fenómeno estudiado; retrospectiva, debido a que se cuenta con una parte de la información, el resto está por obtenerse; longitudinal, pues ello implica el seguimiento, para estudiar la evolución de las unidades en el tiempo y comparativa: se requiere comparar algunas variables. La unidad de medida será de relación, ya que se asignan números para señalar la intensidad de las características, y se busca mantener la igualdad de las relaciones o proporciones.

1.4. Selección de la muestra.

La unidad de análisis será la industria del amoniaco en México comparada con los demás países productores de amoniaco del continente americano. La población a estudiar serán los productores de amoniaco en México durante la década de 1990 al 2000. La muestra será la empresa Petroquímica Cosoleacaque; esta selección se justifica porque es la empresa que tiene el mayor porcentaje de capacidad productiva instalada (86 por ciento), en comparación con las otras dos (14 por ciento) y porque es la única que ha producido de forma ininterrumpida durante los últimos tres años.

1.5. La medición de las variables.

En esta investigación empleamos diversos indicadores para señalar las diferencias en competitividad, vr.gr. costos de producción, utilización de la capacidad instalada, consumo de energía y participación de mercado, que nos permiten identificar y comparar las diferencias competitivas en el ámbito empresarial a nivel de países productores. También se analiza el dinamismo del subsector mediante el criterio de ventajas comparativas reveladas, que se basa en la dinámica de las exportaciones de un país en el mercado mundial. Para medir el grado de competitividad consideramos elementos relacionados con el nivel de evolución

tecnológica y la participación de mercado. Ello nos servirá para identificar el grado de competitividad real¹ de la industria mexicana con respecto a otros productores internacionales. Por otra parte, para diferenciar los factores endógenos y separarlos de aquellos de carácter ajeno a la empresa recurrimos al cálculo del índice de gestión tecnológica, con base en las variables más importantes para esta industria, lo cual nos permite determinar el alcance de los factores exógenos y la influencia del Sistema de Innovación sobre la competitividad internacional del subsector.

1.7. La estructura del trabajo.

El trabajo está dividido en tres partes. En la primera sección presentamos la introducción general y los aspectos metodológicos de la investigación, así como la definición del marco teórico de la innovación y gestión tecnológica, donde resumimos los elementos más importantes de esta nueva teoría necesarios para abordar y comprender la dinámica del cambio tecnológico y su relación con la competitividad empresarial.

En la segunda parte presentamos el contexto internacional en que se sitúa la investigación. Aquí describimos los orígenes de la industria petroquímica internacional y los factores que contribuyeron a darle fortaleza y consolidarla mundialmente; presentamos evidencia empírica que fortalece la teoría del crecimiento endógeno y concretamente muestra cómo se desarrolló la industria petroquímica con base en una adecuada gestión de la innovación y el cambio tecnológico. En el capítulo cuatro mostramos la información más relevante de la industria del amoníaco en el mundo, sus orígenes, evolución histórica y cambios técnicos más importantes, necesarios para entender los diversos paradigmas que han dominado esta actividad industrial.

La tercera parte comprende del capítulo cinco al ocho. En el capítulo cinco sintetizamos la evolución histórica de la industria del amoníaco en México. Allí describimos también el contexto de apertura económica y el ambiente de privatización en los que se sitúa el análisis. En el capítulo seis presentamos a la empresa motivo de esta investigación. Se conocerán sus características más destacadas, su evolución e importancia en el plano nacional e internacional. Desarticulamos de la empresa sus miembros fundamentales, para facilitar el análisis y la comprensión del fenómeno estudiado a través de sus transformaciones y cambios. Al integrar nuevamente la empresa como un todo describimos también

¹ El empleo de uno solo de estos indicadores daría idea únicamente de la

sus mecanismos para allegarse y explotar la tecnología y la forma en que ésta ha sido administrada. En el capítulo siete se presentan las resultantes de la gestión tecnológica sobre la competitividad, medida con base en la evolución propia y también con respecto a otras prácticas internacionales. Finalmente, en el capítulo ocho mostramos las conclusiones obtenidas, que se contrastan a la luz de los objetivos y la hipótesis planteados al inicio de la investigación, permitiendo determinar si se alcanzaron las metas trazadas.

Capítulo 2. Gestión e Innovación Tecnológica.

2.1 Introducción.

En este capítulo mostramos algunos elementos fundamentales de la teoría del cambio técnico, necesarios para comprender la importancia del análisis de la innovación y el cambio tecnológico surgidos desde el interior de las empresas. Conscientes de toda limitación de espacio y capacidades hemos intentado recrear la perspectiva dinámica del desarrollo económico asociado al movimiento continuo que se genera dentro de las empresas y los efectos de dichos cambios sobre la evolución de los sectores que interactúan con ellas. La adopción de esta perspectiva implica un necesario rechazo de la teoría neoclásica del desarrollo por cuanto ésta tiende a considerar a la tecnología como un elemento común y disponible para todas las empresas en un mercado de fácil acceso. Reconocemos también que dadas las características del proceso de innovación, el saber convencional es poco relevante, y que no existen recetas fáciles y generales para el éxito (Pavitt, 1995, p. 364). Afirmamos, en cambio, que los conocimientos y las habilidades necesarios para posicionarse competitivamente nacen y se desarrollan en el interior de las empresas incluso cuando la tecnología es de naturaleza foránea por cuanto su adopción implica un proceso de aprendizaje y adaptación locales. Estos supuestos sirven de base para establecer una definición de competitividad ligada estrechamente a la gestión e innovación tecnológica, en el marco del medio social circundante.

2.2 Definición de gestión tecnológica.

La gestión tecnológica, llamada también administración de la tecnología, (*technology management*) ha sido relacionada por algunos autores con dos factores primordiales: la tecnología propiamente, su forma, método de apropiación y aplicación y la capacidad de la organización para traducir un éxito tecnológico en un éxito comercial (Twiss & Goodridge, 1989). Otros afirman que una gestión tecnológica exitosa precisa la alineación (congruencia) entre la estrategia tecnológica - comercial y la estructura organizacional (Thusman,1997). Por otra parte, Hayes (1984) concluye que el resultado de una adecuada gestión otorga a una empresa la habilidad para dominar el conflicto entre la continuidad y el cambio rápido.² Puede definirse a la gestión tecnológica como la planeación, desarrollo e implementación de las capacidades tecnológicas con el propósito de lograr los objetivos estratégicos y operacionales de la organización (Waterloo University, 2000). El elemento común en la literatura es la aplicación de los principios administrativos a la tecnología, comprendida ésta en un espectro amplio como insumo para la producción en el que se incluyen los procesos tangibles y los organizacionales, sus características y conformación de tal suerte que la empresa o sus dirigentes pueda inquirir y responder prioritariamente a planteamientos acerca de cómo funciona la tecnología actual, sus límites y su potencial así como los límites y el potencial de las tecnologías de lo competidores, los recursos técnicos y económicos que esas tecnologías requieren para alcanzar los mercados, la dirección y velocidad del cambio así como las opciones técnicas disponibles, su costo, probabilidad de fracaso y beneficios potenciales. Con base en ello, se han identificado varios aspectos que identifican a una buena gestión de la tecnología: el mantenimiento del inventario tecnológico de la organización, importante para conocer sus alcances y potencialidades; la congruencia entre la estrategia tecnológica, la de mercado y la estructura organizacional, que se deriva de alinear los sistemas organizacionales y las capacidades tecnológicas a las necesidades del mercado al que sirve o espera servir en el futuro la empresa; el desarrollo del capital humano como palanca para la generación y asimilación de conocimiento (de

² En sus estudios sobre numerosas compañías norteamericanas de alta tecnología estos autores identifican seis factores de éxito: especialización en los negocios, adaptabilidad, cohesión organizativa, cultura empresarial, sentido de la integridad y dedicación de la gerencia. Paradójicamente tres de ellas representan estabilidad y conservadurismo, mientras las otras (adaptabilidad, cultura empresarial y compromiso directivo) son sinónimos de cambio rápido

acuerdo con numerosos casos citados en la literatura, la conformación de una cultura de éxito entraña la tolerancia a los errores, intolerancia a la inactividad y el premio palpable a los cambios que originen mejoras en la organización); así como también se considera necesaria una adecuada gestión de proyectos, lo que entre otras cosas implica el cómo la empresa define y selecciona sus proyectos tecnológicos, todo ello tendiente a mostrar un impacto positivo en las ventas, crecimiento de los mercados o la rentabilidad del negocio.

2.3. La teoría del cambio técnico y las ondas de innovación.

Se viven épocas de cambio. El mundo enfrenta una gran transición en todos los órdenes. Los conceptos tradicionales que explican los fenómenos económicos también están inmersos en esta dinámica transformadora. A la concepción clásica del modelo económico ceñido a la teoría del mercado perfecto, el equilibrio y la maximización de ganancias, se opone una nueva visión del auge y estancamiento de los sectores económicos, empresas y países (Katz, J., 1994, pp.273). Desde esta nueva perspectiva, cuyas raíces se basan en el trabajo de Schumpeter (1942), el papel de la tecnología es primordial para comprender el desarrollo económico. Los inventos, al lograr penetrar en los mercados, dejan de serlo para convertirse en innovaciones tecnológicas (Freeman, C. 1997), y del desarrollo de estas depende la evolución económica de las sociedades.

2.3.1. La innovación como agente de cambio y desarrollo.

La innovación es la utilización de conocimiento nuevo para ofrecer un nuevo producto o servicio que desean los clientes. Es invención + comercialización. La innovación es importante para aumentar la riqueza de las naciones no solo en el limitado sentido de aumentar la prosperidad, sino también en el sentido más fundamental de permitir que se hagan las cosas que nunca antes se habían hecho. (Freeman, C, 1997).

Hasta el momento, la innovación tecnológica ha sido considerada en la periferia y no como el eje o motor de la actividad económica. Una gran parte de la teoría económica se interesaba por las fluctuaciones a corto plazo en la oferta y demanda de bienes y servicios. El cambio técnico permanecía en el margen y no en el centro del análisis económico. Desde esta nueva perspectiva, el proceso de inversión es tanto de producción y distribución del conocimiento como de producción y uso de bienes de capital, lo cual involucra el avance de la ciencia y la

tecnología. La inversión "intangible" en nuevo conocimiento y su diseminación son los elementos críticos, más que la inversión "tangible" en ladrillos y máquinas (Salomon 1994). Este conocimiento puede ser de dos tipos: incremental y radical.

2.3.2. Los tipos y fuentes de innovación.

Si consideramos que el conocimiento sustenta la capacidad de una compañía para ofrecer productos, entonces a un cambio en el conocimiento corresponderá un cambio en la capacidad de la compañía para ofrecer un nuevo producto. Este cambio en el conocimiento puede ser de dos tipos: incremental y radical (Pavitt, 1984). Se dice que una innovación es radical si el conocimiento tecnológico necesario para explotarla es muy diferente del conocimiento existente y lo hace obsoleto. Estas innovaciones son conocidas como "destructoras de competencias" y generalmente conjuntan conocimiento de varias ramas. Los nuevos sistemas de transferencia electrónica de información, por ejemplo, han desplazado completamente a las formas antiguas de manejo de documentos.

Por otra parte, en las innovaciones incrementales el conocimiento necesario para ofrecer un producto se basa en el conocimiento existente, por lo que se dice que incrementa las competencias, como por ejemplo los sistemas de telefonía celular que se basan en pequeños cambios a invenciones anteriores. La mayoría de las innovaciones son de tipo incremental.

Las fuentes de innovación se han desplazado, de los "sujetos de aguda y observadora mente" descritos por Adam Smith cuyo éxito estaba asociado a una curiosa mezcla de creatividad empresarial, acceso a mercados en crecimiento, recursos económicos para invertir en nuevos proyectos y una gran inventiva técnica (Freeman, 1997), hasta la fuente más importante en la actualidad que son los laboratorios de Investigación y Desarrollo (I&D) de las grandes corporaciones multinacionales, 95 por ciento de las cuales proceden de los países más desarrollados (véase cuadro 2.1) y que invierten gigantescas sumas de dinero en dichos departamentos. Concretamente podemos referirnos al caso de Corea, la nación de reciente industrialización que más invierte en este tipo de actividades y que durante 1997 gastó cerca de 3 mil millones de dólares, el equivalente de lo que una sola empresa, General Motors, invirtió ese mismo año. También destaca el caso de la empresa Glaxo-Wellcome que invierte cerca de 1 mil millones de dólares, más que toda la inversión realizada por el sector farmacéutico de los seis países recién industrializados del cuadro 2.1 (Forbes y Wield, 2000).

CUADRO 2.1.
I & D COMO PORCENTAJE DEL PIB (1987 y 1997).
Varios países seleccionados.

País	1987	1997	País	1987	1997
EUA	2.9	2.5	Corea Sur	1.8	2.8
Japón	2.8	2.8	India	0.9	0.8
Suecia	2.7	3.6	Taiwan	0.9	1.9
Alemania	2.6	2.4	Brasil	0.9	0.6
R. Unido	2.3	1.9	Singapur	0.5	1.5
Canadá	1.5	1.6	México	0.3	0.3

Fuente: Forbes y Wield, (2000), *managing R&D in Technology Followers*, p.1100

Es importante señalar que debido al elevado costo que la I&D implica, así como a las capacidades y características de cada empresa, la estrategia a seguir difiere, pudiéndose seleccionar una estrategia de liderazgo tecnológico o bien de tipo seguidor. En el primer caso la inversión requerida es mayor debido al costo asociado con la incertidumbre tecnológica, ya que dichas empresas pueden estar cerca o lejos de la frontera tecnológica, pero siempre intentan cambiarla hacia nuevos derroteros; por otra parte, para los seguidores tecnológicos la preocupación fundamental no consiste en generar nuevas tecnologías, sino en la dirección que sus cambios deberán tomar para acercarse lo más posible a las trayectorias previamente definidas y que generalmente ocurre de manera incremental. Por ejemplo, desarrollar las impresoras láser significó cambios de tipo radical; la asimilación y mejora para crear impresoras láser más eficientes, en cambio, solo requirió cambios incrementales con mucho mayor grado de certidumbre, por cuanto el producto había sido aceptado comercialmente. Otras fuentes importantes de innovaciones, además de las unidades de I&D, son las que resultan de las actividades propias de la empresa y sus funciones; las que resultan de las relaciones con contratistas, proveedores, clientes y competidores; los laboratorios de universidades, gobierno o instituciones privadas (Afuah, 1999). Independientemente del tipo y fuente de innovación de que se trate, se ha notado que a menudo cuando un gran número de éstas ocurren simultáneamente, ello da lugar a cambios en los estilos de comportamiento social conocidos como cambios de paradigma.

2.3.3. Ondas de innovación y cambios de paradigma.

Se ha observado que un conjunto de innovaciones da lugar a formas de pensamiento y patrones culturales de comportamiento conocidos como paradigmas. Según Carlota Pérez (1992) el proceso de propagación de cada paradigma u onda

tecnológica pasa por cuatro distintos períodos: difusión inicial, rápido crecimiento temprano, rápido crecimiento tardío y madurez.

Durante el período de difusión inicial, cuando aparece un paradigma, éste trae consigo racimos de innovaciones radicales en un producto y procesos, proporcionando múltiples oportunidades para efectuar nuevas inversiones y dando lugar al nacimiento de nuevas industrias, sistemas y subsistemas tecnológicos. Cuanto más se afirman las nuevas industrias y la nueva lógica en la esfera productiva, tanto mayor es la presión que éstas ejercen en las instituciones para que estas se adapten y tanto mayor es el potencial de crecimiento reprimido por su inercia. De modo que cuando se desata finalmente el auge, muchos sectores e industrias, los nuevos y los renovados, están listos para emprender un proceso de rápido crecimiento, explotando cadenas de innovaciones sucesivas. Estas, a su vez, pueden ramificarse en nuevos subsistemas y expandirse hacia otras actividades nuevas. Este período de auge fácil y fluido de las posibilidades implícitas en un paradigma constituye la "edad de oro" del crecimiento (Pérez, C., 1992).

Por ejemplo, en el cuadro 2.2 se resumen las ondas de cambio técnico identificadas, la característica del sistema, la principal fuente de energía así como el insumo de gran disponibilidad y bajo precio que las ha caracterizado:

CUADRO 2.2.
ONDAS DE CAMBIO TÉCNICO, 1780-1990.
Ondas de Kondratieff, insumos y forma de energía.

Fecha Aprox	Onda de Kondratieff	Energía	Insumo barato
1780-1840	Revolución industrial	Hidráulica	Algodón
1840-1890	Era del vapor y los ferrocarriles	Vapor	Carbón, fierro
1890-1940	Era de la electricidad y el acero	Electricidad	Acero
1940-1990	Producción en masa (Fordismo)	Crudo	Crudo, plásticos
1990-?	Computadores, Microelectrónica, biotecnología	Gas-crudo	Microelectrónica

Fuente: Freeman y Soete (1997) *The Economics of Industrial Innovation*, pp.4

Sin embargo, a la postre los mercados empiezan a saturarse, los productos y los procesos se estandarizan, las largas familias de productos llegan al punto de agotamiento y las innovaciones incrementales en los procesos logran escasos aumentos de productividad. La experiencia acumulada en cada industria y en el mercado es tal que cada nuevo producto de la cadena alcanza la madurez con mayor rapidez que sus antecesores. Como resultado de ello, muchos de sus productos, industrias y sistemas tienden a madurar aproximadamente en el mismo período, con lo que el paradigma arriba a la última fase de su ciclo de vida.

Un nuevo paradigma no es solo un nuevo conjunto de industrias y productos que crece al lado del antiguo. Es una nueva lógica que abarca de manera gradual todas las actividades productivas que van a los mercados. Lo que hace el paradigma es redefinir las condiciones de la competitividad. También proporciona los medios para lograrla en materia de equipos y, particularmente, en cuanto a criterios de eficiencia de un nuevo modelo de organización y gestión. La consolidación de este proceso, sin embargo, no es independiente del medio social circundante, sino que está estrechamente vinculado a las características del marco social.

2.3.4. Tecnología, sociedad y los Sistemas Nacionales de Innovación.

La ciencia y la tecnología no son factores exógenos que determinen la evolución de una sociedad independientemente de sus factores históricos, sociales, culturales, políticos o religiosos. Como subraya un informe reciente del Consejo Internacional para el Estudio de Políticas Científicas (IECSPS, 1992):

...las innovaciones y los cambios tecnológicos no pueden producir sus efectos socialmente benéficos si los contextos culturales no están preparados para absorberlos e incorporarlos y para lograr las transformaciones estructurales que se requerirán, lo cual es un proceso mucho más difícil y complejo que la mera transferencia de recursos.

La rápida difusión de una nueva tecnología no implica en sí misma un cambio social rápido. Participan otros factores, como las políticas económicas, sociales y educativas, las negociaciones y los acuerdos entre grupos de interés, las arraigadas costumbres de la vida diaria y de las instituciones sociales, los valores y las tradiciones de la sociedad. Es necesario subrayar que la ciencia y la tecnología no son variables independientes en el proceso de desarrollo; forman parte de un marco humano, económico, social y cultural configurado por la historia (Salomon, J., F. Sagaste, & C. Sachs, 1996). El énfasis en la importancia del entorno que forman los elementos reseñados y la interacción entre ellos, implica un modo de ver el progreso técnico tal que su generación y adaptación se perciben como dependientes de un Sistema Nacional de Innovación, definible como "el conjunto de agentes, instituciones y normas de comportamiento de una sociedad que determinan el ritmo de importación, generación, adaptación y difusión de conocimientos tecnológicos en todos los sectores productores de bienes y servicios" (Rodríguez, 1998, p.774). Destacan por su importancia para esta investigación

algunos elementos de dicho sistema, como el impacto de las políticas económicas y regulatorias, las decisiones gubernamentales acerca de las barreras comerciales o sus incentivos, que afectan de manera importante el ambiente institucional y con ello modifican la estructura que conforma la competitividad empresarial .

2.4. Competitividad y tecnología.

2.4.1. Definición de competitividad.

En el plano micro económico, la competitividad se refiere a la capacidad de las empresas para competir, aumentar sus ganancias y crecer (OCDE, 1992, pp. 237). El planteamiento estático se basa en costos y precios; la perspectiva dinámica incluye también las características de la organización, su capacidad para emplear la tecnología, la calidad y funcionamiento de sus productos y recientemente, la capacidad para influir en los mercados globalizados.

En la actualidad los pilares más importantes de la competitividad resultan de la innovación tecnológica, las formas de organización y el uso adecuado del capital humano en todas las fases de los procesos productivos; el otro pilar está integrado por el precio y los costos (OCDE, 1992).³ De acuerdo con algunos estudios realizados en los países más desarrollados, el cambio tecnológico es el principal factor de crecimiento económico (cuadro 2.2).

CUADRO 2.2 .
LAS FUENTES DEL CRECIMIENTO ECONÓMICO, 1996.
Porcentajes del Grupo de los 7 (G-7).

País	Capital	Trabajo	Capital Humano	Capital para I & D	Progreso Técnico
Canadá	20.5	23.1	2.8	10.0	43.6
Francia	42.5	-4.1	4.8	11.6	45.2
Alemania Este	40.2	-10.3	4.6	15.5	49.9
Italia	27.2	-1.9	5.8	15.8	53.0
Japón	43.8	2.2	2.1	14.2	37.7
Reino Unido	49.8	-5.2	4.9	8.3	42.1
USA	32.3	18.4	2.4	9.9	36.9

Fuente: Boskin y Lawrence (1996), p. 102.

De acuerdo con el modelo de Schumpeter las firmas están en constante búsqueda por nuevas combinaciones organizacionales, tecnológicas y de negocio, mientras que los rivales persistentemente intentan mejorar sus competencias propias

³ De acuerdo con un informe de la OCDE (1992), los factores relacionados con la tecnología y la capacidad productiva de suministro han demostrado empíricamente ser más importantes para la competitividad en el plazo mediano y largo.

o imitar las de sus adversarios más aventajados. Esta pugna por crear nuevas competencias o mejorar las existentes es crítica para explicar el desarrollo, por cuanto el proceso descansa en la “creación destructiva”, y la eficiencia con que se logre reflejará el grado de competitividad en el largo plazo. Así, la ventaja competitiva de las firmas surge de sus capacidades dinámicas para concretar rutinas de alto desempeño dentro de la organización y que no pueden adquirirse fuera de ella, sino que deben ser construidas en su interior (Teece & Pisano, 1998, pp.193).

2.4.2. La dinámica evolutiva.

Hace más de sesenta años se observó que al colocar dos protozoarios con la cantidad adecuada de alimento en un recipiente, éstos podían aniquilarse o coexistir en equilibrio pacífico.⁴ Si los animales eran de especie diferente, podían sobrevivir; cuando eran de la misma especie, no. Esta observación condujo al principio de Gause de la competitividad excluyente: no es posible que dos especies con idéntica forma de adquisición de alimento coexistan (Henderson, 1991, pp 5). Cuando no existen fuerzas que mantengan el equilibrio, permitiendo a cada especie adoptar una ventaja en su propio territorio, solo una sobrevivirá a la lucha.

Hoy en día se han identificado cientos de miles de especies. Ellas han triunfado gracias a que poseen una ventaja particular en la competencia por el insumo deseado. Este principio adaptado a las empresas se refleja en la necesidad de adquisición de características únicas que puedan traducirse en ventajas. La importancia de este concepto se manifiesta en la búsqueda y aplicación de estrategias de negocio que diferencien a las empresas de sus competidores, y que comprenden desde servicios de comida rápida (Macdonalds) hasta diseño de productos de alta tecnología (CD de phillips). La diferenciación es un imperativo para la competitividad empresarial por cuanto aporta elementos que permiten generar nuevos ciclos de negocio.

2.4.3. Los ciclos de negocio.

De acuerdo con Schumpeter (1942), cada ciclo de negocio es único debido a la variedad de innovaciones tecnológicas así como a la variedad de eventos históricos como guerras, descubrimientos de oro o malas cosechas. Desde su punto de vista la característica más importante del sistema era la innovación, que a pesar de su gran variedad específica, él vio como la principal fuerza motriz del desarrollo capitalista

⁴ Experimentos realizados en 1934 por el ruso G.F. Gause de la universidad de Moscú

y la fuente de utilidad empresarial, por cuanto genera una "destrucción creativa" que permite acumular competencias y ganar mercados para algunas empresas, mientras que aquellas que no logran adaptarse con la velocidad que el cambio exige, tienden a desaparecer. De forma general se han identificado cinco etapas a lo largo de esa trayectoria del ciclo de vida de las organizaciones (Burachik, 2000, p.92). Inicialmente, un grupo de empresas inaugura la actividad o mercado, mediante algún diseño primitivo del producto y la fabricación se efectúa con maquinaria no especializada; posteriormente el número de productores crece desproporcionalmente al incrementarse la tasa de entrada. Tiene lugar una intensa competencia basada en las innovaciones de producto. Más tarde el flujo de entrantes se desacelera hasta que iguala al de empresas salientes, el diseño del producto comienza a estabilizarse y las innovaciones se orientan al proceso productivo, el cual se vuelve más complejo. Luego el desequilibrio entre pocos entrantes y muchos salientes resultan en una tasa de crecimiento negativa y finalmente, en la etapa de madurez, la producción crece lentamente y las innovaciones de todo tipo se hacen más esporádicas, ya que las técnicas de gestión, comercialización y distribución alcanzan un mayor grado de refinamiento.

2.4.4. Gestión tecnológica, mercados y competitividad

La competitividad empresarial ha sido definida normalmente en términos de participación de mercado. En esta definición las características tecnológicas se encuentran implícitas en el avance o pérdida de mercado. No se consideran como agentes generadores de competitividad per se. Definimos a la tecnología como un insumo para la producción. Este concepto abarca no solo la maquinaria o herramental físico, sino también las formas de organización, estructuras y manejo de información; se considera como innovación tecnológica aquella idea, invento, dibujo o esquema del que se ha logrado efectuar la primera transacción comercial. De esta manera, el mercado es el agente regulador de los esfuerzos empresariales, orientándolos hacia aquellos sectores en los que se genera mayor dinamismo. La capacidad de innovar y ser aceptado por el mercado determina el grado de competitividad empresarial. Se define, por lo tanto, que la competitividad internacional empresarial debe considerar que las empresas se mantengan o mejoren su posición tecnológica y de mercado en el largo plazo (Jasso, J., 1997).

Parte II. El Contexto internacional.

*Though we're not now the strength which in old days
moved earth and heaven,
that which we are, we are, - one equal temper
of heroic hearts,
made weak by time and fate, but strong in will
to strive, to seek and find, and not to yield.*

Sir Alfred, Lord Tennyson.

Capítulo 3. La Industria Petroquímica Internacional: importancia, definición e historia.

3.1 Introducción.

En este capítulo bosquejamos las características más importantes y describimos la forma en que se desarrolló la industria petroquímica (IPQ) internacional, lo cual abordamos desde la perspectiva planteada en el marco teórico de la innovación y el cambio técnico. Aportaremos evidencia empírica que muestra el poderoso vínculo entre el crecimiento de la industria petroquímica y el desarrollo tecnológico gestado en el interior de las empresas, la importancia de los nexos empresa universidad y de esta última con las unidades de investigación y desarrollo, así como el impacto que los cambios de paradigma, concretamente el de la producción masiva introducido por *Ford* tuvo sobre el crecimiento de esta industria. Veremos en el plano introductorio que la industria química y petroquímica mundiales han dependido para su crecimiento de una serie de factores como la cantidad y calidad de sus insumos, el desarrollo de tecnologías locales o la adecuación de las extranjeras a las características propias, y que su rasgo más definitorio se encuentra en la búsqueda constante por nuevos productos y procesos; esto es, el cambio técnico ha sido una constante asociada al éxito empresarial. Veremos también que el liderazgo internacional en esta materia ha sido efímero y dependiente en gran medida de la adecuación de los factores nombrados con anterioridad al medio ambiente cambiante.

3.1.1 De los químicos a los petroquímicos. La perspectiva histórica.

Ningún país ha detentado permanentemente el liderazgo en la producción de productos químicos. La supremacía en esta rama perteneció originalmente a la industria Británica, que pronto cedió el lugar a los productores alemanes. Más tarde correspondería a Estados Unidos la posición dominante en este terreno.

En las postrimerías del siglo XIX el creciente auge experimentado en Inglaterra propició el desarrollo de diversas industrias. Entre 1860 y 1870 este país tenía todas las ventajas comparativas del sector químico a su favor: los mayores yacimientos carboníferos de Europa así como la más grande y exitosa industria textil del mundo, que garantizaba una fuerte demanda de colorantes, sector en el que llevaban la ventaja por haber sido los primeros productores de colorantes sintéticos desde 1856, (Sharp, 1995).

A pesar de contar con todas las ventajas descritas, la industria química británica pronto fue superada por su contraparte alemana que tuvo a su favor un sistema educativo muy fuerte en el área química y también un sistema institucionalizado de investigación y desarrollo.⁵ La industria alemana pronto superó a la británica apoyada en un gran número de innovaciones que permitieron no solamente abatir costos sino lo que es más importante, introducir nuevos productos al mercado. A finales de 1880 las plantas alemanas producían más de 500 colorantes y productos farmacéuticos diferentes. Para 1913 la industria alemana era ya líder mundial en la producción de químicos. Mientras tanto, la necesidad de compuestos nitrogenados sintéticos intensificó la cooperación de muchos grupos empresariales, entre ellos los laboratorios de la universidad de Karlsruhe y la empresa BASF cuyos principales técnicos Fritz Haber y Carl Bosch unieron esfuerzos y lograron desarrollar el proceso de elaboración de amoníaco, por lo que les fue conferido el premio Nobel y además lograron otorgar fortaleza militar a su país durante la primera guerra mundial.

Con el advenimiento de esta guerra, se suspendió la exportación de productos químicos alemanes hacia Estados Unidos, cuyo gran mercado en pleno crecimiento propició el desarrollo de la industria química local que estuvo vinculada a la expansión de la industria automotriz, al desarrollo de la Ingeniería Química, la construcción de plantas en gran escala y el reemplazo del carbón por gas natural como materia prima, que en ese país era abundante. En 1900 existían en

⁵ Desde entonces y aún hoy en día numerosos empresarios alemanes de éxito buscan alguna posición en la enseñanza que les permita ser llamados "*Herr Professor Doktor*", título que confiere más respeto que el de empresario acaudalado (Freeman, 1990, p 78)

los estados Unidos cerca de 8 mil vehículos en circulación. Este número creció exponencialmente y para 1920 existían más de 8 millones de unidades, lo que hizo necesario desarrollar capacidades de refinación de gasolinas en gran escala. Este aprendizaje combinado con la nueva ciencia de Ingeniería Química surgida en el *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.) se trasladó al campo de los procesos petroquímicos y sirvió como plataforma para potenciar el auge de la industria química y petroquímica norteamericanas que durante el período de 1920 a 1960 logró introducir al mercado más productos y mejorar más procesos que ningún otro país. Si bien en los períodos iniciales era tan grande el mercado que en los Estados Unidos se construía una planta y luego se buscaba colocación para sus productos (*empuje de la oferta*), hacia finales de la segunda guerra mundial el enfoque cambió, haciéndose necesario atender primero al factor demanda, así como prestar gran atención a las crecientes necesidades originadas por los cambios culturales alentados por un período de paz duradera (por ejemplo, hasta 1930 el gas natural era un producto que debía inevitablemente ser desperdiciado, por lo que se considera que uno de las grandes mejoras en la eficiencia energética de los Estados Unidos consistió en el desarrollo de las técnicas para construir ductos resistentes a altas presiones, lo que permitió transformar a este "desperdicio" en una de las industrias más lucrativas en el mundo, Rosenberg, 1994). Para mediados de 1970 con la crisis del petróleo el paradigma dominante cambió orientándose hacia la disminución del consumo energético. Durante el período del auge las firmas más importantes de petroquímicos procedían de los países más avanzados, quienes elaboran en su fase final un gran número de productos.

3.2 Importancia y Definición de la Industria Petroquímica.

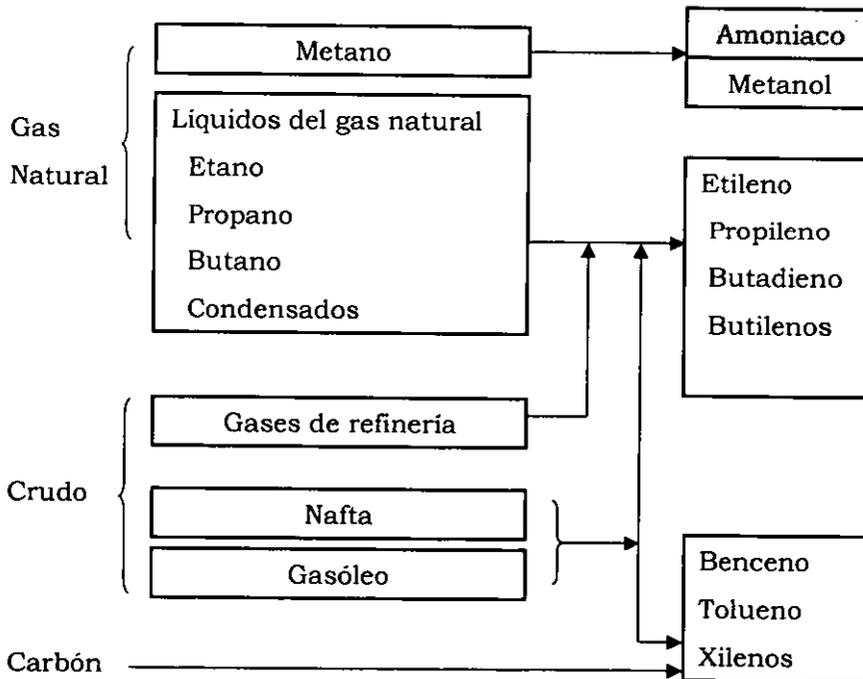
3.2.1. Importancia de la industria petroquímica.

En la actualidad es difícil imaginar el desarrollo de las actividades cotidianas sin el concurso de algún derivado de la petroquímica, cuyo uso se extiende a todas las ramas del quehacer, desde el transporte hasta la salud, la medicina, la aeronáutica espacial, el vestido, la recreación, los deportes, etc.

3.2.2 Definición de productos petroquímicos.

Reciben el nombre de productos petroquímicos los que resultan de la conversión del petróleo o de las sustancias químicas obtenidas industrialmente del gas natural y el carbón (figura 3.1). Aunque en general esta expresión se refiere a compuestos orgánicos,⁶ también se aplica a las sustancias inorgánicas, como el amoniaco obtenido del gas natural o el azufre. Todos los productos petroquímicos se han obtenido o podrían obtenerse de productos agrícolas, carbón u otros minerales e incluso materia animal⁷ (Othmer, 1961, pp 124).

figura 3.1.- Principales derivados del crudo, gas natural y carbón.



Fuente: Chemical Economics Handbook , 1992.

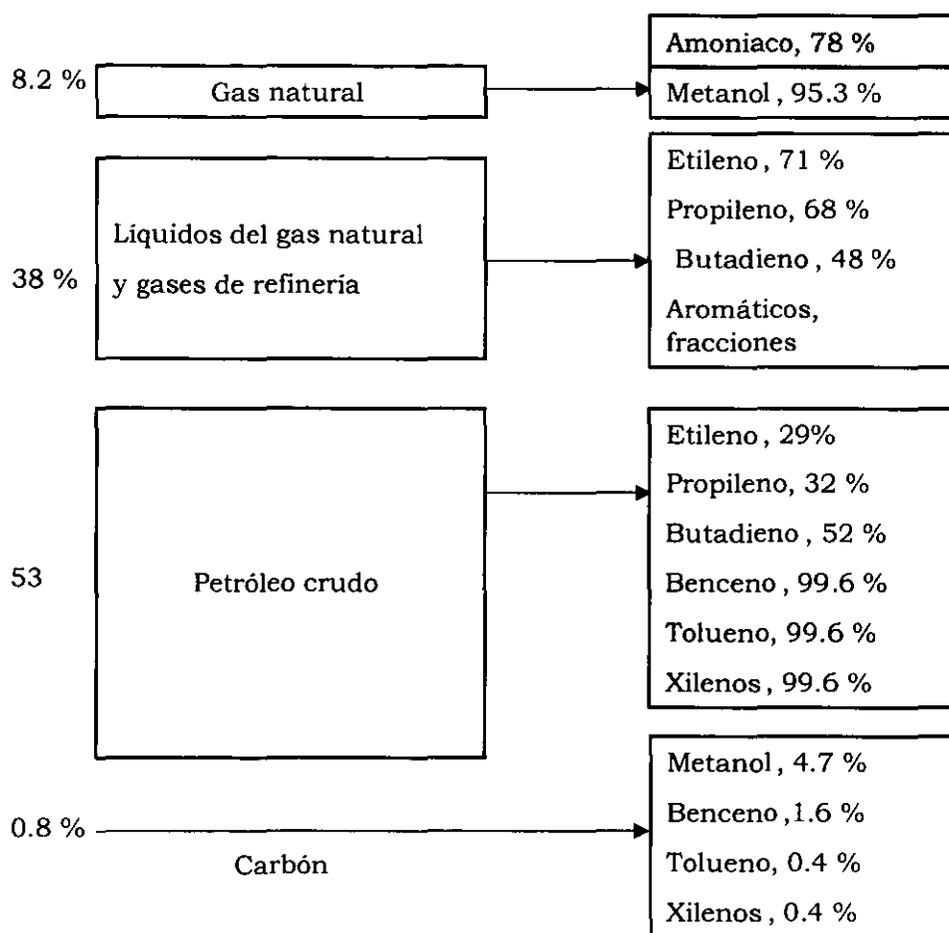
⁶ Aquellos que contienen en su estructura molecular átomos de carbono.

⁷ En la decisión de la forma de producción se consideran aspectos económicos y sociales; un ejemplo familiar es el alcohol etílico que se ha producido por fermentación de productos agrícolas. Aunque los factores económicos permiten su obtención sintética a partir del etileno a un precio mucho más bajo que el del alcohol de grano y con una pureza mayor su uso se generalizó hasta la década de los 70 en los EUA y México, por disposiciones gubernamentales.

3.2.3. Fuentes de obtención de los petroquímicos.

El insumo más importante para la obtención de los petroquímicos básicos es el petróleo, con 53 por ciento, mientras que del gas natural y sus líquidos se obtiene 46 por ciento, y una pequeña fracción (menos de 1 por ciento) a partir del carbón (figura 3.2).

figura 3.2.- Porcentaje de insumos para obtención de petroquímicos primarios en EUA



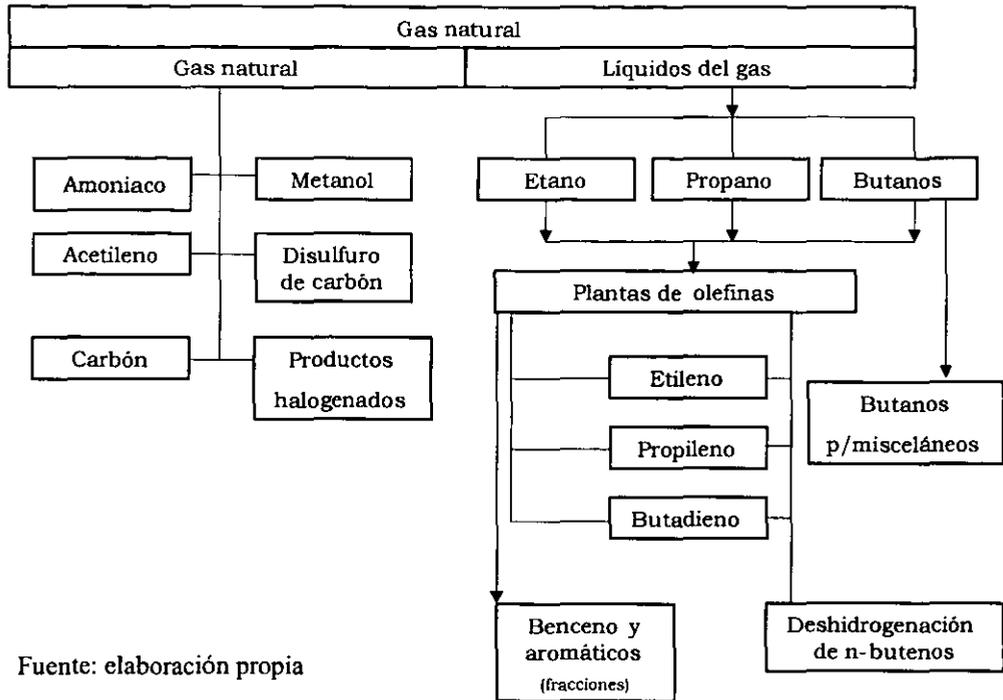
Fuente: SRI International, 1992

3.2.4 De la extracción a los productos finales.

La producción de petroquímicos depende fundamentalmente del tipo de insumo de que se disponga. Las fuentes más importantes son el gas natural y el petróleo crudo. El mayor volumen de petroquímicos obtenidos del gas natural corresponde a amoniaco, metanol, etano, propano y butano (figura 3.3).

Los dos primeros se obtienen del gas de síntesis elaborado a partir de la reformación del gas natural con vapor de agua. Los otros tres sirven como carga a las plantas de olefinas.

figura 3.3.-Producción de petroquímicos derivados del gas natural



Fuente: elaboración propia

Por otra parte, la principal fuente de petroquímicos derivados del crudo son los productos obtenidos a partir de las plantas de olefinas, cuyos insumos pueden ser fracciones ligeras de etano a butano o bien gasóleo y naftas. Del mismo crudo se obtienen también los aromáticos a partir de reacciones de reformación.

Las plantas de olefinas constituyen el corazón de la industria petroquímica. El proceso básico data de los años cuarenta, y consiste de ciertas unidades transformadoras llamadas desintegradoras de vapor (*steam crackers*) (Burdick, 1983). A estas plantas también se les conoce como desintegradoras de naftas, desintegradoras de etano o de líquidos pesados, según sea la carga que éstas procesen. Todas las desintegradoras de vapor producen etileno, elemento precursor de una larga lista de petroquímicos y bienes de consumo (Poten & Partners, 1988).

Dependiendo de la complejidad de la planta y de la carga procesada, una desintegradora de vapor puede producir diversas cantidades de otros petroquímicos⁸ incluyendo el propileno, butadieno, butilenos, benceno, tolueno y xileno. En resumen, las cargas para producir etileno⁹ se dividen en dos amplias categorías: líquidos ligeros (etano, propano y butano) y líquidos pesados (nafta, gasolinas, condensados, gasóleo atmosférico y de vacío).

3.2.5 Clasificación internacional de los petroquímicos.

Actualmente en la industria petroquímica mundial, los químicos orgánicos que se producen en mayor volumen son: metanol, etileno, propileno, butadieno, benceno, tolueno y los xilenos¹⁰.

3.2.5.1 Los petroquímicos primarios.

Estos siete productos son precursores de una gran variedad de petroquímicos y por ello se les denomina internacionalmente petroquímicos "primarios"; de ellos parten cadenas con extensas ramificaciones. Su uso más importante se muestra en el cuadro 3.1.

⁸ Las primeras plantas construidas en los Estados Unidos aprovecharon la ventaja de disponer de abundantes suministros de líquidos del gas natural, principalmente etano y propano. Los avances tecnológicos y la necesidad comercial condujeron al uso de naftas pesadas y gasóleo.

⁹ La industria del etileno tiene una historia relativamente reciente. El proceso de desintegración con vapor fue comercializado a fines de los años cincuenta en los Estados Unidos (EUA), y tenía como objetivo únicamente la elaboración de este producto. Hoy en día son muy importantes desde el punto de vista económico los demás productos (Burdick, 1982).

¹⁰ Al etileno, propileno, butadieno y butilenos se les conoce como olefinas y al benceno, tolueno y xilenos se les conoce como aromáticos.

CUADRO 3.1.
PRINCIPALES DERIVADOS Y USOS DE LOS PETROQUÍMICOS PRIMARIOS, 1998.
Clasificación Internacional.

Petroquímico	Derivados principales	Usos
Metanol	Formaldehído	Fibras
	Metilaminas	Resinas
	Metilterbutil éter	Gasolinas
Etileno	Polietileno de baja densidad	Empaques, bolsas
	Polietileno de alta densidad	Recipientes, juguetes
	Óxido de etileno- etilenglicol	Anticongelante
	Dicloro etileno - Cloro vinil/PVC	Ductos, carpetas
	Etilbenceno - estireno - poliestireno	Empaques, juguetes
	Acetato de vinilo	Pinturas, adhesivos
	Olefinas lineales/alcoholes	Plastificantes, detergentes
Propileno	Polipropileno	Productos p/inyección
	Acrilonitrilo	Espuma poliuretano
	Óxido de propileno-propilén glicol	Resinas poliéster,
	Cumeno - fenol	Madera sintética
	Isopropanol - acetona	Película
	Oxo - alcoholes - plastificantes	Recubrimientos
Butadieno	Goma de estireno - butadieno	Llantas
	Polibutadieno	Llantas
	Policloropreno	Accesorios autos
	Goma de nitrilo	Accesorios autos
	Adiponitrilo	Nylon
	Acrilonitrilo-butadieno-estireno	Moldeables
Benceno	Etilbenceno-estireno-poliestireno	Llantas, aislantes
	Cumeno - fenol	Madera sintética
	Ciclohexano-ácido adípico-caprolactama	Nylon
	Nitrobenceno-anilina	Espuma poliuretano
	Alquilados	Detergentes
	Anhídrido maleico-resina poliéster	Fibra de vidrio
	Clorobencenos	Herbicidas-pesticidas
Tolueno	Benceno	Productos benceno
	Mezcla de gasolinas	Gasolina
	Solventes	Lacas, recubrimientos
	Toluén disocianato	Espuma poliuretano
Xileno	Mezcla de xilenos-mezcla gasolinas	Gasolinas
	Mezcla de xilenos-solventes	Pinturas, adhesivos
	Ortoxileno-plastificantes	Películas, decoración
	Paraxileno-politereftalatos	Fibras y decoración

Fuente: Poten & Partners (1988), pp. 114.

3.2.5.2. El desarrollo de los petroquímicos primarios.

La manufactura de productos petroquímicos era prácticamente inexistente antes de 1920. Después de esa década se destinaba solamente una porción del gas natural y crudo¹¹ para la elaboración de petroquímicos. A finales de 1960 la cantidad de gas natural y petróleo empleada para producir petroquímicos correspondía tan solo a 0.7 por ciento en peso del total de petróleo y gas natural obtenidos (Othmer, 1961, pp 122), siendo el resto destinado fundamentalmente a la generación de energía. Para 1975 el volumen elaborado correspondía a 6 veces la producción de 1950, y el volumen de insumos representaba 2 por ciento del total de crudo y gas natural obtenidos. Hacia 1990 se incrementó a 6 por ciento el porcentaje total en peso que se destina como insumo para la industria petroquímica en todo el mundo (SRI, 1992). Después de 1975 la producción de petroquímicos primarios en todo el mundo se duplicó en menos de dos décadas, gracias al incremento en la demanda internacional de productos (cuadro 3.2).

CUADRO 3.2.
DESARROLLO MUNDIAL DE PETROQUÍMICOS PRIMARIOS, 1975-1990.
Millón de toneladas métricas producidas.

Año	Metanol	Etileno	Propileno	Butadieno	Benceno	Tolueno	Xilenos	Total
1975	8.0	24.2	11.9	3.2	11.0	4.5	6.2	69.0
1976	9.9	28.7	14.9	3.9	14.2	6.0	7.1	84.7
1977	10.0	30.8	15.5	4.1	14.1	6.2	7.5	88.2
1978	10.6	32.8	17.2	4.4	15.0	6.6	7.7	94.3
1979	11.6	37.3	19.5	4.6	16.7	7.5	8.5	105.7
1980	11.4	36.2	17.8	5.0	15.9	7.5	8.2	102.0
1981	11.8	36.3	18.5	5.1	14.9	7.1	8.6	102.3
1982	11.6	34.0	18.2	4.7	14.2	7.2	7.7	97.6
1983	13.3	38.9	20.3	5.2	16.5	8.4	8.3	110.9
1984	14.7	42.8	22.3	5.5	17.6	8.4	9.9	121.2
1985	14.6	43.9	22.6	5.6	18.1	9.3	10.4	124.5
1986	16.4	46.8	23.7	5.5	18.5	9.6	11.3	131.8
1987	17.4	49.9	25.5	5.7	20.1	10.4	12.0	141.0
1988	19.3	54.4	27.5	6.2	21.6	10.6	13.0	152.6
1989	19.6	54.4	28.7	6.2	22.0	10.7	13.4	155.0
1990	19.6	56.7	30.2	6.2	22.2	10.3	14.0	159.2

Fuente: SRI International (1992, pp 35000 H)

¹¹ Petróleo, crudo o aceite se emplean indistintamente en la literatura.

3.3 Desarrollo histórico de la petroquímica internacional.

3.3.1 La trayectoria tecnológica predominante y sus orígenes.

El monopolio en la industria petrolera en los Estados Unidos fue eliminado en 1911 bajo una ley que separó a la *Standard Oil Company* en un grupo de empresas que poco habían experimentado en cuanto a investigación, desarrollo o ingeniería (Rosenberg, 1994). Por ello, una de las principales tareas a que se abocaron estas nuevas compañías consistió en desarrollar estas capacidades. Para ello la *Standard Oil Company* de New Jersey¹² buscó los servicios de consultoría del *Massachusetts Institute of Technology* (M.I.T.). El resultado de estos esfuerzos conjuntos fue el desarrollo de métodos de destilación más precisos y, lo más importante, la transición de procesos por lotes a procesos continuos. Esta característica de la industria petrolera habría de transferirse exitosamente a la industria petroquímica y sería uno de los puntales de ésta. Para 1924, con el desarrollo de métodos de destilación a vacío, se incrementó la recuperación de gasolina del crudo. Entre 1914 y 1927, el rendimiento de gasolinas se incrementó de 18 a 36 por ciento como porcentaje de la carga suministrada a las unidades de destilación, en respuesta a la creciente necesidad surgida con el modelo de producción en masa de Ford, que originó un crecimiento exponencial en la industria automotriz evidenciado en el cuadro 3.3, con lo que colateralmente propulsó a la industria petrolera.

CUADRO 3.3
 NUMERO DE AUTOS REGISTRADOS EN ESTADOS UNIDOS POR DÉCADA, 1900-1985.
Número de Unidades Registradas.

Década	Número de autos	Década	Número de autos
1900	8,000	1950	40,339,077
1910	458,300	1960	61,671,390
1920	8,131,522	1970	89,243,577
1930	23,034,753	1980	121,600,843
1940	27,165,826	1985	131,864,029

Fuente: U.S. National Transportation Statistics, <http://govinfo.kerr.oerst.edu/>

Estas características de vinculación tecnológica empresa - universidad, aunadas a la creación de procesos de flujo continuo, con plantas de grandes capacidades y a una constante búsqueda por mejorar los rendimientos que se desarrollaron en la incipiente industria petrolera norteamericana habrían de

¹² Actualmente EXXON

convertirse en fuertes antecedentes que más tarde ligarían el desarrollo de la industria petroquímica en ese país a las trayectorias tecnológicas descritas.

3.3.2. La industria petroquímica en los Estados Unidos.

El desarrollo industrial y económico derivados del auge petrolero en los Estados Unidos experimentaron un ascenso superior al de otros países; este auge habría de alimentar también a la industria petroquímica que en ese país cobró un dinamismo propio, apoyado en las innovaciones de un grupo reducido de compañías propiedad de particulares.

La petroquímica comenzó en los EUA en 1920. El primer producto petroquímico fue el alcohol isopropílico obtenido de gas de refinerías por la Standard Oil Company de New Jersey en 1920. Posteriormente la Carbide and Carbon Chemicals Corporation inició la producción de derivados de etileno y propileno; para 1930 esta compañía ya producía alcohol etílico a partir de etileno.

La Shell Chemical Corporation empezó a obtener petroquímicos desde 1930, sintetizando primero amoniaco y luego alcohol sec-butílico, metiletilencetona, alcohol isopropílico, acetona y derivados.

En la década de los cuarenta, con la segunda guerra mundial, el empleo del petróleo reemplazó a productos como el caucho sintético. Algunos de sus derivados como los plásticos, resinas, fibras sintéticas y detergentes también registraron un gran crecimiento.

Hacia 1950 el uso de materias primas petrolíferas para síntesis química experimentó otro gran impulso debido a factores económicos y a un mercado químico sin satisfacer.

En este periodo de escasos treinta años la competencia por introducir al mercado nuevos productos y desarrollar nuevos procesos estuvo marcada por unas cuantas compañías que a la postre se convertirían en líderes mundiales en su especialidad y cuya principal fuente de innovaciones fueron los laboratorios centrales y sus vínculos con proveedores y universidades. Los líderes de empresas como DuPont, por ejemplo, reconocieron que éxito inicial estaba basado en las unidades locales de I&D. El gran dinamismo de esos años (cuadro 3.4) fue clave para el desarrollo de las ideas Schumpeterianas acerca de la innovación (Sharp, 1995).

CUADRO 3.4.
EVOLUCIÓN HISTÓRICA DEL DESARROLLO DE PETROQUÍMICOS EN EUA,
1920-1960.

Compañías y Productos desarrollados, período.

Año	Compañía	Producto
1920	Standard Oil Co N.J.	Alcohol Isopropílico
1925	Carbide & Carbons Chem.	Dicloruro de etileno
1926	Sharples Solvent Corp.	Alcohol sec-amílico
1928	Cities service Oil Co.	Mezcla de formaldehído y metanol
1930	Carbide & Carbons Chem.	Alcohol etílico
1930	Shell	Amoniaco
1930	Shell	Alcohol sec-butílico
1930	Shell	Metil etilen cetona
1930	Shell	Alcohol isopropílico
1930	Shell	Acetona y derivados
1930	Dow Chemical Corp.	Dicloruro de etileno
1930's	Carbide & Carbons Chem.	Acetato de celulosa
1930's	Tenesse Eastman Corp.	Acetato de celulosa
1932	Du pont	Neopreno
1932	Standard Oil Co N. J.	Acetileno
1932	Du Pont	Cianuro de hidrógeno
1933	Cities service Oil Co.	Formaldehído
1934	Shell	Iso-octano
1934	Standard Oil Co N.J.	Iso-octano
1934	Allied Chemical and Dye Corp.	Nacanol (detergente)
1934	Allied Chemical & Dye Corp.	Nacanol detergente
1937	Ethyl corp.	Tetraetilo de plomo
1937	Standard Oil Co N. J.	Caucho butilo
1937	Standard Oil Co N.J.	Caucho butilo
1940	Standard Oil Co N.J.	Tolueno
1940	Shell	Tolueno
1940	Shell	Cloración n-butilenos
1940	Dow Chemical	Butadieno
1941	Dow Chemical Corp.	Clorados del gas
1941	Phillips Petroleum Co.	Butadieno
1941	Houdry Process Corp.	Butadieno
1941	Dow Chemical	Estireno
1941	Goodrich	Caucho sintético
1941	Goodyear	Caucho sintético
1941	Firestone	Caucho sintético
1941	Standard Oil Co N.J.	Caucho sintético
1945	Oronite Corp.	Anhídrido ftálico
1945	Du Pont	Dacrón ¹³
1945	Celanese Corp.	Formaldehído
1945	Celanese Corp.	Acetaldehído
1946	Standard Oil Co California	Detergente
1948	Standard Oil Co N. J.	Alcoholes octílicos
1949	Dow Chemical	Pintura de caucho
1950	Dow Chemical Corp.	Tetracloruro de carbono
1950's	Dow Chemical Corp.	Cloruro de metilo
1950's	Dow Chemical Corp.	Cloruro de metileno
1950's	Dow Chemical Corp.	Cloroformo
1950	Rohm & Haas	Acrilatos
1950	Rohm & Haas	Metacrilatos
1950	Shell	Epón
1950	Pan American Oil Co.	Benceno por deshidrogenación
1950	Carbide & Carbons Chem.	Acetileno
1951	Hercules Powder Co.	Fenol del benceno

Fuente: Othmer (1961, p. 129 - 134)

¹³ El dacrón fue desarrollado por la Imperial Chemical Industries de Inglaterra (ICI) bajo el nombre de terileno.

3.3.3. Los principales productores de petroquímicos primarios actuales.

El período resumido en el cuadro anterior sentó las bases para un desarrollo ulterior mayor en el plano internacional. Por ello, no causa sorpresa que a inicios de la década de los noventa, de la lista de las empresas más importantes de petroquímicos primarios a nivel mundial el cuarenta por ciento corresponda a firmas de los EUA, como se muestra en el cuadro 3.5:

CUADRO 3.5
PRINCIPALES FIRMAS Y PAISES PRODUCTORES DE PETROQUÍMICOS PRIMARIOS,
1991.

Capacidad en millones de toneladas métricas.

Capacidad	Met ¹	Etil ²	Prop ³	But ⁴	Benc ⁵	Tol ⁶	Xil ⁷	Total
State Complexes, URSS	2.81	4	1.66	0.46	2.99	1.3	0.88	14.11
The Royal Dutch/Shell H-UK	0	3.92	2.77	0.62	2.12	0.46	0.20	10.10
Exxon USA	0	3.26	2.57	0.46	1.16	0.96	0.89	9.31
Dow, USA	0	3.36	1.15	0.16	1.6	0.02	0	6.28
Amoco, USA	0	1.03	0.78	0.08	0.37	0.81	1.13	4.20
Atlantic Richfield, USA	0.53	1.27	0.97	0.16	0.48	0.20	0.24	3.85
Nova, CAN	0.85	2.02	0.38	0.15	0.13	0	0	3.54
Taiwan *	0.66	0.95	0.44	0.16	0.41	0.40	0.26	3.28
Mexico *	0.17	1.42	0.4	0.06	0.40	0.46	0.35	3.26
China *	0.19	1.18	0.58	0.24	0.47	0.26	0.30	3.22
Chevron, USA	0	1.09	0.83	0	0.56	0.21	0.24	2.94
Occidental Petroleum, USA	0	1.4	0.68	0.17	0.60	0.08	0	2.91
ICI, UK	0.52	0.82	0.36	0.17	0.44	0.05	0.5	2.86
British Petroleum, UK	0	0.81	0.73	0.19	0.71	0.40	0	2.84
Rumania*	0.55	0.81	0.42	0.19	0.55	0.06	0.07	2.65
Francia*	0	1.27	0.62	0.09	0.51	0.04	0.05	2.58
Brasil*	0.04	0.95	0.54	0.14	0.40	0.33	0.12	2.51
Alemania*	0.98	0.45	0.22	0.05	0.42	0.29	0.05	2.46
Phillips Petroleum, USA	0	1.09	0.31	0	0.31	0.34	0.33	2.38
Arabia Saudi	0.84	1.42	0	0	0	0.12	0	2.38
Texaco, USA	0	0.73	0.61	0.27	0.39	0.16	0.14	2.30
Veba AG, ALEM	0.2	0.68	0.48	0.07	0.32	0.22	0.24	2.21
Union Carbide, USA	0	1.78	0.4	0	0	0	0	2.18
Basf, ALEM	0.22	1.02	0.44	0.09	0.33	0.06	0	2.15
Total	8.56	36.73	18.34	3.98	15.67	7.23	5.99	96.5
% Total Mundial	38	56.2	52	49.6	52.57	45.8	47.7	51
Total Mundial	22.5	65.37	35.3	8.02	29.71	15.77	12.55	189.23

Fuente: SRI Internacional (1992, pp 35000 G)

1 (metanol), 2 (etileno), 3 (propileno), 4 (butadieno), 5 (benceno), 6 (tolueno), 7 (xilenos).

* Son propiedad Estatal; USA = Estados Unidos; CAN = Canadá; ALEM = Alemania; H = Holanda, UK Reino Unido

Nota: para el año 2000 este escenario se reconfiguró con base en una serie de alianzas y adquisiciones que cedieron la primacía mundial a 6 conglomerados: las empresas Equistar de los EUA (el mayor productor de etileno en EUA), Lyondell de los EUA (principal productor mundial de propileno), British Petroleum de Inglaterra que se fusionó con Amoco, así como la adquisición de Mobil por parte de Exxon, ambas norteamericanas que permitió crear el mayor conglomerado petroquímico mundial, la empresa europea Total que adquirió Petrofina y Elf, así como la adquisición de Atlantic Ritchfield y FTC por parte de la Británica BP Amoco (véase Chemical Week, Marzo 29 de 2000, p.31).

3.3.4. El precio de los petroquímicos.

3.3.4.1. Factores que influyen en el precio .

El precio internacional de los productos petroquímicos durante las últimas décadas ha observado un comportamiento cíclico cuya influencia más dominante ha sido el precio del crudo. Entre otras variables se encuentra el balance oferta demanda; las características en materia de regulación gubernamental, así como las diferencias y los avances tecnológicos. Ejemplos concretos de lo anterior son el caso del desplome del poder adquisitivo a raíz de la crisis asiática que motivó excedentes de oferta y baja demanda, con lo que el precio de los petroquímicos también disminuyó notablemente. Con relación a la regulación gubernamental podemos citar el caso de los componentes fluorocarbonados cuyo precio disminuyó como resultado de la noticia de su posible designación como componentes contaminantes. Por otra parte, el caso del amoníaco es un ejemplo importante de cómo los desarrollos tecnológicos afectan el valor de la inversión total y con ello el precio del producto: en 1940 el valor total de la inversión para una planta de 800 toneladas era de 500 millones de dólares; para 1975 la inversión de capital necesaria disminuyó hasta 180 millones de dólares para una planta de mayor capacidad, 1200 toneladas.

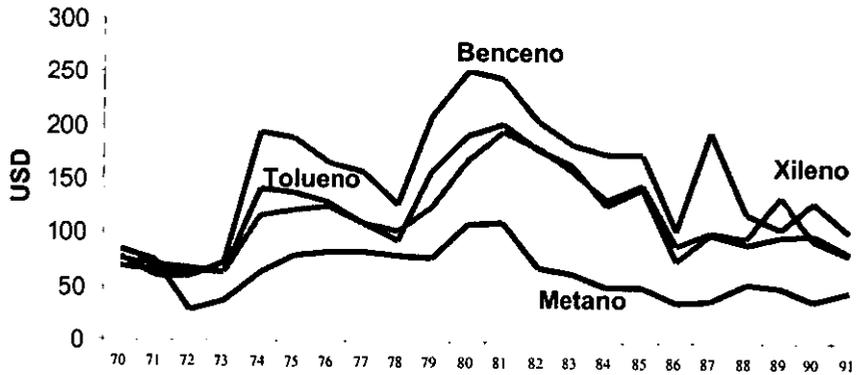
3.3.4.2. Evolución del precio internacional.

La primera crisis del petróleo ocurrió a mediados de los setenta; ocasionó incrementos superiores a 55 por ciento en el precio promedio del crudo para el año de 1974 en comparación con el año previo. Los países árabes, particularmente Arabia Saudí desplegaron su poder e influencia sobre el mercado mediante la restricción al suministro de crudo, incrementando con ello el precio de este insumo, lo que ocasionó también incrementos en el precio de los petroquímicos (figura 3.4).

A principio de 1980, nuevos incrementos al precio del crudo por parte de la Organización de Países Productores y Exportadores de Petróleo (OPEP) así como problemas de agitación política en Irán contribuyeron a incrementar el precio del crudo hasta 50 USD por barril, lo cual condujo a un exceso de capacidad mundial que a su vez se reflejó en una recesión internacional que obligó a reestructurar la industria. La disminución de la demanda energética incrementó el suministro de insumos disponibles para la petroquímica, lo que permitió el descenso del precio de los petroquímicos primarios aún cuando la demanda se incrementó en el período

1984 - 1986. Para 1991 el precio promedio del barril de crudo disminuyó a 20-22 USD.¹⁴

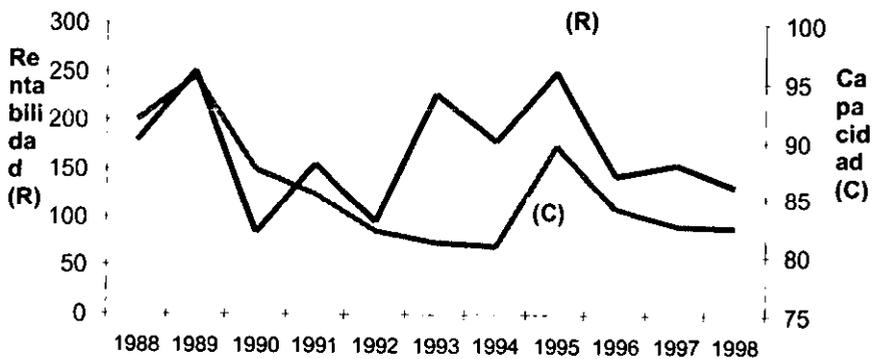
figura 3.4 Precio de PTQS Primarios



Fuente: Elaboración Propia con base en *Chemical Engineering*, varios números.

Durante 1997 la crisis financiera experimentada en el continente asiático así como el colapso del precio mundial del crudo¹⁵ repercutieron en la industria petroquímica mundial, provocando que la utilización de la capacidad así como los márgenes de efectivo (índices de rentabilidad) de ésta industria descendieran a sus puntos más bajos de la última década (figura 3.5).

figura 3.5 IPQ en EUA, Rentabilidad y Capacidad Utilizada



Fuente: Elaboración Propia con base en *DeWitt, Petrochemical Outlook, 1998*

¹⁴ En dólares constantes de 1990

¹⁵ Alcanzó su precio más bajo de los últimos 20 años en 1998

En la segunda mitad de 1998 el precio de la nafta cayó hasta \$ 136.5 USD/tonelada, mientras que en 1990 alcanzó un pico cercano a los \$ 390 USD. El precio del etileno disminuyó drásticamente, pasando de un pico de \$ 540 a finales de 1997 hasta \$ 390 en abril del siguiente año. En 1998 el propileno llegó a su punto más bajo desde 1996, registrando durante 1998 el precio más bajo de los últimos cuatro años. El polietileno y poliestireno también mostraron una reducción en el precio a lo largo de todo 1998. Se atribuye el descenso de estos productos a la baja del precio del crudo, a la severa crisis económica en Asia y al arranque de nuevas plantas. Durante 1999 el precio de los petroquímicos continuó su descenso, que no mostró sino ligeros signos de recuperación hasta el primer trimestre del año 2000 (Hydrocarbon Processing, marzo 2000), por el repunte en precios del crudo.

3.3.5. Reservas mundiales de crudo y gas natural .

Los principales productoras de petroquímicos primarios se ubican en países con una amplia capacidad de refinación, lo cual les permite obtener beneficios mayores que aquellos que solo disponen del recurso natural (cuadro 3.6).

CUADRO 3.6
RESERVA MUNDIAL DE CRUDO, GAS NATURAL Y CAPACIDAD DE REFINACIÓN, 1997.
Porcentajes por país o región.

País	Crudo	Gas	Refinación
Estados Unidos	2.9	3.3	19.8
Canadá	0.7	1.4	2.3
México	4.7	1.4	2.0
Total Norte América	8.2	6.0	24.1
Brasil	0.5	0.1	2.0
Colombia	0.3	0.2	--
Trinidad y Tobago	0.1	0.2	0.3
Venezuela	6.3	2.8	1.6
Otros Centro América	0.4	0.9	2.7
Total Centro América	7.6	4.2	8.2
Total Europa	2.0	3.8	21.1
Total Ex Unión Soviética	6.3	40.5	13.3
Irán	9.0	14.9	1.5
Irak	10.8	2.4	0.7
Kuwait	9.3	1.1	1.0
Qatar	0.4	5.0	--
Arabia Saudí	25.2	3.8	2.2
Emiratos Arabes Unidos	9.4	4.1	--
Total Medio Oriente	65.2	32.4	7.1
Total Africa	6.5	6.6	3.7
Total Asia Pacífico	4.1	6.4	22.6
Total Mundial	100.0	100.0	100.0
OECD	10.2	9.8	49.9

Fuente: *Salomon Smith & Barney* (1998), pp. 24, 25 y 26

En este capítulo hemos revisado de manera somera algunos de los rasgos más característicos de la industria petroquímica, así como los factores que alentaron su crecimiento, desde la etapa fácil de colocación (empuje de la oferta, productos con bajo contenido tecnológico en mercados poco exigentes), pasando por el cambio de los años de la posguerra, donde vimos como las estrategias empresariales se adecuaron a los mecanismos de mercado, adaptando también sus estructuras internas y vinculando los centros de generación de conocimiento endógenos (unidades de I&D básicamente) con los de universidades y contratistas para atender a las necesidades del mercado (empuje de la demanda). El esquema típico muestra primero, el desarrollo de nuevas tecnologías de producto, posteriormente se conjugan múltiples intentos de búsqueda hasta dar con el patrón o esquema más económico o modelo dominante en cuanto a tecnologías de proceso; más tarde los mecanismos de difusión pusieron estas tecnologías a disposición de gran cantidad de clientes que a su vez incrementaron la demanda, creando nuevos incentivos para invertir en más I&D y lanzar al mercado otras innovaciones (empuje de la tecnología).

La evolución de esta industria es dependiente de la trayectoria. Ello significa que en los Estados Unidos, por ejemplo, la abundancia de un recurso - el petróleo - incentivó los esfuerzos de esta industria en esa dirección, mientras la abundancia de carbón de coque impulsó a su contraparte alemana en otra.

La literatura cita diversos aspectos importantes para el éxito comercial en este tipo de empresas, encontrándose los siguientes puntos coincidentes:

La intensidad de la I&D. La innovación de producto resulta fundamentalmente de los laboratorios internos, mientras que la del proceso está fuertemente vinculada a universidades y proveedores (factor cuya carencia limitó el desarrollo de la industria química británica, Landau y Mowery, 1992).

La vinculación con experiencias exitosas previas en el mismo campo, o la utilización de equipos de éxito previo en nuevos desarrollos.

La promoción jerárquica de los administradores exitosos de proyecto.

El papel de los gobiernos también ha sido determinante en el desarrollo de esta industria (por ejemplo el gran y cuestionable apoyo del gobierno alemán a la industria química durante los veintes). También es importante señalar que el crecimiento más lento de los mercados y la disminución en la dinámica de innovaciones de los últimos años en los sectores maduros como el del amoníaco sugiere que las firmas especializadas en ingeniería han enfocado sus esfuerzos hacia otras áreas, de mayor rentabilidad, como las de especialidades químicas. Así, vemos que cada vez cobra más importancia la ubicación de las empresas en países que aún a pesar de no estar cerca del mercado local cuentan con abundantes recursos como el gas natural (cuadro 3.6), situación cuyo impacto analizaremos en los capítulos finales de esta investigación.

Capítulo 4. La Industria del Amoniaco en el Mundo.

4.1 Introducción.

Uno de los procesos más importantes en la historia del desarrollo de petroquímicos es el de obtención de amoniaco, ya que fue el primero totalmente integrado al tipo de producción de flujo continuo y que originó una gran cantidad de cambios que en el futuro establecerían estándares de diseño de plantas de proceso y de métodos de producción. Para su desarrollo se requirió de diversos elementos mencionados en el capítulo previo, entre los que destacan la interacción empresa - universidad, la fuerte competencia por desarrollar vías más económicas y que permitieran alcanzar mayores volúmenes de producción, así como la adaptación de las mejores prácticas a la administración de la tecnología.

La gran influencia de este proceso fabril se extendió también al campo de la satisfacción alimentaria mundial: en 1960 El Fondo Mundial para la Alimentación UNESCO, le otorgó un reconocimiento especial por haber contribuido a evitar la Revolución Malthusiana (Eschenbrenner, 1992).

En este capítulo conoceremos los rasgos primordiales de esta industria: la larga evolución que siguió el desarrollo de la tecnología, los factores que alentaron su crecimiento, una breve descripción del proceso, quiénes son los principales países productores del insumo a nivel mundial y sus diferencias mayores, los cambios geográficos y organizacionales más importantes ligados a la industria, la forma en que se ha gestionado la tecnología así como las áreas a las que se han enfocado los cambios técnicos más importantes, y la distribución global del comercio. Veremos en este capítulo cuáles han sido las innovaciones tecnológicas primordiales así como sus fuentes y los cambios técnicos provenientes del principal diseñador de las plantas instaladas en México.

También se muestran en este capítulo los paradigmas que han definido la forma de producción del amoniaco, desde una etapa inicial en que el enfoque consistió en lograr el mayor control sobre el proceso, pasando por la etapa en que el acento se puso en la obtención del mayor volumen de producto, hasta llegar al paradigma dominante en la actualidad, de producción respetuosa del entorno ecológico y con bajo consumo energético.

4.2. Antecedentes e importancia del amoniaco.

Por su volumen de producción, el amoniaco es el petroquímico más importante de los que se obtienen directamente a partir del gas natural. Se ubica en la estructura de producción de petroquímicos junto al metanol, por ser ambos productos elaborados a partir del hidrógeno procedente de la reformación del gas natural. Aproximadamente 33 por ciento del gas natural mundial se convierte en amoniaco. Otro 8 por ciento corresponde al metanol y el resto a las olefinas.

La historia de la humanidad ha estado en gran medida, enmarcada en la lucha constante por la necesidad de alimento. Hoy en día, ante una población en aumento exponencial se presenta en contrapartida, menor disponibilidad de suelo para cultivo. De todos los nutrientes que requieren las plantas para su crecimiento, el nitrógeno es el más importante. Su adición al suelo permite incrementar el volumen de las cosechas, así como mejorar sus propiedades. Actualmente la manera más económica de suministrar el nitrógeno al suelo es a través de compuestos con base en amoniaco como la urea, o combinados con amoniaco como el fosfato, difosfato de amonio y el triple superfosfato, que consumen aproximadamente 85 por ciento del volumen total de amoniaco producido. Otro 10 por ciento aproximadamente se aplica inyectado directamente al suelo. El volumen restante (aproximadamente 5 por ciento) de toda la producción mundial de amoniaco se destina a la fabricación de fibras sintéticas, tintes y limpiadores entre otros. Ante ello, se ha observado un importante crecimiento en la industria del amoniaco en todo el mundo

El nombre de amoniaco se deriva de la “sal de ammoniacum”, que se encontraba en el Oasis Ammon en Egipto, hoy Siwa, y que en ese tiempo era empleada con fines medicinales. Posteriormente, una de las principales fuentes de obtención de nitratos lo constituyeron los depósitos naturales ubicados en Chile, en el continente americano, que permitían el abastecimiento de insumos para la elaboración de explosivos.

4.2.1. La primera síntesis a escala industrial.

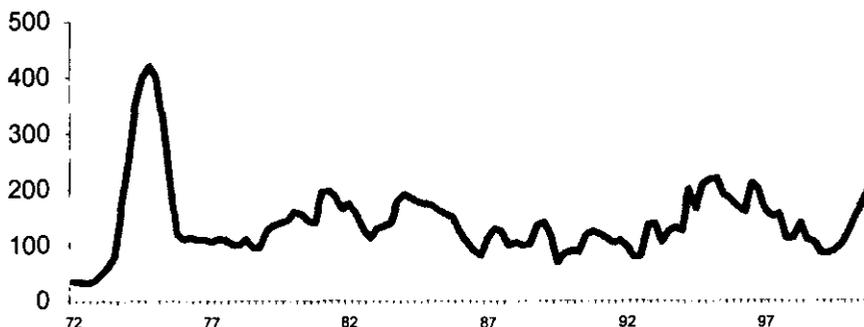
En 1913 en Alemania se efectuó la primera síntesis industrial directa de amoniaco con sus elementos; en el mismo año en la Badische Anilin und Soda Fabrik (B.A.S.F.) se lograron producir más de 700 toneladas. Durante la primera gran guerra la elaboración de compuestos nitrogenados cobró un gran impulso. El conjunto aliado bloqueó la salida de nitratos procedentes de Chile, mientras por otra parte se incrementaba la demanda de estos compuestos, debido a la necesidad de

elaboración de municiones. Ya en la década de los veinte, cerca del 30 por ciento de la producción mundial de nitrógeno se obtenía sintéticamente. Muy pronto en los EUA también se desarrolló esta industria, logrando rebasar en 1969 las 100 plantas construidas.

4.2.2. Evolución histórica del precio internacional.

En la actualidad el amoniaco se produce en todo el mundo. El continente asiático posee 37 por ciento de la capacidad instalada mundial; el continente americano, 19 por ciento, mientras que los países de la Ex Unión Soviética, 18 por ciento, Europa 18 por ciento y Africa y el medio oriente el resto. Luego de un período de tres años de precio elevado experimentado entre 1994 y 1996, los eventos ocurridos hacia 1997 en el continente asiático y la consiguiente crisis también repercutieron en esta industria: China cerró sus fronteras a la importación de amoniaco y urea, lo que ocasionó excedentes superiores a 14 millones de toneladas de producto que saturó otros mercados, propiciando con ello una disminución de los precios, a niveles comparables a los del período descendente observados hasta 1993 (figura 4.1). La entrada en operación de dos plantas con capacidad combinada de 1.2 millones de toneladas por año de amoniaco en Trinidad y Tobago (las de mayor capacidad mundial, cada una con 1 mil 850 toneladas por día), durante el segundo semestre de 1998 reafirmaron la tendencia a la baja del precio del amoniaco, situación que combinada con altos precios de insumos obligó a dejar fuera de operación cierta capacidad mundial, con lo que el precio nuevamente inició su recuperación durante el primer semestre del año 2000.

figura 4.1 Evolución del precio del amoniaco usd/ton
1972-2000



Fuente: FMB Fertilizer Bulletin, varios años.

4.3. El desarrollo histórico de la tecnología de producto y proceso.

En los siguientes párrafos se muestra de forma resumida los esfuerzos de búsqueda de diversos agentes por encontrar una forma de sintetizar el amoníaco a partir de hidrocarburos. El cuadro 4.1 resume estos múltiples intentos que concluyeron con métodos de síntesis de catalizadores para producir amoníaco en concentraciones importantes.

CUADRO 4.1.

CAMBIOS EN TECNOLOGÍA DE PRODUCTO, INDUSTRIA DEL AMONIACO, 1784-1922.

Evolución histórica del desarrollo del producto.

Año	Cambio importante
1784	C. L. Berthollet demuestra que el amoníaco está compuesto de hidrógeno (H ₂) y nitrógeno (N ₂)
1900	Wilhelm Ostwald ofrece a la empresa B.A.S.F. un proceso para síntesis de amoníaco en el que se hace reaccionar H ₂ y N ₂ sobre hierro a temperatura ambiente
1901	Le Chatelier anuncia que las altas presiones son convenientes para obtener amoníaco.
1904	Universidad de Karlsruhe, Alemania. F. Haber obtiene 0.012 por ciento en volumen de amoníaco cuando investiga el equilibrio de reacción a 1000 oC y presión ambiente.
1910	Existencia de 2 procesos comerciales para obtención de amoníaco: el de cianamida y el de arco eléctrico.
1906	Ernst y Jost analizan datos del equilibrio de la reacción de amoníaco.
1908	Patente de "recirculación" de Haber (incluía la recirculación del gas de síntesis de alta presión y la recuperación de calor por intercambio en el efluente del reactor, así como la evaporación de amoníaco para enfriar los gases de salida de síntesis).
1909	Bosh convence a los directivos de BASF de probar con materiales de alta presión. Haber realiza una demostración a escala laboratorio y obtiene 6 % de amoníaco a alta presión (175-200)kg/cm ² . Bosch es nombrado líder del proyecto a la edad de 35 años.
1909	Haber tramita la patente de "alta presión" (arriba de 100 kg/cm ²).
1911	Después de más de 6 mil 500 corridas (pruebas) y con más de 2 mil 500 fórmulas empleadas, A. Mittash de BASF logra optimizar el catalizador para amoníaco, cuya composición es muy similar a la actual.
1922	Después de más de 20 mil corridas, finaliza el programa de desarrollo de catalizadores. Se comprueba entre otras cosas que el azufre y el oxígeno son "venenos" para el catalizador.

Fuente: elaboración propia, con base en Appl, 1975.

4.3.1. El descubrimiento de la composición.

Berthollet y Henry descubrieron que el amoníaco está compuesto de tres volúmenes de hidrógeno y uno de nitrógeno. En 1795 Hildebrandt imaginó que se podía comprobar el análisis del amoníaco uniendo hidrógeno y nitrógeno en condiciones semejantes a las de la unión del hidrógeno y oxígeno en la comprobación del

análisis del agua. Preparó nitrógeno por dos procedimientos e hidrógeno por tres procedimientos; pero luego de purificar las mezclas y dejar que reposaran sobre agua a temperatura de 0 a 20 °C por largo tiempo, vio que se había formado amoniaco. Biot y Delaroche hicieron los primeros intentos por unir hidrógeno y nitrógeno a presión, pero en ninguno de sus experimentos se formó amoniaco.

4.3.2. La primera síntesis de laboratorio.

Döbereiner fue el primero que sintetizó amoniaco directamente con sus elementos. En un informe de sus investigaciones publicado en 1823 dice que cuando se inflama una mezcla de hidrógeno y aire sobre un catalizador de sub óxido de platino, hay una unión violenta entre el hidrógeno y el oxígeno, y cuando hay deficiencia del segundo, parte de exceso del hidrógeno se une con el nitrógeno y forma una mínima cantidad de amoniaco.

En los sesenta años subsiguientes los informes de muchos investigadores estuvieron en desacuerdo en cuanto a la verdad de los hallazgos de Döbereiner. En 1865 Deville informó que pasando una mezcla de hidrógeno y nitrógeno por un tubo de porcelana calentado a unos 1300°C. Se producían pequeñas cantidades de amoniaco. En 1884 Ramsey y Young demostraron que nunca es completa la descomposición térmica del amoniaco sobre hierro calentado. Ese mismo año Le Chatelier enunció su principio del equilibrio móvil, según el cual en una reacción reversible en que hay disminución de volumen, como la de la formación de amoniaco con sus elementos, el aumento de presión aumenta la cantidad de amoniaco producido. Puesto que la reacción genera calor, de dicho principio se sigue que un aumento de la temperatura a que se efectúa la reacción reduce la cantidad en equilibrio de amoniaco producido. Ya para 1900 se tenía por cierto que el hidrógeno podía combinarse con el nitrógeno directamente en presencia de un catalizador, pero hasta entonces no se había producido cantidad importante de amoniaco por catálisis.

4.3.3. El equilibrio de la reacción.

Fue Le Chatelier el primero que reconoció que para producir amoniaco en cantidades industriales uniendo sus dos elementos era necesario aplicar grandes presiones. En 1901 trató de producir amoniaco sintético por combinación a fuerte presión de hidrógeno y nitrógeno con una chispa eléctrica. Por desgracia, una fuerte explosión producida por la introducción accidental de oxígeno destruyó su aparato e hizo que renunciara a esta clase de experimentos. Para entonces muchos

investigadores trataron de resolver el problema, preocupados por la advertencia que hizo Crookes en 1898, quien anunció que el consumo normal agotaría las reservas naturales de nitrógeno fijo en el mundo. En 1906 y 1907 Nernst y Jost, mediante determinaciones a varias temperaturas y presiones, reconocieron la importancia científica y técnica de disponer de datos exactos sobre el equilibrio del amoníaco. La discusión de sus resultados en 1908 fue uno de los puntos importantes en la historia del desarrollo de la síntesis directa del amoníaco. Las investigaciones de Haber en aquellos días, en busca de un procedimiento económico para efectuar la síntesis del amoníaco, sentaron las bases del buen éxito industrial que tuvo el proyecto.

4.3.4. El desarrollo de los catalizadores.

Pronto se reconoció que las bajas temperaturas eran convenientes desde el punto de vista del equilibrio, pero no se conocía ningún catalizador práctico que produjese conversión suficiente a menos de 500°C. Por otra parte, se averiguó que se obtiene el equilibrio más rápidamente a temperaturas mayores, pero que a más de 700°C son desfavorables los equilibrios. Por muchos años se hicieron investigaciones minuciosas tratando de hallar un catalizador adecuado y condiciones prácticas de operación. Después de millares de experimentos, se descubrió un catalizador eficaz compuesto de hierro activado con óxidos metálicos. En 1913 se logró la primera síntesis industrial directa de amoníaco con sus elementos.¹⁶ En ese año se fabricaron unas 750 toneladas en la pequeña planta instalada por la BASF en Oppau, Alemania. La primera guerra mundial dio gran impulso a la fabricación de compuestos sintéticos de nitrógeno. El crecimiento de la industria del amoníaco sintético directo se ejemplifica en el hecho de que en 1924 el nitrógeno fijado por este método ascendió casi a 30 por ciento de la producción mundial total de nitrógeno.

¹⁶ Estas innovaciones tecnológicas tuvieron como marco la ingente necesidad de compuestos nitrogenados, debido fundamentalmente a razones de orden bélico. La pólvora, único explosivo alternativo en ese tiempo, generaba nubes de humo tales que, después de cierto tiempo de librar las batallas, hacía imposible distinguir si era amigo o enemigo a quien se le disparaba

4.3.5. El impulso de la guerra a la producción.

En 1921 Alemania contaba ya con una gran industria de amoníaco sintético. A la sazón sólo había una planta en Estados Unidos que producía amoníaco por síntesis directa con hidrógeno y nitrógeno. Esta planta, en que se usaba un procedimiento Haber modificado y que fue construida por la *Atmospheric Nitrogen Corporation* de Syracuse, Nueva York, producía anualmente unas 3 mil 300 toneladas de amoníaco. Sin embargo, en el curso de unos cuantos años crecieron rápidamente el número y la capacidad de estas plantas.

Así fue como los cambios se iniciaron en el periodo de post guerras, cuyo ejemplo más vivido fue la creación de enormes laboratorios industriales, como Bell labs o Dupont de Nemours en los Estados Unidos cobraron mayor ímpetu durante la Segunda Guerra Mundial y poco después de ésta, lo que sirvió como estímulo inmediato para los nuevos sistemas de armamento que sancionaron el cambio hacia la “ciencia en grande”, y también la “tecnología en grande”. (Jean-jacques 1996). Los avances registrados en el proceso de obtención de amoníaco reflejan el carácter general que mostraron los cambios en las técnicas de producción (Freeman, 1997, pp 86):

- El enorme crecimiento del mercado de químicos básicos que son intermediarios de otros productos químicos.
- El cambio en materiales base de químicos orgánicos, que pasó de derivados del carbón al crudo y luego al gas natural.
- La disponibilidad cada vez mayor de la energía eléctrica.
- La mejora en materiales para construcción de plantas y componentes como bombas, filtros, válvulas y recipientes a presión. Estos fueron fundamentales para permitir el uso de procesos a gran escala, y de soportar condiciones más severas como altas presiones y temperaturas extremas.
- El desarrollo de nuevos instrumentos para monitorear y controlar los procesos, La aplicación de conocimiento científico a los procesos de producción, y el desarrollo de la nueva disciplina de la ingeniería química. El diseño de los nuevos procesos estuvo ligado a la físico química, mientras que los viejos procesos por lote a menudo se basaban en conocimiento puramente empírico e Ingeniería mecánica.
- La explotación de economías de escala.

Para que se pudiera gestar el gran avance que tuvo la producción de amoniaco se requirió de la conjugación de varios factores, como el desarrollo del proceso de reformación del gas natural con vapor (la forma más económica que existe hasta el momento para producir hidrógeno); el desarrollo de nuevos materiales, resistentes a las altas presiones necesarias en el circuito de síntesis y altas temperaturas del interior de los hornos de reformación, y otros que mejoraron la tecnología del proceso, los cuales se resumen en el cuadro 4.2.

CUADRO 4.2.

CAMBIOS EN TECNOLOGÍA DEL PROCESO, INDUSTRIA DEL AMONIACO, 1910-1960.

Evolución histórica del desarrollo de tecnología del proceso.

Año	Cambio importante en tecnología del proceso
1910	Bosh instala un taller para probar equipos resistentes a altas presiones, que el acero normal no resistía
1912	En Oppau, Alemania, se inicia la construcción de una planta de 30 t.p.d.
1912	Nuevos diseños de equipos: reactores de alta presión, válvulas eléctricas, instrumentos para medir flujo y presión altos, densidades de gas, nuevas juntas y bridas. Cambios de ruta para producir H ₂ (antes proceso Linde de baja temperatura, luego el de mutación de CO ₂ descubierto en 1912).
1913	Inicia su producción la planta de Oppau, Alemania.
1913	Inicio de las investigaciones para obtener H ₂ al reformar el gas natural.
1916	Incremento de la capacidad a 250 t.p.d. Se decide construir otra planta.
1917	Arranque de una planta de 36000 t.p.a. en Leuna, Alemania.
1917	Se construyen nuevas plantas. Nueva capacidad mundial de 240 mil t.p.a.
1926	Éxito comercial de técnica de gasificación en lecho fluidizado del carbón (hace obsoleta la obtención del H ₂ con arco eléctrico).
1931	Arranca planta en Baton Rouge, EUA. El H ₂ se obtiene por reformación de gas natural para uso en refinerías, resultado de intercambios BASF-Estándar Oil Co de New Jersey.
1931	Arranca planta de H ₂ en BayWay, N.J, usa hidrocarburos pesados. Investigación para evitar depósitos de carbón da lugar a obtención de catalizador tipo "anillos Rashing". La licencia se concedió a la Stándar Oil e ICI.
1936	Arranque de plantas de H ₂ en Heysham. Usa desulfurizadores (patente ICI).
1937	Incremento de capacidad mundial a 755 mil t.p.a. 72 por ciento se produce en Alemania.
1940	Arranca planta con reformación de vapor para producir amoniaco en EUA.
1953	Incremento en la presión de operación de los reformadores.
195(?)	Poco gas natural en Europa. ICI comercializa reformación c/naftas ligeras.
1963	Kellogg arranca plantas de 540 y 900 t.p.d. en EUA

Fuente: elaboración propia con base en Appl, 1975 y otros.

Notas.- t.p.a. = toneladas por año; t.p.d. = toneladas por día.

4.4. El proceso de producción.

El proceso consiste de tres etapas: reformación, purificación y síntesis del amoníaco (ver anexo 4.A de forma gráfica).

4.4.1 Reformación.

Se conoce como reformación al proceso por el cual se obtiene hidrógeno a partir de gas natural y vapor de agua. El gas natural pasa por un tratamiento con carbón y óxido de zinc para eliminar los compuestos de azufre que dañan los catalizadores usados en el proceso. El gas libre de azufre se hace fluir a través del reformador primario que es un horno de fuego directo con tubos empacados con catalizador de óxido de níquel. En el reformador secundario se completa la reacción de reformación y se mezcla con una corriente de aire para suministrar el nitrógeno requerido para la formación de amoníaco.

4.4.2 Purificación.

La purificación comprende la eliminación del monóxido y bióxido de carbono del gas effluente de la sección de reformación ya que son venenos para el catalizador de síntesis de amoníaco. Para lograrlo se convierte primero todo el monóxido en bióxido de carbono. Este se elimina posteriormente absorbiéndolo en soluciones de carbonato de potasio. Por la parte superior de la torre absorbidora sale la mezcla gaseosa de hidrógeno y nitrógeno purificado. Las trazas de compuestos que no fueron eliminadas se someten a un proceso llamado metanación que consiste en invertir la reacción de formación de los óxidos de carbono. Del metanador se obtiene una mezcla purificada de hidrógeno y nitrógeno que se alimenta a la sección de síntesis para la formación del amoníaco.

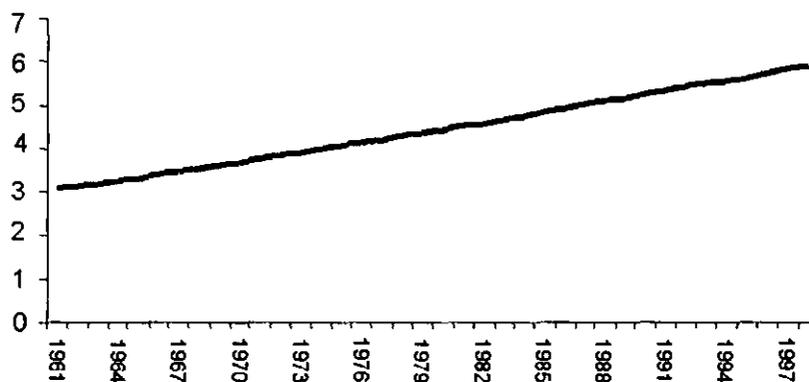
4.4.3. Síntesis del amoníaco

En esta sección se obtiene el amoníaco como gas y posteriormente se condensa, para bombearlo en forma líquida hacia el almacenamiento. El amoníaco gaseoso se obtiene a partir de la unión de las moléculas de nitrógeno con hidrógeno en el reactor de síntesis a una temperatura del orden de 500°C y a presiones de 220 a 250 kg./cm² pasando la corriente de gas a través del catalizador de óxido de hierro. Más adelante el gas se enfría a 20°C, se condensa y es enviado a almacenamiento para su distribución.

4.5. Evolución de la forma de producción.

La Industria del amoniaco como proveedor básico de la industria de los fertilizantes ha crecido como respuesta a la necesidad de satisfacer los requerimientos alimentarios de una población mundial en crecimiento constante, cuyo número se duplicó en tan solo tres décadas (véase figura 4.2).

Figura 4.2 Crecimiento Poblacional Mundial, 1960-2000
(Millones de habitantes)



Fuente: Food and Agriculture Organization, 2000

De manera general se pueden distinguir tres períodos característicos en la evolución de la capacidad mundial de producción: los anteriores a 1975, que abarca desde las primeras plantas y comprende también el período de aprendizaje y mejoramiento de la tecnología hasta convertir a este proceso en uno de tipo continuo. Durante este lapso se diseñan plantas de baja capacidad. Posteriormente observamos la etapa de 1975 a 1985 durante la cual se incrementa notablemente la capacidad de las plantas logrando importantes economías de escala. En este período ocurre la diseminación de la planta productiva de los países más desarrollados hacia regiones como India y América Latina. Posteriormente se puede apreciar en el período posterior a 1985 la construcción de plantas de bajo consumo energético con instrumentación computarizada desde su instalación. Esta etapa final muestra un marcado descenso en el ritmo de construcción de esta industria. Su rasgo prominente ha sido el ubicar a las compañías lo más cerca posible de los mercados donde el suministro es abundante y preferentemente, barato. En el cuadro 4.3 se aprecian las fases por la que ha cursado la forma de producción de amoniaco.

CUADRO 4.3.
CAMBIOS EN LA INDUSTRIA DEL AMONIACO, 1913-2000.
Evolución histórica de la forma de producción.

Período	Características	Mtpd*	Etapa
1913	1ª aplicación industrial en Alemania	30	Innovación de proceso
1930	Plantas a pequeña escala	Menos de 300	Introducción
1943	Incremento en la escala de producción	Más de 300	Introducción
1963	Crisis alimentaria mundial	Más de 600	Diseminación
1964	Reducción de costos de producción	1,000	Expansión
1970's	Arranque de plantas en Asia e Indonesia/Crisis mundial de energéticos	1,360	Expansión
1980's	Reducción del consumo de energía -a menos de 25 MMBtu	1,360	Madurez
1990's	Modificación al sistema de reformación, menos de 25 Mmbtu	1,500	Madurez
1998	Plantas con bajo consumo de energía Ubicadas en países con gas natural barato.	1850	Retirada

Fuente: elaboración propia ; *mtpd (toneladas métricas por día)

4.5.1. Los cambios anteriores a 1975.

El proceso original Haber - Bosch empleaba como materia prima carbón para la producción de hidrógeno. La primera aplicación comercial entró en operación en 1913 en Alemania con una capacidad de diseño de 30 toneladas métricas por día. A mediados de 1930 ya se habían construido varias plantas en diferentes países, pero su baja capacidad limitaba la distribución a los mercados locales. La siguiente década atestiguó el arribo de nuevos diseñadores de plantas, cuya contribución más importante consistió en incrementos a la capacidad; se lograron producciones superiores a las 300 toneladas métricas por día (mtpd). Durante los años sesenta, el incremento mundial de la población y el consiguiente aumento de la demanda alimentaria presentaron nuevas oportunidades para los productores de amoniaco; en 1963 entraron en operación plantas con capacidades superiores a las 600 toneladas métricas diarias, con lo que la tecnología se diseminó por todo el mundo. El imperativo hasta ese momento había sido la producción en gran escala, debido a la gran demanda surgida con la *Revolución Verde*. Un año después se logró producir 1,000 toneladas por día en una planta de la *Mississippi Chemical Corporation* en Estados Unidos. A la par de lograr grandes capacidades de producción surge en ese período la preocupación por mantener un control más estricto del proceso, lo que lleva a modificar las operaciones y procesos unitarios a fin de elaborar el amoniaco en un solo tren, ya como un proceso de flujo continuo, lo que requirió la adecuación de los hornos de reformación para uso de gas natural, entre otras.

4.5.2. El período de 1975 a 1985.

El incremento en la demanda mundial requirió el diseño de plantas de capacidad cada vez mayores; así, en los setenta, el ritmo de expansión y construcción de plantas de amoniaco alcanza al continente asiático: China e Indonesia y en general todo el sureste asiático atestiguaron el mayor dinamismo en construcción de plantas con cerca de 35 por ciento de esta actividad (cuadro 4.4).

4.5.3. Los cambios posteriores a 1985.

La década de los ochenta, si bien permitió nuevos incrementos en la capacidad de producción de las plantas, se caracterizó más por la tendencia en la disminución del consumo de energía y el uso racional de los recursos. Surgieron nuevas plantas con consumos energéticos muy por debajo de los diseños anteriores, en el momento en que el desarrollo del producto alcanza su período de madurez. Se observa un descenso notable en la construcción de plantas de amoniaco, que globalmente representa 13 por ciento del total mundial (cuadro 4.4). En este período la estrategia de los productores se ha basado en el rediseño de las plantas existentes para disminuir el consumo de energía y, primordialmente en ubicar sus instalaciones nuevas en zonas con abundancia de gas natural a precio bajo, así como en la formación de alianzas estratégicas no solo entre productores, sino también entre empresas proveedoras de tecnología (tan solo entre 1995 y 1996 se efectuaron 503 fusiones, adquisiciones y Joint ventures en la industria, ver Wheat, 1997).

CUADRO 4.4.
DISTRIBUCIÓN MUNDIAL DE INSTALACIONES CONSTRUIDAS, 1970-1999.
Porcentaje de plantas construidas en el mundo, por región.

Región	Antes de 1975	1976 - 1985	Después 1985	Total
Europa Oriental	49	38	13	100
Norte América	50	43	7	100
Caribe	23	66	11	100
Medio Oriente	20	60	20	100
Asia	25	49	26	100
Sureste Asia	26	59	15	100
Ex Unión Soviética	20	72	8	100
Europa Central	62	29	9	100
Otros	44	41	15	100
Total Mundial	35	52	13	100

Fuente: *Chemical Engineering*, noviembre de 1999.

4.6. La capacidad instalada y el mercado internacional.

4.6.1. La capacidad instalada mundial.

La capacidad mundial de producción creció durante la última década aproximadamente 15.4 por ciento (cuadro 4.5).

La región del mundo que concentra la mayor capacidad de producción de amoníaco es el continente Asiático, con cerca de 41 por ciento del total. Durante la última década la capacidad instalada mundial se ha incrementado en mayor medida en el medio oriente y Asia, donde el precio de los insumos es bajo y la demanda elevada. Por otra parte, en Europa y la Ex Unión Soviética se han cerrado algunas plantas por las tecnologías obsoletas con que fueron diseñadas, el alto precio de los insumos o bien porque las inversiones se han orientado hacia otras ramas.

CUADRO 4.5.

CAPACIDAD MUNDIAL DE PRODUCCIÓN DE AMONIACO, 1988-1999.

Capacidad en miles de toneladas por regiones.

	1988	1999	Variación
Asia	40,805	65,006	59.3
Ex Unión Soviética	27,563	22,423	(18.6)
Europa Occidental	18,654	15,418	(17.3)
Europa Central	12,726	10,445	(17.9)
América Latina	7,457	8,791	17.9
Medio Oriente	4,884	7,426	52.0
Africa	3,690	4,971	34.7
Oceanía	657	768	16.9
Norte América	19,895	22,068	10.9
Estados Unidos	-	17500	-
Agrium	-	1812	-
C.F. Industries	-	1676	-
Farmland	-	2403	-
Mississippi C. C.	-	1316	-
PCS Nitrogen	-	2267	-
Terra Industries	-	1960	-
Will-Grow	-	332	-
Otros	-	5734	-
Canadá	-	5042	-
Agrium	-	2283	-
Canadian Fert.	-	1060	-
Simplot	-	289	-
Terra	-	435	-
Otros	-	975	-
México	-	2510	-
Total Mundial	136,330	157,316	15.4

Fuente: Fertecon, *Ammonia Futures*, 2000.

4.6.2. La capacidad instalada en América.

El principal productor de amoníaco en el continente americano son los Estados Unidos. Este país concentra aproximadamente 55 por ciento de la capacidad instalada del continente. Otra parte importante, 16 por ciento, corresponde a Canadá, país donde la capacidad instalada creció durante la última década casi 23 por ciento (cuadro 4.6).

En México la capacidad instalada disminuyó durante la década con la salida de operación de plantas con tecnología obsoleta. En Trinidad y Tobago entraron en operación durante la segunda mitad de 1998 las dos plantas con mayor capacidad de producción mundial, lo que permitió incrementar más de 100 por ciento la capacidad instalada de ese país.

CUADRO 4.6
CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE AMONIACO EN AMERICA, 1988-1999.
Capacidad en miles de toneladas.

	1988	1999	Variación
Estados Unidos	15,796	17,026	7.8
Canadá	4,099	5,042	23.0
Trinidad	1,711	3,590	109.8
México	2,910	2,510	(13.7)
Brasil	1,269	1,362	7.3
Venezuela	790	956	21.0
Colombia	200	215	7.5
Argentina	103	158	53.4
Perú	156	0	(100.0)
Cuba	340	0	(100.0)
Total América	27,374	30,859	12.7

Fuente: Fertecon, *Ammonia Outlook*, 2º trimestre de 2000.

4.6.3. El comercio de amoníaco en América.

El principal mercado de amoníaco en el continente americano son los Estados Unidos. El comercio mundial de producto para exportación está concentrado en ese país y en las naciones de Europa occidental, que juntos aglutinan 66 por ciento de las importaciones globales (cuadro 4.7).

CUADRO 4.7
IMPORTACIONES MUNDIALES DE AMONIACO POR REGIONES, 1990-1999
Volumen en miles de toneladas.

	1990	1999	% Variación
Europa Occidental	5,616	5,063	(9.8)
Europa Central	232	179	(22.8)
EUS	26	107	311.5
Africa	892	724	(18.8)
Medio Oriente	248	295	19
Asia	1,584	2,904	83.3
Oceanía	2	211	n/a
EUA	3,556	4,493	26.3
Canadá	12	27	125
América Latina	221	495	124
Total Mundial	12,388	14,497	17.0

Fuente: Fertecon, *Ammonia Outlook*, 2º trimestre de 2000.

EUS = Ex Unión Soviética.

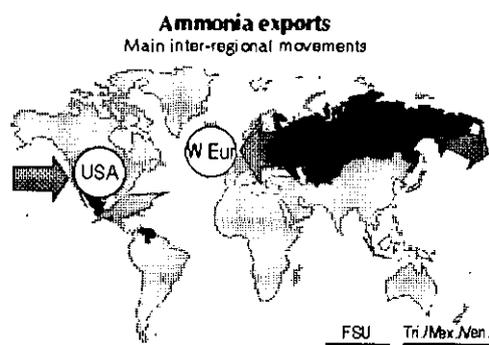


Figura 4.3 flujos de importación de amoniaco, 1999.

Fuente: Food and Agriculture Organisation.

Al mercado de los Estados Unidos ingresa cerca de 31 por ciento del producto total importado en el mundo. Sus principales proveedores son países del mismo continente, principalmente Trinidad y Tobago, además de la Ex Unión Soviética (figura 4.3) que participa con cerca de 21 por ciento de las importaciones totales a ese país. Durante los últimos años el volumen de producto

importado por EUA se ha mantenido constante (cuadro 4.8), lo cual representa que la demanda de este producto no ha crecido a la par que el resto de su economía.

CUADRO 4.8.
IMPORTACIONES DE AMONIACO A ESTADOS UNIDOS POR PAIS DE ORIGEN, 1995-1999, Volumen en miles de toneladas.

	1995	1999
EUS	1,205	1,167
América Latina	1,886	1,778
Brasil	13	35
Colombia	0	0
México	269	157
Trinidad	1,530	1,518
Venezuela	74	68
Canadá	1,151	1,217
Europa Occidental	35	25
Medio Oriente	21	0
Asia/Oceanía	12	19
Total	4,318	4,206

Fuente: Fertecon, *Ammonia Outlook*, 2º trimestre de 2000. EUS = Ex Unión Soviética.

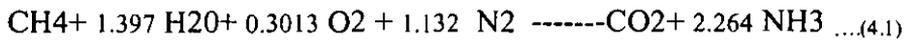
4.7. El consumo de energía del proceso.

4.7.1. El consumo energético ideal del proceso.

La evolución del proceso de obtención de amoniaco ha evidenciado cambios en la importancia concedida a los diferentes elementos que lo integran. En un principio fueron los catalizadores y materiales, posteriormente la instrumentación y el tamaño de los equipos. Actualmente el elemento más importante radica en el uso eficiente del gas natural.

De acuerdo con la termodinámica de la reacción (ecuación 4.1), el proceso ideal para obtener amoniaco solo requiere del consumo teórico del gas estrictamente necesario para convertirse en una tonelada de amoniaco, es decir un volumen de gas natural como metano (CH₄) equivalente a 17.9 Millones de Btu's. Adicionalmente, por las reacciones mostradas en la ecuación 4.1, teóricamente se debería obtener calor y trabajo del sistema (ecuaciones 4.2 y 4.3, Le Blanc ,1984).

A diferencia de lo anterior en los procesos actuales es necesario suministrar al sistema un volumen de gas natural mucho mayor, además de calor y trabajo, por lo que se puede considerar que existe una brecha entre la teoría y el fenómeno real, lo que permite concluir que existe cierto la posibilidad de mejorar los procesos actuales. La reacción de síntesis de amoniaco está dada por la siguiente ecuación estequiométrica:



$$-\Delta G @ 40 \text{ }^\circ\text{C} = 25,680 \text{ Btu/mol CH}_4 \dots^{17} \dots\dots\dots(4.2)$$

$$-\Delta H @ 40 \text{ }^\circ\text{C} = 36,190 \text{ Btu/mol CH}_4 \dots\dots\dots(4.3)$$

Consumo teórico por la alimentación	17.9 MM BTU
Output teórico de Calor.....	0.5 MM BTU
Input real de Calor.....	14-16 MM BTU
Output teórico de Trabajo.....	500 HP / ST
Input real del Trabajo.....	1000 HP / ST

¹⁷ El símbolo -ΔG expresan que la reacción ocurre de forma espontánea a las condiciones referidas, mientras que el -ΔH representa la generación de calor del proceso hacia los alrededores (ver glosario)

4.7.2. Cambios en consumo energético de plantas extranjeras.

Todas las plantas que operan actualmente en la empresa motivo de la investigación fueron diseñadas por la compañía MW Kellogg. La tendencia en los nuevos diseños ha sido reducir el consumo de gas natural, buscando disminuir la cantidad total de energía alimentada al proceso. En el cuadro 4.9 se observa la evolución histórica que han mostrado los diseños de este licenciador de tecnología, que en medio siglo ha logrado reducir la cantidad de energía suministrada al proceso en aproximadamente 40 por ciento.

CUADRO 4.9

EVOLUCIÓN DEL CONSUMO ENERGÉTICO, 1943-2000.

Cambios en consumo de energía en plantas Kellogg, en Millón de Btu/St, LHV.

Año	Consumo
1943-1965	38-40 MM Btu
1966-1972	32-34 MM Btu
1973-1983	31-32 MM Btu
1983-2000*	Menos de 25 MM Btu

Fuente: Elaboración propia con base en Le Blanc, J.R. Artículo *Make Ammonia with less energy*, *Hydrocarbon Processing*, julio 1984, p.13.

* significa que el menor consumo logrado persiste desde 1983.

4.7.3. Distribución del consumo de energía por áreas del proceso.

El renglón de gasto más fuerte en cuanto a producción de amoníaco lo constituye el costo del gas natural que se consume, el cual representa aproximadamente 70 por ciento del total, incluyendo costos fijos. El gas natural tiene dos usos: se emplea como insumo para combinarlo con vapor y aire, y así obtener el amoníaco y por otra parte se quema como gas combustible para proporcionar la potencia calorífica requerida para efectuar la reacción de reformación con vapor en el reformador primario y para calderas y hornos en el proceso. Por esta razón para reducir el consumo energético las empresas en todo el mundo se han orientado a disminuir la cantidad de gas combustible que se quema, que en las plantas convencionales es de 46 MMBtu por cada 100 que ingresan a la planta (cuadro 4.10).

CUADRO 4.10.

CONSUMO ENERGÉTICO EN PLANTAS CONVENCIONALES, 1993.

Distribución del consumo de gas natural por áreas en Millón BTU y porcentajes.

	MMBTU/ST	% del total
Gas natural para el proceso	18.1	54
Gas combustible	15.3	46
Total	33.4	100

Fuente: *Hydrocarbon Processing*, julio, 1993 p.15

4.8. Innovaciones tecnológicas extranjeras en amoniaco.

4.8.1. Innovaciones tecnológicas mayores.

Los cambios más recientes en tecnologías de amoniaco han sido originados en los departamentos de diseño de las firmas de construcción más importantes en el mundo y se han orientado al abatimiento del consumo de energía. Desde que se ideó el proceso Haber - Bosch los cambios técnicos han sido abundantes y de tipo incremental. Las contribuciones de tipo radical que han logrado la máxima eficiencia en utilización de energía se resumen en el cuadro 4.11.

CUADRO 4.11.

CAMBIOS TECNOLÓGICOS MAYORES EN TECNOLOGÍA DE AMONIACO, 1988-2000.

Cambio técnico mayor, procedencia y característica sobresaliente.

Compañía	Concepto Innovador	Fecha de Arranque	Característica Principal
ICI Katalco	LCA (Leading Concept Ammonia)	1988	Sustituye al reformador primario por un intercambiador de calor
Haldor Topsoe	Reformador con tubos laterales y Autotérmicos	1988	Usa prereformador. La flama del 1° es horizontal (se dirige a las paredes).
Krupp Uhde	CAR (Combined Autothermal Reformer)	1988	Combinación del cambiador para reformación y oxidación parcial
MW Kellogg	Proceso KAAP (Kellogg Advanced Ammonia Process)	1992	Emplea un catalizador de Rutenio cuya conversión es de 20 %
MW Kellogg	Sistema KRES (Kellogg Reformer Exchanger System)	1993	Emplea un cambiador tubular que opera en paralelo con un reformador autotérmico
Linde AG	LAC (Linde Ammonia Concept)	1997	Separa el nitrógeno criogénicamente del aire.
Kellogg Brown & root	KAAP Plus Process	2000*	Combina tecnologías de M.W. Kellogg y Brown & Root.

Fuente: Elaboración propia con base en *Hydrocarbon processing, Chemical Eng., Oil and Gas Journal* y *Finds*, varios números; *significa que aún no se construyen plantas con esta tecnología.

El principal cambio tecnológico propuesto por la empresa ICI-Katalco (actualmente Syntex) consiste en la eliminación del reformador primario, haciendo que el calor de los gases efluentes del reformador secundario sea cedido a los gases que ingresan al intercambiador de calor que sustituye al primario. Se trabaja con presiones moderadas en el circuito de síntesis (100 kg/cm²), disminuyendo así los requerimientos de compresión. El consumo de energía es menor a los 25 MMBtu/St. Se han construido tres plantas con esta tecnología, una en Canadá y dos en China.

Las principales modificaciones tecnológicas de Haldor Topsoe son el uso de un prereformador de carga, las modificaciones al tipo de quemadores y la orientación de su flama en el reformador primario, así como el uso de convertidores de síntesis de flujo radial. Desde 1988 se han construido más de 55 plantas con esta nueva tecnología, que representan 52 por ciento de toda la capacidad nueva de amoniaco. El consumo de energía es de 25 MMBtu/St.

El diseño innovador de Krupp-Uhde emplea por una parte equipos que mejoran la mezcla aire-gas para optimizar la combustión, además de que el circuito de síntesis es de media presión y se emplean dos reactores de amoniaco con tres camas catalíticas cada uno, de tipo radial. Permite consumos de energía de 24 MMBtu/st. Entre 1988 y 1998 se han arrancado más de 15 plantas con esta tecnología, con capacidades desde 600 hasta 1800 toneladas.

A principios de 1990 Kellogg desarrolló un sistema conocido como KRES, el cual elimina el reformador primario y en el que se precalienta una mezcla aire en exceso con la carga de gas natural y vapor que posteriormente se alimentan a un reformador autotérmico y un intercambiador de calor. Esta innovación se incorporó por primera vez a una planta de 350 toneladas/día ubicada en Canadá, en 1994. Actualmente se emplea esta tecnología en conjunción con el purificador de la empresa Brown & Root, equipo que permite separar criogénicamente el metano, argón y nitrógeno en exceso de la corriente de gas de síntesis, haciendo que solamente ingresen al reactor el hidrógeno y nitrógeno requeridos estequiométricamente, con lo que disminuyen la temperatura y presión de operación y la carga del compresor de síntesis. La tecnología del purificador ha estado en operación desde 1996 en plantas con capacidades que varían entre 680 y 1750 toneladas/día. También se ha empleado esta tecnología en plantas con capacidades de 2000 toneladas/día.

Desde 1970 M.W. Kellogg inició el programa que resultó en el desarrollo del primer catalizador comercial con base en el rutenio, un metal que brinda mucha mayor conversión que el tradicional (de hierro). En noviembre de 1992 arrancó en Canadá la primer planta con esta modificación. Otras dos plantas más emplearon esta innovación: una en los EUA en 1996 y otra en Australia en 1997. También se empleó esta tecnología en las plantas nuevas de Trinidad de 1850 toneladas/día que arrancaron en 1999 y que han logrado producciones de más de 1950 toneladas/día.

El proceso de Linde Ammonia Concept (LAC) emplea hidrocarburos ligeros para producir amoniaco. Se basa en la alimentación de gases hidrógeno y nitrógeno de muy alta pureza al reactor de síntesis. El primero se obtiene por procesos de adsorción, mientras que el nitrógeno es separado criogénicamente del aire. La primer planta con esta tecnología se construyó en India y es de 1350 toneladas/día. Opera con menos de 25 MMBtu/St.

En septiembre de 1998 las compañías Haliburton y Dresser se fusionaron, lo que ocasionó que las subsidiarias de ambas, Brown & root y M.W. Kellogg también se integraran en una nueva compañía, llamada Kellogg Brôwn & Root (KBR). Como resultado de la integración de sus tecnologías surgió el concepto de KAAP Plus, el cual tiene las siguientes características:

- no tiene reformador primario.
- no emplea plantas de separación de aire.
- el compresor de síntesis es integrado en 1 etapa (el convencional tiene 2).
- no tiene Unidad Recuperadora de Hidrógeno.
- Menor espacio (área de planta).

4.8.2. Innovaciones tecnológicas extranjeras menores.

Los diseñadores de plantas de amoniaco, así como los productores de este insumo, ha buscado constantemente disminuir el consumo de energía de las plantas productoras. Para ello se han efectuado, además de los cambios mayores mencionados antes, un número abundante de cambios incrementales o pequeñas modificaciones y adaptaciones al proceso o los equipos. En los cuadros 4.10 a 4.16 se muestran las modificaciones que M W Kellogg ha realizado en plantas ya existentes, conocidas como "retrofits", así como los ahorros energéticos derivados de ellas, que resultan de la reducción en gas combustible al reformador primario y la caldera auxiliar, así como de las mejoras en el balance de vapor de la planta.

El reformador primario es el principal consumidor de energía en una planta de amoniaco. Por ello, cualquier avance en la eficiencia de este horno se convierte directamente en un ahorro por tonelada. Se han efectuado las innovaciones que se muestran en el cuadro 4.12, o alguna de sus combinaciones bien sea para incrementar la eficiencia térmica o la capacidad de este horno, dependiendo de los aspectos económicos y de proceso.

CUADRO 4.12

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN REFORMACIÓN, 1986.

Modificaciones al reformador primario, ahorro en millón de btu por tonelada.

	Ahorro MMBtu/St; LHV
Precalentamiento del aire	0.8 a 1.35
Adición de quemadores en convección	0.2 a 0.3
Integración de turbinas de gas p/ cogeneración	0.6 a 1.5
Adición de serpentines en z convección	0.3 a 0.5
Saturador de gas a proceso	0.3 a 0.7
Cambio de tubos del reformador	NA
Incremento de temperatura aire a proceso	0.2

Fuente: The M W Kellogg company, (1986), *Kellogg in ammonia retrofits: ammonia retrofits qualifications and experience*, p65

Después de la zona de reformación, una de las etapas de la producción de amoniaco que consumen más energía es la sección de purificación del gas de proceso. Aquí el enfoque de este diseñador se ha orientado al remplazo de soluciones absorbedoras de bióxido de carbono que en el diseño tradicional emplean carbonato de potasio, por otros agentes que dada la naturaleza térmica de la reacción de absorción de CO₂, propicien ahorro de energía (cuadro 4.13).

CUADRO 4.13.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN PURIFICACIÓN, 1986.

Mejoras en la eliminación de CO₂, ahorro en millón de btu por tonelada.

	Ahorro MMBtu/St; LHV
Mayor concentración de solución MEA	0.9
Sistema Benfield mejorado	0.7 a 0.8
Uso de Selexol	1.9
Uso de metil dietanolamina (MDEA)	0.3
Uso de turbinas hidráulicas	0.1
Secado con tamices moleculares	0.6

Fuente: *The M W Kellogg company, (1986), Kellogg in ammonia retrofits: ammonia retrofits qualifications and experience, p67*

En las plantas típicas, la reacción de síntesis de amoniaco tiene una conversión de aproximadamente 13 por ciento en volumen; ante esta baja razón de conversión, algunos de los nuevos enfoques se encaminan a mejorar el porcentaje de amoniaco obtenido por tonelada de insumos que entran al reactor de síntesis (cuadro 4.14).

CUADRO 4.14.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN REACTOR DE SÍNTESIS, 1986.

Modificaciones al reactor de síntesis, ahorro en millón de Btu por tonelada.

	Ahorro MMBtu/St; LHV
Modificaciones al reactor de síntesis	
2° Reactor paralelo vertical con enfriamiento	1 a 1.2
Reactor horizontal con interenfriamiento	1 a 1.2
Reactor vertical con interenfriamiento	NA
Recuperación de potencia	
Expansor de gas natural	0.3
Expansor del gas de purga	0.2

Fuente: *The M W Kellogg company, (1986), Kellogg in ammonia retrofits: ammonia retrofits qualifications and experience, p 68*

La corriente de gas de purga contiene, además de hidrógeno y nitrógeno, amoniaco en forma gaseosa. La separación y recuperación de estos gases es importante por dos razones: la etapa más costosa del proceso de amoniaco consiste en la obtención de hidrógeno, por lo que su recuperación del gas de purga genera ahorros significativos. Por otra parte, la corriente de gas de purga contiene aproximadamente 5 por ciento en volumen de amoniaco, que se logra recuperar al separarlo del hidrógeno y nitrógeno.

CUADRO 4.15.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN SÍNTESIS, 1986.

Modificaciones al sistema de gas de purga, ahorro en millón de btu/St, (LHV)

	Ahorro
Recuperación del hidrógeno	0.5 a 0.7
Recuperación del amoniaco con agua	0.1
Modificcaciones a la generación de vapor	
Purificación del condensado de proceso	0.2
Aumento en la transferencia de calor	
Cambiador extra de efluente del reactor	0.1
Mayor área p/ convertidor horizontal	0.1 a 0.2
Postenfriador del compresor de síntesis	0.1
Condensador de superficie paralelo	0.1 a 0.2
Intercambiador único para refrigeración	0.2 a 0.3

Fuente: The M W Kellogg company, (1986), *Kellogg in ammonia retrofits: ammonia retrofits qualifications and experience*, p69

El turbocompresor de síntesis es la columna vertebral de una planta de amoniaco. A través de él se proporciona la potencia necesaria para comprimir la mezcla de hidrógeno, nitrógeno y metano conocida como gas de síntesis, con lo que se logra elevar la presión del circuito de síntesis desde aproximadamente 32 Kg/cm² a más de 210 Kg/cm². Para conseguir esta potencia, el turbocompresor de síntesis consume aproximadamente 350 toneladas por hora de vapor sobrecalentado con una presión de 110 Kg/cm² y una temperatura cercana a los 490 grados centígrados. Este consumo es clave en el balance de vapor de una planta, por lo que el desempeño óptimo de este turbocompresor resulta en una mayor eficiencia operativa.

CUADRO 4.16.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN COMPRESIÓN Y SÍNTESIS, 1986.

Modificaciones al compresor de síntesis, ahorro en millón de btu por tonelada (LHV/St)

	Ahorro
Modificación de los internos	0.3
Adición del enfriador de la succión	NA
Adición de un booster al compresor de aire	0.07 a 0.02

Fuente: The M W Kellogg company, (1986), *Kellogg in ammonia retrofits: ammonia retrofits qualifications and experience*, p71

El rápido avance de las computadoras también ha permeado a la industria de transformación. De la arcaica operación manual de las válvulas y motores, el desarrollo en dispositivos de instrumentación se enfocó a la creación y mejora de controladores de tipo neumático. Posteriormente éstos fueron remplazados por otros que emplean celdas de tipo electrónico y que permiten el acoplamiento a dispositivos modernos de control, conocidos como Sistemas de Control Distribuido, que pueden operar en una etapa básica para monitorear y controlar circuitos de proceso, o bien en una etapa de control que permite acoplarlos a dispositivos como

analizadores en línea y software con rutinas avanzadas de control multivariable de procesos, con el fin de lograr un mayor aprovechamiento de los insumos y atenuación de las condiciones operativas.

CUADRO 4.17.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN SISTEMAS DE CONTROL, 2000.

Modificaciones en control computarizado avanzado, ahorro en millón de btu por tonelada.

	Ahorro MMBtu/St; LHV
Control computarizado avanzado de:	0.4
Relación vapor/gas	Idem
Fuga de metano	Idem
Temperatura del reformador primario	Idem
Gas de repuesto a síntesis	Idem
Flujo de gas de purga de alta presión	Idem
Relación H ₂ /N ₂	Idem
Enfriamiento del reactor de síntesis	Idem
Velocidad y disparos del compresor de síntesis	Idem
Temperatura del vapor sobrecalentado	Idem

Fuente: The M W Kellogg company, (1986), *Kellogg in ammonia retrofits: ammonia retrofits qualifications and experience*, p73.

4.8.3. Los licenciadores de la tecnología.

M.W. Kellogg es la compañía más importante en tecnología de amoniaco en los EUA y una de las 3 más importantes en el mundo, de acuerdo con la intensidad innovadora, medida como dinamismo patentador, (cuadros 4.18 y 4.19), en los que también se muestran diferentes firmas que ofrecen tecnología de fabricación de amoniaco, su país de origen, el número de licencias y patentes, la fecha de la licencia más reciente, así como el consumo teórico de energía del proceso licenciado.

CUADRO 4.18

NUMERO DE LICENCIAS INTERNACIONALES EN EL PROCESO DE AMONIACO, 2000.

Principales licenciadores del proceso, número de licencias y consumo de energía (MMBTU/St).

Licenciador /País	Materia prima	No de licencias	Ultima licencia	Consumo de energía
Haldor Topsoe (Dinamarca)	Gas natural, nafta, destilados intermedios	180	1997	25
M.W. Kellogg*	Hidrocarburos/gas natural y nafta	175	1996	25
Krupp Uhde (Alemania)	Gas natural	40	Nd	26
CF Brown (EUA-Alemania)	Hidrocarburos	25	Nd	25
ICI Katalco (Inglaterra)	Gas natural	2	1998	25
Linde AG (Alemania)	Hidrocarburos Ligeros	1	1993	Nd
M. W. Kellogg*	Hidrocarburos/Gas natural y nafta	Nd	Nd	Nd
Lee Consultant*	Hidrocarburos ligeros	Nd	Nd	Nd

Fuente: Elaboración propia con base en Hydrocarbon processing, marzo/2000; *empresas de EUA.

Es importante señalar que la danesa Haldor Topsoe tiene más licencias y patentes en amoniaco en los últimos años, mientras que otras como Krupp e ICI son poco dinámicos en este renglón a pesar de que muestran ser muy activas en otros.

CUADRO 4.19.

DINAMISMO PATENTADOR EN EL PROCESO DE AMONIACO Y UREA, 1976-2000*

Principales patentadores del proceso y número de patentes

Compañía	1976-2000 Total patentes**	1976-2000 amoniaco	1991-1995 Amoniaco	1999-2000 Amoniaco	1976-2000 urea
M.W. Kellog	86	16	4	1	4
Haldor Topsoe	114	15	5	6	0
Uhde	164	14	4	0	1
ICI	1279	9	0	0	19
Krupp	1499	7	0	0	0
Brown & root	78	4	1	3	0
Linde	32	2	1	2	13
Katalco	9	0	0	0	0

Fuente: Elaboración propia con base en U.S. Patent & Trademark Office.

Notas.- *Datos al 17 de octubre de 2000.

**considera todas las patentes de esa empresa en los EUA, aún las que no son de amoniaco o urea. Solo la empresa Uhde tiene patentes para el co2 y son 9 en el período 1976-2000.

4.8.4. Las aplicaciones tecnológicas. Plantas en construcción.

De las tres compañías especializadas en tecnología de amoniaco más importantes en el mundo (véase cuadro 4.18 y 4.19), la empresa noruega Haldor Topsoe es la que ha obtenido mayor número de contratos en las plantas de más reciente construcción (ver cuadro 4.20), por la economía de sus consumos energéticos, la variedad de insumos potenciales como corrientes de proceso y el menor tiempo requerido para construir las plantas con sus diseños. Por otra parte, la norteamericana Kellogg ha ganado menos contratos para suministrar tecnología de plantas nuevas en todo el mundo.

Lo anterior sugiere que el diseño que está mostrando mayor éxito comercial es el de Haldor Topsoe, compañía que mantiene una participación de mercado superior al 50 por ciento con respecto a todas las plantas contratadas desde 1988 (www.haldortopsoe.com).

CUADRO 4.20.

NUEVAS PLANTAS DE AMONIACO CONSTRUIDAS EN EL MUNDO, AÑO 2000.

Principales licenciadores de plantas en construcción en el mundo.

Capacidad Mtpd	Propietario Compañía	Lugar País	Contratista / Licenciador	Termina Año
725	Beaumont Methanol	EUA	Foster Wheeler/Topsoe	00
1,350	VisaKhatman	India	TEC/KBR	00
1,850	CNC	Trinidad	Ferrostahl/KBR	02
1,200	Egyptian Fertilizer	Egipto	Krupp Uhde	00
1,000	Farmland	EUA	B&V Pritchard/Casale	00
1,800*2	Fertinitro	Venezuela	Snamprogetti/Topsoe	00
600	G. Phos	Australia	Linde	00
1,000	Jilin Petrochemical Co	China	Linde/Casale	01
1,000	Nanjing Chem.	China	Topsoe/Snamprogetti/Linde/Texaco	00
1,350	Petronas	Malasia	Foster Wheeler/Topsoe	00
2,050	Profertil	Argentina	Snamprogetti/Topsoe	00
1,200	PT Iskandar Muda	Indonesia	TEC/KBR	01
1,000	PT Kalimantan T.	Indonesia	MHI/Topsoe	02
1,500	PT Kalimantan	Indonesia	MHI/Topsoe	02
2,000	PT Kalimantan	Indonesia	MHI/Topsoe	00
230	Queensland N.	Australia	Shedden Uhde/Linde/Casale	00
1,500	SAFCO	Saudi Arabia	Tecnimont/B.R. Brown	00
650	Westfarmers, CSBP	Australia	Technipetrol/Topsoe	00
600	Zepu	China	CNCC/KBR	00

Fuente: Elaboración propia con base en *Finds, Third Quarter 2000*.

Notas.- Mtpd = Toneladas métricas por día,

KBR = Kellogg Brown & Root.; 00 = Año 2000; 01 = Año 2001; 02 = Año 2002

Parte III. El contexto nacional. Apertura y el desempeño tecnológico y competitivo de la industria del amoniaco.

Todo movimiento militar es importante para la nación porque se trata de vida o muerte, de supervivencia o destrucción; es imperativo por lo tanto, estudiarlo muy atentamente.

¿Qué mando político tiene la vía? ¿Qué general tiene habilidad? ¿Cuál es el mejor clima y terreno? ¿De quién es más efectiva la disciplina?, ¿De quién son más fuertes las tropas?, ¿A quién pertenecen los soldados y oficiales mejor entrenados?, ¿De quién es más claro el sistema de recompensas y castigos?, Dando respuestas a estas preguntas se puede saber quién va a ganar.

En tiempos antiguos los grandes guerreros eran aquellos que ganaban cuando era fácil ganar. Así pues, las victorias de los grandes guerreros no se distinguieron por su ingeniosidad o bravura. Pero esas victorias no fueron accidentales porque se colocaron en una posición en la que era inevitable ganar sobre los que habían perdido de antemano.

Sun Tzu, el arte de la guerra.

Capítulo 5. México. El Proceso de Apertura y su Impacto en la Industria Petroquímica y del Amoníaco.

5.1 Introducción.

Este capítulo trata del desarrollo de la industria petroquímica y del amoníaco en México desde sus orígenes hasta el presente. Observaremos la evolución de esta industria en el contexto de cambios en las políticas económicas. Centraremos nuestra atención en el proceso de apertura impulsada por la privatización de los activos estatales, proceso que desde sus inicios se caracterizó por el alto grado de indefinición, situación que prevalece hasta el final de esta investigación. Conoceremos las repercusiones más importantes de este proceso de apertura sobre el sector de compuestos nitrogenados, que dividió a los productores de amoníaco y los fabricantes de fertilizantes, fracturando la cadena productiva.

El modelo económico imperante en México y Latinoamérica a partir de la posguerra se caracterizó por seguir lineamientos proteccionistas acordes con la política de sustitución de importaciones. Bajo éste régimen tutelar se fundaron las bases y se fomentó el crecimiento de la industria petroquímica nacional, de la cual el sector estatal es parte importante.

A mediados de los años ochenta las tendencias internacionales apuntaban hacia cambios estructurales en las economías que implicaron transformaciones al modelo seguido hasta entonces y la adopción de uno nuevo cuyos rasgos más acusados fueron la liberalización comercial y la desincorporación del Estado de los activos considerados no estratégicos.

Una vez desintegrada la cadena del amoníaco y los fertilizantes nitrogenados y ante fronteras abiertas, los productores nacionales de fertilizantes sufrieron la invasión de producto de otros países con menores costos, lo que aunado a otras causas propició una profunda crisis en esta rama industrial, la segunda en volumen de producción de petroquímicos en el país, situación que se detalla en este capítulo.

5.2. El proceso de apertura y desincorporación.

5.2.1. Del proteccionismo al liberalismo. El marco económico y regulatorio.

En México, la aplicación de la política industrial desde finales de la segunda guerra mundial hasta mediados de 1980 siguió, al igual que en muchos países latinoamericanos, el modelo de sustitución de las importaciones (Clavijo, F., 1994).

De acuerdo con este modelo se hace indispensable la intervención directa e indirecta del gobierno a través de una política proteccionista cuyos rasgos más característicos fueron los elevados aranceles, los permisos previos, los precios oficiales y los controles cambiarios (Solís, M., 1992).

Durante este período de posguerra, particularmente en la década de los cincuenta, se colocaron los cimientos y se contrataron todas las obras de lo que más tarde sería la industria petroquímica estatal en México.¹⁸

En 1958 se promulgó la primera legislación para la industria petroquímica (Mattar, J., 1994). En esta ley se definían los productos básicos¹⁹ y secundarios,²⁰ así como la exclusividad del Estado para producir, distribuir y comercializar los productos básicos, además de exigir que el 60 por ciento de capital de las empresas fuera de origen nacional. También en esta etapa se establecieron los mecanismos de permisos para que la iniciativa privada pudiera elaborar los productos secundarios.

Más tarde, de acuerdo con la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en Materia de Petroquímica aparecido en el Diario Oficial de la Federación el 5 de febrero de 1971, se dividió a la industria petroquímica en dos

¹⁸ Con la excepción del Complejo Morelos, todos los centros petroquímicos se terminaron antes de 1990

¹⁹ El sector básico, cuyo desarrollo corresponde a Pemex comprende aquéllos productos que son susceptibles de servir como materias primas industriales básicas que sean resultado de los procesos petroquímicos fundados en la primera transformación química importante que se efectúe a partir de los hidrocarburos o subproductos de refinación de hidrocarburos naturales del petróleo.

²⁰ El sector secundario comprende aquellos productos que sean resultado de los procesos subsecuentes a los señalados en el párrafo anterior y en cuya elaboración pueden participar indistintamente la nación o los particulares.

segmentos: el básico y el secundario, con lo que se reafirmó la posición de Pemex en esta industria.

Durante esta etapa las principales ventajas competitivas con que se contaba eran: una fuerte protección, precios de materias primas menores que los internacionales, un mercado interno en crecimiento y, en ese momento, la tecnología adecuada para las condiciones de un mercado protegido.

La crisis mundial de 1973 provocada por los elevados precios del petróleo redundó en una disminución de la oferta de materias primas importadas, situación que motivó una reducción de la capacidad instalada nacional. El reto de la autosuficiencia se convirtió en imperativo. Esto llevó a Pemex a ampliar su capacidad instalada. En ese momento los grupos privados emprendieron fuertes inversiones que iniciaron la etapa de consolidación de la petroquímica secundaria, así como los primeros proyectos de exportación.

Hacia finales de 1970, se buscó consolidar la industria petroquímica a través de incentivos federales muy atractivos para el capital privado. Entre ellos destaca la oferta de garantizar descuentos de 30 por ciento con respecto al precio internacional, así como abasto seguro por una década, a cambio de instalarse en Altamira y Coatzacoalcos, abrir fuentes de empleo y exportar al menos la cuarta parte de su capacidad instalada (Mattar, J., 1994).

Al amparo de un mercado cautivo y con una elevada demanda interna la geografía del sureste mexicano se pobló con grandes proyectos de construcción, destacando cuatro complejos: Cangrejera, Cosoleacaque, Pajaritos y Morelos así como seis centros de menor tamaño ubicados básicamente en el altiplano central: Escolín, Camargo, Salamanca, Tula, San Martín e Independencia. bajo la dirección de Pemex.

A principios del decenio de 1980, la baja del precio internacional del petróleo y el alza sin precedentes en las tasas de interés en los mercados mundiales magnificaron los problemas estructurales de la economía mexicana y precipitaron la crisis de la deuda, lo cual llevó a poner en tela de juicio el modelo de desarrollo

seguido hasta entonces y obligó a dar prioridad absoluta a la estabilización macroeconómica (Clavijo, F., 1994).

Fue en ese contexto que los postulados del modelo neoclásico comenzaron a ganar influencia en la discusión teórica y en los círculos de decisión política. La incorporación de México al Acuerdo General de Aranceles y Comercio (GATT) en 1985 planteó las premisas de la apertura comercial cuyos efectos provocaron que el gobierno replanteara la necesidad de reestructurar a la industria petroquímica.

La función del Estado en el marco de la nueva política industrial debía ser, por lo tanto, la de garantizar estructuras de mercado competitivas que asegurarán una asignación eficiente de los recursos y elevaran la productividad macroeconómica. El desarrollo económico se promovería mediante la libre empresa y no por el Estado. El principal basamento de las políticas, más que la sustitución de importaciones, sería el fomento a la exportación (Pakdaman, 1984). Las líneas de acción propuestas para lograrlo serían: la consolidación de la apertura comercial y la desregulación económica. Los productores que no logran adaptarse a la competencia externa saldrían del mercado y los recursos liberados se orientarían hacia la producción de bienes exportables que se tornarían más rentables como resultado de la eliminación de las distorsiones en el vector de precios relativos y la mayor disponibilidad de insumos importados (Clavijo, 1994).

Se consideró que un régimen comercial abierto obligaría a los productores a ser más eficientes y competitivos al exponerlos a la competencia internacional.

5.2.2. Desgravación arancelaria y eliminación de incentivos.

Los incentivos con que había contado la industria para su desarrollo durante las cuatro décadas anteriores a 1980 fueron eliminados. Algunos proyectos como el de Laguna del Ostión fueron cancelados. Se inició la apertura comercial, cuyos rasgos prominentes fueron la eliminación de permisos y precios oficiales de importación, lo que se logró totalmente hacia finales de 1980. En materia de

reducción arancelaria también se lograron avances, como se ejemplifica en el cuadro 5.1.

CUADRO 5.1.
INSTRUMENTOS DE PROTECCIÓN A LA INDUSTRIA QUÍMICA, 1985 - 1988.

Distribución	1985	1986	1987	1988
Producción interna protegida por permisos de importación	86.8	24.8	18.0	2.5
Aranceles promedio	28.7	26.5	26.0	12.9
Producción interna protegida por precios de importación	21.3	29.6	15.5	--

Fuente: Mattar, J., (1994, pp.163).

5.2.3. La reclasificación de los petroquímicos. De básicos a secundarios.

Acorde con las premisas de crecimiento económico en voga, entre 1986 y 1989 se efectuaron dos nuevas reclasificaciones, disminuyendo de 34 a 19 el número de los productos petroquímicos considerados básicos, (ANIQ, 1999). Buscando desmantelar el pesado aparato burocrático estatal, el 17 de julio de 1992, luego de 54 años de la expropiación petrolera, entró en vigor la nueva Ley Orgánica de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios. Mediante ella se dispuso la creación de cuatro organismos descentralizados de carácter técnico, industrial y comercial con personalidad jurídica y patrimonio propios: Pemex Exploración y Producción, Pemex Refinación, Pemex Gas y Petroquímica Básica y Pemex Petroquímica.

El antecedente más directo de los preparativos para la desincorporación de activos estatales se dio el 17 de agosto de 1992, fecha en que se publicó en el Diario Oficial de la federación la lista de productos denominados "básicos" que solo podrían ser elaborados por la Nación a través de Pemex o sus subsidiarias y que son el etano, propano, butano, pentano, hexano, heptano, materia prima para negro de humo y naftas.

De acuerdo con esta ley, todos los productos petroquímicos restantes pueden ser elaborados por los sectores privado, social o público, existiendo en el país 28

empresas productoras de petroquímicos "secundarios" (ANIQ, 1997). Las reclasificaciones de los productos petroquímicos se resumen en el cuadro 5.2.

CUADRO 5.2.
CAMBIOS EN LA CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS PETROQUÍMICOS. 1986 – 1992.
Evolución histórica de petroquímicos básicos.

1986 ^a	1986 ^b	1989	1992
Acetaldehído	Isopropanol	Amoníaco	Butanos
Acetonitrilo	Materia prima n.h.	Benceno	Etano
Acrilonitrilo	Metanol	Butadieno	Heptano
Alfa olefinas	N-parafinas	Dodecilbenceno	Hexano
Amoníaco	Olefinas internas	Etano	Materia prima n.h.
Benceno	Ortoxileno	Etileno	Naftas
Butadieno	Oxido de etileno	Heptano	Pentanos
Ciclohexano	Paraxileno	Hexano	Propano
Cloruro de vinilo	Pentanos	Materia prima n.h.	
Cumeno	Polietileno Alta densidad	Metanol	
Dicloroetano	Polietileno Baja densidad	N-parafinas	
Dodecilbenceno	Propileno	Ortoxileno	
Estireno	Tetrámero de propileno	Paraxileno	
Etano	Tolueno	Pentanos	
Eter metil terbutílico	Xilenos	Propileno	
Etilbenceno		Teramil metil éter	
Etileno		Tetrámero de propileno	
Heptano		Tolueno	
Hexano		Xilenos	
Total	34	19	8

Fuente Diario Oficial de la Federación, (13/10/86, 15/08/89 y 17/08/92).

5.2.4. Los pasos para la privatización de la industria petroquímica.

Estas reclasificaciones y en particular la última, permitieron preparar el terreno para los anuncios que se darían desde finales de 1994 en los que se declaraba la intención de privatizar las plantas de Pemex petroquímica, y cuyos propósitos se frustraron debido a los bajos precios internacionales de los productos y a la situación coyuntural de la economía luego del crítico período de transición gubernamental en que el peso sufrió una grave devaluación. El llamado *Efecto Tequila* impactó también en las economías de otros países del continente²¹ (La Jornada, 25/04/95).

²¹ Según el anuario *World Competitiveness Report 1995*, México descendió del lugar 7 hasta la posición 44

5.2.4.1. Primer intento de venta.

En enero de 1995, en el marco de la crisis de inicio de sexenio, el Gobierno Federal anunció el inicio de la privatización de Pemex Petroquímica, ante un ligero repunte en los precios internacionales, para lo cual se formó el Comité Intersecretarial de Desincorporación. Ese mismo año se dieron a conocer las directrices que seguiría la privatización, que habría de efectuarse por complejos.

El primero en licitarse fue el Complejo Petroquímico de Cosoleacaque. En la licitación se mencionaba la participación de Pemex con el 20 por ciento de acciones para la nueva empresa. Como requisito se pedía que los activos de la parte interesada fueran superiores a 1 mil 750 millones de nuevos pesos, con un capital contable mínimo de 700 millones de nuevos pesos, experiencia mínima de tres años en el ramo petroquímico y una producción superior a las 500 mil toneladas anuales. También se solicitaba la declaración escrita manifestando la intención de expandir y modernizar el complejo así como la industria del amoníaco.

Al registro se presentaron tres compañías: la mexicana Agronitrogenados, del Grupo Acerero del Norte (GAN) que también era el principal productor de fertilizantes nitrogenados del país, la noruega *Norsk Hydro* (con representaciones en todo el mundo) y una sociedad conformada por las norteamericanas *Terra y Farmland Industries*.²²

Ante la presión de diferentes grupos políticos, del sindicato de trabajadores así como de empleados de confianza, se dio a conocer informalmente a través de la prensa de la suspensión del proceso de licitación de Cosoleacaque, por tiempo indefinido.²³

Más tarde, en octubre de 1996 se dio a conocer la Nueva Estrategia para la Industria Petroquímica Mexicana. Como resultado de estos planteamientos en

²² Dos de las empresas más importantes en el mercado norteamericano del amoníaco y los fertilizantes nitrogenados.

²³ En algunos lugares del sureste como Minatitlán, Veracruz, se organizaron grandes marchas como la del 09 de noviembre de 1995 en que participaron cerca de 45 mil personas contra la privatización (el total de trabajadores de la petroquímica estatal es de 14 mil), La Jornada, 10/11/95

enero de 1997 se constituyeron las filiales de Pemex - Petroquímica cuya participación consistía de 51 por ciento de capital estatal y hasta 41 por ciento privado. El Sindicato de Trabajadores Petroleros de la República Mexicana (STPRM) conservaría la titularidad de los contratos colectivos de las nuevas empresas.

5.2.4.2. Segundo intento de venta.

En ese año inició el proceso de venta de las empresas filiales. Bajo esta estrategia el primer complejo que se ofertó fue Morelos (PQM). Además de ser el más reciente de todos, era en ese momento también el más rentable. Para facilitar el proceso se firmaron convenios de desempeño en la filial, se concedió mayor poder al Consejo de Administración y se garantizó el suministro de etano.²⁴ Sin embargo, la propuesta para Morelos no resultó atractiva para los inversionistas interesados, Idesa y Alpek, situación que había sido advertida desde el inicio del proceso por diversas instancias colegiadas y asociaciones nacionales del ramo.

El 19 de febrero la Secretaría de Energía declaró desierta la licitación de PQM. En una carta enviada por el presidente del consejo de administración de IDESA a JP Morgan ²⁵ se explicó que:

...."el esquema de participación privada no ofrece una base aceptable para un accionista privado, al no contar con el control de la empresa y estar sujeto a las decisiones del accionista minoritario representado por el gobierno federal...()..resulta muy riesgoso para el accionista privado el que la empresa permanezca como una entidad paraestatal, sin garantías suficientes que otorguen plena flexibilidad en la operación de PQM, equivalente a cualquier sociedad mercantil de México" (El Economista, 22/02/99).

²⁴ Insumo fundamental de este complejo que cuenta con siete plantas principales: etileno, polietileno de alta densidad, polipropileno, acrilonitrilo, acetaldehído y óxido de etileno.

²⁵ Agente financiero intermediario en el proceso

Por su parte el grupo Alfa, propietario de Alpek, explicó que "los mecanismos de administración y operación de la empresa no permiten una posición activa al accionista mayoritario, de tal modo que éste queda sujeto al control absoluto del socio minoritario" (El Financiero, 22/02/99). Como resultado de la fracasada venta de PQM, la Secretaría de Energía instruyó a Pemex para que formulara un Plan Estratégico de Mediano Plazo para la Industria Petroquímica con fundamento en la evaluación de la licitación de PQM. Nuevamente el destino de la industria petroquímica se sumía en la indefinición. Finalmente, a mediados de 1999 el Director de Pemex anunció que no habría nuevos intentos de vender la Petroquímica en este sexenio (El Economista, 3/09/99).

5.3. Los productores de petroquímicos en México.

México es uno de los principales países productores de petroquímicos en el mundo y el más importante de Latinoamérica. En nuestro país la Producción de productos petroquímicos está dividida entre Petróleos Mexicanos y la iniciativa privada y se agrupa en 19 ramas, (cuadro 5.3).

CUADRO 5.3.
RAMAS PETROQUÍMICAS EN MÉXICO SEGÚN SU CAPACIDAD INSTALADA, 1997.

Rama petroquímica	Capacidad Instalada (1997)
1. Intermedios	19,030,984
2. Fertilizantes nitrogenados	7,366,223
3. Resinas sintéticas	2,627,987
4. Fibras químicas	1,385,396
5. Agentes tensoactivos	581,116
6. Materias primas y aditivos p/lubricantes	462,490
7. Elastómeros y negro de humo	324,600
8. Explosivos	233,301
9. Adhesivos	105,163
10. Plastificantes	105,144
11. Plaguicidas	53,087
12. Aditivos para alimentos	34,200
13. Propelentes y refrigerantes	32,790
14. Hulequímicos	15,422
15. Iniciadores y catalizadores	14,841
16. Colorantes	10,569
17. Químicos aromáticos	6,069
18. Farmoquímicos	5,342
19. Otras especialidades	2,790

Fuente: Secretaría de Energía, Anuario estadístico de la Petroquímica, 1997

5.3.1. El papel de la iniciativa privada.

El mayor volumen corresponde al sector privado al que contribuyen 258 empresas.(ANIQ, 1999), cuya capacidad global se ha incrementado en los últimos años. Por su parte Pemex antes que registrar incrementos en la capacidad ha mostrado decrementos en la misma en fechas recientes, por lo que su contribución al porcentaje total nacional ha disminuido (cuadro 5.4).

CUADRO 5.4.
PRODUCCIÓN DE PETROQUÍMICOS EN MEXICO, 1995-1998.
División por sectores, miles de toneladas y porcentaje del total correspondiente a Pemex.

	1995	1996	1997	1998
Total IPQ	63.1	79.4	81.4	80
PEMEX	13.44	13.3	11.5	9.9
% del total	21.3	16.8	14.1	12.4

Fuente: Elaboración propia con base en Pemex, Memoria de Labores (1998) y Anuario Estadístico de la Secretaría de Energía (1997).

5.3.2. El papel de Pemex.

Los primeros productos petroquímicos elaborados en México fueron el azufre, el dodecibenceno y el amoníaco, a cargo de la paraestatal Petróleos Mexicanos. La producción de los dos primeros inició a mediados de la década de los 50 a partir de procesos de refinación, siendo el amoníaco el primer producto petroquímico obtenido a partir del gas natural en el país. La producción de petroquímicos en Pemex ha mostrado tres periodos diferenciados: el periodo inicial o de arranque de la industria que transcurrió de 1960 hasta 1970; el segundo periodo, de 1971 a 1986 en el que se observó el mayor desarrollo de la industria estatal, y el tercero en la época posterior a 1987, de ajustes organizacionales, freno al crecimiento y apertura económica, con declinación del volumen producido (cuadro 5.5).

CUADRO 5.5.
PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE PETROQUÍMICOS EN PEMEX, 1960 - 1999.
Volumen en miles de toneladas.

	1960	1970	1980	1986	1998	1999
Producción	56	1,931	7,224	12,025	9,961	7,991

Fuente: Elaboración propia con base en Pemex, Memoria de Labores (1997) y Anuario Estadístico de Pemex (1998).

5.4 La Industria Mexicana del Amoniaco.

5.4.1. Desarrollo histórico.

En nuestro país el déficit de amoniaco para la producción de fertilizantes se cubrió con importaciones procedentes de los Estados Unidos hasta la década de los sesenta, momento en que la gran demanda existente impulsó la puesta en operación de centros productores de amoniaco y fertilizantes. La legislación vigente en ese momento impedía a los particulares la inversión en productos petroquímicos considerados básicos como el amoniaco, por lo que el desarrollo de esta industria corrió a cargo del estado, a través de Petróleos Mexicanos.

La producción de amoniaco en México se inició en el año de 1962, con una pequeña planta construida en Cosoleacaque, Veracruz, que contaba con una capacidad de 60 mil toneladas anuales de producto y otra ubicada en Salamanca, Guanajuato, con capacidad de 82 mil toneladas por año, cuya producción permitió satisfacer en ese momento la demanda nacional de nitrógeno. Posteriormente, el incremento de la población del país (cuadro 5.6) y el deseo de satisfacer sus requerimientos alimenticios elevaron la demanda de fertilizantes por lo que se pusieron en operación otras plantas de amoniaco: en 1967 inició la producción de la planta de Camargo, Chihuahua, con una capacidad de 132 mil toneladas anuales y un año más tarde la planta II de Cosoleacaque.

CUADRO 5.6.
INCREMENTO POBLACIONAL EN MÉXICO. 1961 - 2000
Número total de habitantes en millones.

	1961	1965	1970	1975	1980	1985	1990	1995	1997	2000
Población	38	43	50	59	67	75	83	91	94	108

Fuente: Elaboración propia con base en datos del Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.

5.4.2. La capacidad instalada en México.

Ese ritmo de crecimiento demográfico del país evidenció la necesidad de construir nuevas plantas, por lo que durante las dos décadas siguientes la construcción y arranque de plantas de mayor capacidad mostraron un gran dinamismo, hasta que en 1981, la industria del amoniaco en México contaba con una capacidad total instalada de 8 mil 504 toneladas de producto por día (cuadro 5.7), por lo que en ese momento estaba considerado como el primer país productor en América Latina y noveno en el mundo, mediante tres centros: Camargo, en el norte de la república, Salamanca en el centro y Cosoleacaque, en el sureste del país.

CUADRO 5.7.

CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN DE AMONIACO Y CO2 EN MÉXICO, AÑO 2000.

Miles de toneladas anuales por centro y planta.

Compañía	Mtpa	Mtpa	Año de inicio	Condición actual
Cosoleacaque	Amoniaco	CO2		
Amoniaco I	60	66	1962	Produce Hidrógeno
Amoniaco II	300	376	1968	Fuera de operación desde 1994
Amoniaco III	300	376	1974	Disponible
Amoniaco IV	448	564	1977	Disponible
Amoniaco V	448	564	1978	Opera
Amoniaco VI	448	564	1981	Disponible
Amoniaco VII	448	564	1981	Opera
Camargo				
Amoniaco	132	150	1967	Fuera de operación desde 1997
Salamanca				
Amoniaco I	82	103	1962	Fuera de operación desde 1990
Amoniaco II	300	376	1978	Fuera de operación desde 1997

Fuente: Pemex, Memoria de labores (1960-1998).

Mtpa = Miles de toneladas por año.

CO2 = Anhídrido carbónico.

5.4.2.1. Cambios en la capacidad instalada.

El cuadro 5.7 muestra que de 10 plantas con que contaba la industria del amoniaco en México en 1990, para el primer semestre del año de 2000 habían quedado fuera de operación cinco de ellas, lo que ha significado la pérdida de aproximadamente 28 por ciento de la capacidad productiva nacional.

5.4.2.2. Las causas de la disminución de la capacidad.

Las plantas I y II de Cosoleacaque, I y II de Salamanca, así como la de Camargo quedaron fuera de operación debido fundamentalmente a los elevados costos de producción derivados del atraso tecnológico en sus procesos, debido a que al abrirse el mercado sus costos de producción eran cerca de 150 por ciento superiores al precio internacional del amoníaco. Con ello, no solo disminuyó la capacidad de producción en el plano nacional, sino también se consolidó Cosoleacaque como ente monopolizador. Por otra parte, la capacidad de distribución de amoníaco a todo el país se debilita al ser eliminadas las posiciones centro y norte.

5.5. La cadena productora del gas natural, el amoníaco y los fertilizantes.

El amoníaco representa la columna vertebral de la cadena productora cuya base es el gas natural y comprende al amoníaco y los fertilizantes nitrogenados.

Los fertilizantes son los compuestos químicos que contienen nitrógeno, fósforo o potasio principalmente y cuya función primordial es la de constituirse en nutrientes para las plantas. El fertilizante más importante por volumen de producción y aplicación es la urea.

5.5.1. La desintegración de la cadena productora.

Adjunta a cada uno de los centros productores de amoníaco se instalaron plantas productoras de urea, inicialmente a cargo de la paraestatal "Guanos y Fertilizantes de México", que más tarde pasaría a ser denominada Fertilizantes Mexicanos (Fertimex), administrada, igual que los productores de amoníaco, por el Estado y actualmente en manos de los grupos Fertimina y Agromex. La planta de Fertimina está fuera de operación desde inicios de 1997. Al monopolio de Agromex pertenecen cuatro plantas ubicadas en : Pajaritos (dos), Salamanca y Camargo, cuyas capacidades se muestran en el cuadro 5.8.

CUADRO 5.8.
CENTROS PRODUCTORES DE UREA EN MÉXICO, 1997.
Volumen de producción en toneladas.

Centro	Toneladas/año	Porcentaje
Camargo	75,000	4.3
Minatitlán	248,000	14.1
Pajaritos	1,100,000	62.7
Salamanca	330,000	18.8
Total	1,753,000	

Fuente: *Elaboración propia con base en Nitrogen & Methanol, January-february, 1997, p.23.*

En todo el mundo las plantas de urea y de amoniaco son controladas por una misma administración. El caso de México es la excepción ya que esta integración vertical jamás se ha dado, lo que plantea una situación única si consideramos que aproximadamente 45 por ciento del volumen de amoniaco se emplea en la fabricación de urea.

5.5.1.1. La privatización del sector de fertilizantes nitrogenados.

Entre 1991 y 1992 la ola privatizadora estatal alcanzó a la industria de los fertilizantes. Las plantas productoras de urea se vendieron a empresas del grupo Agromex (cuadro 5.9).

CUADRO 5.9.
UNIDADES AGROQUÍMICAS DESINCORPORADAS DEL ESTADO. 1991 -1992.
Fechas de desincorporación en México y productos.

Unidad	Productos	Adquiriente	Fecha
Torreón	1	Fertirrey	4-03-91
Coatzacoalcos	1	Serv y Materiales Ind. De Minatitlán	6-03-91
Bajío	3	Fertiquímica	17-12-91
Camargo	3	Fertiquímica	17-12-91
Guadalajara	1 y 17	Ferguad	3-03-92
Monclova	2 y 16	Nitroamonia de México	12-03-92
Salamanca	9,10,11,12 y 13	Vel-Pol	30-04-92
Pajaritos nitrog	3	Agroquímicos	22-06-92
Pajaritos fosfat	5,8,17 y 18	Albright W. Troy México	10-07-92
Querétaro	1, 4 y 17	Agrogen	10-07-92
Minatitlán	2,3,7,16,17,19	Fertimina	2-12-92
Lázaro Cárdenas	2,6,7,16,17,18,19	Grupo Empresarial del Bajío	21-12-92

Fuente: ANIQ (1997), Anuario Estadístico de la Industria Química Mexicana, pp. 277-278.

Nota: 1 = Sulfato de Amonio; 2= Nitrato de Amonio; 3 = Urea; 4 = Superfosfato simple; 5 = Superfosfato Triple; Fosfato Diamónico; 7 = Complejos NPK; 8 = Ácido fosfórico, g.t.; 9 = DDT g.t.; 10 = DDT 75 %; 11 Acido muriático; 12 = Paratión metílico; 13 = policloruros; 14 = Sosa Cáustica; 15 = Oleum ; 16 = ácido nítrico.

5.5.2. La situación de los productores de urea en México.

En los últimos dos años la industria mundial de la urea ha sufrido una fuerte recesión. A ello han contribuido diversos factores, siendo los más importantes el cierre de importaciones de urea en el continente Asiático, así como la excesiva colocación de producto en el mercado mundial por parte de la Ex Unión Soviética y durante 1997 a una menor demanda ocasionada por cambios en las condiciones climatológicas.

5.5.2.1. El cierre de importaciones en Asia.

China e India son dos de los mayores importadores mundiales de urea. Sin embargo, buscando proteger a su industria estos países adoptaron un cierre parcial de fronteras e incrementaron su producción doméstica, lo que repercutió en elevados excedentes en el mercado mundial. El cuadro 5.10 muestra el incremento en la producción interna de urea en estos países durante esta década:

CUADRO 5.10.
PRODUCCIÓN HISTÓRICA DE UREA EN ASIA. 1990 – 1998.
Incrementos en la producción doméstica, en miles de toneladas.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
China	0	0	0	0	6,952	7,874	9,101	10,050	11,906
India	5,904	5,902	6,037	6,215	6,503	7,270	7,189	8,553	8,906

Fuente: FAO (1999), <http://apps1.fao.org>

5.5.2.2. La saturación del mercado.

Otra de las causas de la fuerte recesión del mercado de la urea fue abundante oferta de producto por parte de los países de la ex unión soviética, que ante la necesidad de obtención de divisas buscaron colocar producto aun a precios inferiores al costo de fabricación. Durante 1997 el presidente Ruso Boris Yeltsin emitió un decreto por el cual se disminuyó el precio del gas natural hasta 50 centavos de dólar por millón de BTU, lo cual representa aproximadamente una décima parte del costo del gas en

la Costa Norte del Golfo de México (para el año 2000), aplicable para los EUA y México.

5.5.3. El impacto en el mercado mexicano.

Los productores mexicanos de urea no pudieron competir con un producto a precio tan bajo, por lo que la planta nacional de este agroinsumo se paralizó casi en su totalidad desde 1997. Ello ocasionó un ascenso en las importaciones de producto, que entre 1996 y 1998 se triplicó, como se observa en el cuadro 5.11:

CUADRO 5.11.
BALANZA NACIONAL DE UREA EN MÉXICO. 1990 - 1998.
Miles de toneladas con base nitrógeno²⁶.

	90	91	92	93	94	95	96	97	98
Producción	652	698	718	608	562	706	773	514	436
Importación	.01	0.13	2.6	103	131	4	104	172	349
Exportación	188	151	85	138	192	224	318	159	123
Capacidad Instalada	759	759	764	780	780	780	1145	1141	1141

Fuente: para 1990 - 1997 Anuario Estadístico de la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), 1996 - 1998 Secretaría de Energía (SE) (1997-1998), Anuario Estadístico de Petroquímica.

La entrada de producto se lograba a través de algún puerto norteamericano. Por ello, una de las medidas adoptadas fue la promoción del caso por *dumping* ante la SECOFI, organismo que el 14 de diciembre de 1998, dio a conocer el inicio de la investigación sobre las importaciones de urea, originaria de los Estados Unidos y la Federación de Rusia, independientemente de su país de procedencia. En agosto de 2000 se decretó la improcedencia de la demanda, debido a que "no existían en ese año (2000), productores a los que afectar".

Los factores esbozados en los capítulos anteriores permiten identificar tres grandes ejes que han tenido una influencia importante en el desempeño de la industria del amoníaco en nuestro país: por una parte el paradigma dominante en la actualidad no es ya la elaboración de grandes cantidades de producto, sino la reducción del consumo de energía; también relevante es el contexto de apertura comercial en que se sitúa la investigación y que corresponde al momento en que se

²⁶ Una tonelada de urea contiene aproximadamente 460 kilogramos de nitrógeno.

dan dos intentos fallidos por privatizar el sector petroquímico paraestatal, con una repercusión importante en la cadena de componentes nitrogenados en la medida en que dicha cadena es desintegrada. El otro eje fundamental es la globalización económica que propició que al cerrar sus importaciones los productores del continente asiático, una gran cantidad de producto entrase al país, paralizando la actividad de los fabricantes nacionales de urea que consumen más de 40 por ciento del amoníaco elaborado en México.

Capítulo 6. Características de la Empresa y de su Gestión Tecnológica.

6.1. Introducción.

Ya en los capítulos anteriores se ha descrito la evolución y estado actual de la industria petroquímica, del amoníaco y los fertilizantes en el marco internacional así como su evolución y situación general en el contexto de apertura comercial y económica actual.

En este capítulo pormenorizamos el caso de la empresa Petroquímica Cosoleacaque. Aquí se presentan primero sus características más importantes como son el recurso humano, las inversiones, capacidad y desempeño de sus equipos, sus principales clientes y las capacidades de distribución y colocación de producto en el mercado.

Este es un capítulo medular para la investigación por cuanto revisa los miembros que integran a la empresa y en los capítulos posteriores permitirá analizar la suma de sus esfuerzos sobre su competitividad internacional.

Los elementos que aportamos en este capítulo permiten comprender por qué el resultado competitivo de la empresa es deficiente y a qué se debe que esta posición haya ido en decadencia con el paso del tiempo. A la escasa inversión en actualización tecnológica así como al reducido número y tipo de innovaciones incorporadas habrán de agregarse la pesada rigidez estructural, la carencia de incentivos hacia el cambio tecnológico y las presiones de un entorno de producción fomentado artificialmente que dificultan el proceso innovador cuyo motor, como se describió en los primeros capítulos, debe generarse en el interior de las empresas.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA

6.2. Perfil de la empresa.

Petroquímica Cosoleacaque es el principal centro productor de amoniaco en América Latina. En 1981, con seis plantas operando, su producción global superaba los 2.4 millones de toneladas, por lo que era en ese momento el principal productor de su tipo en el mundo.

Actualmente es la cuarta compañía en el planeta en cuanto a capacidad instalada (Anexo 6A). Aproximadamente 90 por ciento de su producción está dedicada a satisfacer al mercado nacional, y el 10 por ciento restante se destina al mercado internacional, principalmente a los Estados Unidos y Guatemala. La compañía está ubicada en la ciudad de Cosoleacaque, Veracruz, a 25 minutos del puerto de Coatzacoalcos, sobre una extensión territorial de 103 hectáreas (Anexo 6B).

La empresa ha obtenido las siguientes certificaciones y reconocimientos: la certificación ISO-9002 desde 1995, la certificación Industria Limpia en 1997, el Premio Nacional de Seguridad en 1997, así como el Premio Veracruz para la Calidad en 1998. Asimismo obtuvo en 1999 la certificación ISO-14000 por su labor en el aspecto ambiental (Anexo 6C).

El Complejo Petroquímico Cosoleacaque se desarrolló principalmente como un centro productor de amoniaco debido a la necesidad apremiante de satisfacer la demanda interna de fertilizantes para fortalecer la producción agrícola del país. Inició sus operaciones en el año de 1962, con una pequeña planta de 60,000 toneladas anuales de amoniaco, aunque fue inaugurado oficialmente en marzo de 1968 al entrar en servicio la planta de amoniaco II.

6.2.1. Misión y visión.

Los documentos básicos del planteamiento estratégico se elaboraron en 1997 y son sujetos de revisión anual (ver anexos 6D y 6E). En ellos se describe como la razón de ser fundamental de la empresa la elaboración de productos petroquímicos que

den valor agregado a los hidrocarburos. También se percibe en estos una preocupación por el cuidado ambiental y la satisfacción de los clientes; en el discurso está presente la necesidad de lograr una gestión que proporcione rentabilidad, lo cual no se ha alcanzado durante los últimos años, como veremos en el capítulo 7.

6.3. Estructura y características de la empresa.

6.3.1. Tipo de propiedad.

En el marco de la "Nueva Estrategia para la Industria Petroquímica" dada a conocer en Octubre de 1996, se constituyeron 7 empresas filiales de Pemex Petroquímica (Anexo 6F).

Petroquímica Cosoleacaque, S.A. de C.V, se constituyó como Sociedad Anónima el 30 de enero de 1997. Su capital está dividido en 500 acciones con valor nominal expresado en las series, "A" y "B". La primera representa el 51 % del capital de la sociedad y su titularidad corresponderá invariablemente al Gobierno Federal o a un organismo descentralizado. La serie "B" representará el 49 % del Capital Social y podrá ser suscrita libremente.

6.3.2. Estructura organizacional.

El Consejo de Administración es el máximo órgano rector de la empresa; está integrado por los siguientes consejeros: el director de Pemex Petroquímica, un representante de la Secretaría de Energía (SE), uno de la Secretaría de la Contraloría y Desarrollo Administrativo (SECODAM), uno de Secretaría de Comercio y Fomento Industrial (SECOFI) y uno de la Secretaría de Hacienda (SH). Sus integrantes se reúnen bimestralmente para dar seguimiento a los acuerdos y propuestas, o para informar de los avances en alguna actividad concreta. Dada la jerarquía de los miembros, se espera que apoyen iniciativas en sus respectivos ámbitos tendientes a favorecer el mejor desempeño de la empresa.. La administración de Petroquímica Cosoleacaque está a cargo de la Dirección

General, de la cual dependen: la Unidad de Control de Gestión, la Auditoría de Seguridad Industrial y Protección Ambiental, el Asesor Jurídico, y cuatro subdirecciones: la de Planeación, Producción, Comercial y de Administración y Finanzas, además de doce gerencias (ver organigrama, anexo 6G).

6.3.3. Recursos humanos.

La Plantilla Laboral en Petroquímica Cosoleacaque corresponde al modelo típico del "empuje de la oferta"²⁷, caracterizado por el elevado porcentaje de trabajadores asignado al área de producción (cuadro 6.1), que en este caso representa casi tres cuartas partes del total de empleados de la empresa. La subdirección de Administración y Finanzas tiene casi 14 por ciento del total de empleados.

CUADRO 6.1.
CONFORMACIÓN DE LA PLANTILLA DE PECOSA, AÑO 2000.
Número y porcentaje de empleados.

	Número	Porcentaje
Por departamentos		
Producción	1656	73.5
admón. y Finanzas	296	13.1
ASIPA	192	8.5
Planeación	44	2.0
Comercial	39	1.7
Contraloría	16	0.7
Dirección	10	0.4
Por régimen contractual		
Sindicalizado	1811	80.4
Confianza	442	18
Por género		
Hombres	1937	86
Mujeres	315	14
Por grado académico		
Licenciatura	388	17
Maestría	17	1.5
Doctorado	1	0.05
Otros	1847	82
Total	2,253	100

Fuente: elaboración propia con base en diversas Memorias de Servicios Sociales (biblioteca de la empresa, 2000).

²⁷ cuya contribución al costo (tangible) es mediana cuando la utilización de la capacidad es muy elevada, pero que representa un alto egreso cuando la frontera productiva no se alcanza, cercana al 20 por ciento del costo total. Con relación a los costos intangibles, se ha observado que en momentos de grandes cambios como los que experimenta esta industria, que hacen necesaria una movilización ágil de las empresas, las estructuras de este tipo inmovilizan y dificultan la toma de decisiones y su tiempo de respuesta.

Como se observa en el cuadro 6.1, La mayor parte del personal pertenecen al régimen sindicalizado y se trata fundamentalmente de una población masculina con grado de escolaridad primaria. Por otra parte, de 17 maestrías con que se cuenta en la compañía 11 corresponden al área humanística y administrativa, 4 a la especialidad de Ingeniería Química y 2 a Físico-matemáticas. La edad escolar promedio es más bien baja, de 6.6 años. El mayor porcentaje de trabajadores se concentra en el departamento de mantenimiento, que incluye actividades de mantenimiento eléctrico, mecánico, civil, tubería y soldadura, cambiadores de calor e instrumentos.

CUADRO 6.2.
DESAGREGADO DE TRABAJADORES POR DEPARTAMENTO DE PECOSA. AÑO 2000.
Número y porcentaje de empleados.

Departamento	Número empleados	% del total
Producción	1656	73.5
Mantenimiento	1,106	49.1
Operación de Plantas	475	21.1
Laboratorio	75	3.3
Administración y Finanzas	296	13.1
Recursos Humanos	64	2.8
Recursos Materiales	50	2.2
Control de Suministros	47	2.1
Servicios Patrimoniales	46	2.0
Contaduría	40	1.8
Finanzas	26	1.2
Informática	23	1.0
ASIPA (Seguridad)	192	8.5
Seguridad Industrial	89	4.0
Contraincendio	62	2.8
Vigilancia	41	1.8
Planeación	44	2.0
Planeación	25	1.1
Ingeniería y Proyectos	18	0.8
Optimización	1	0.04
Comercial	39	1.7
Global	39	1.7

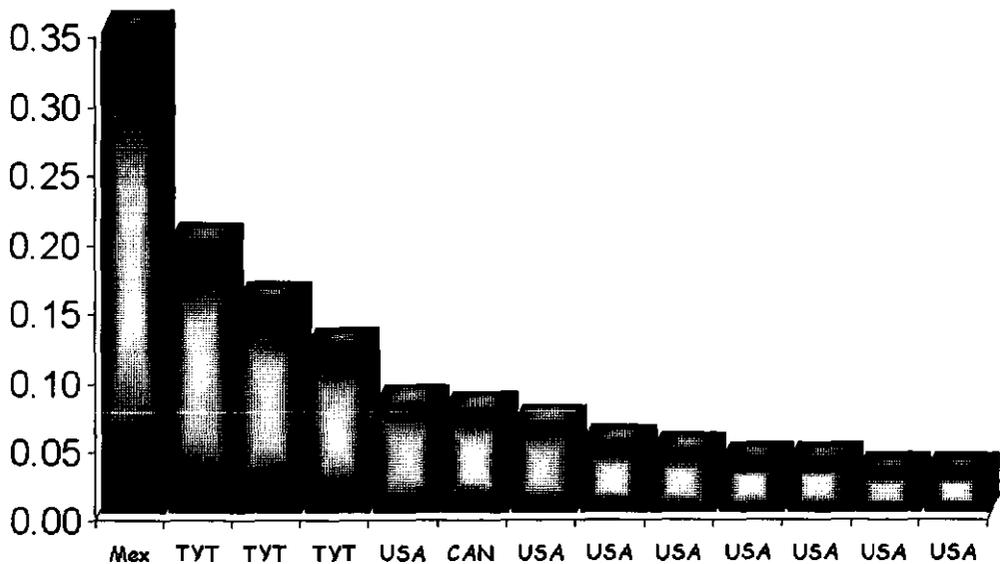
Fuente: elaboración propia con base en diversas Memorias de Servicios Sociales (biblioteca de la empresa, 2000).

En el cuadro 6.2 podemos observar la importancia que la administración concede a cada una de las áreas de la empresa. En ella destacan dos hechos: en primer lugar el que la población de mantenimiento duplique a la tripulación de operación de las plantas. En segundo lugar, que los dos departamentos de la

Subdirección de Planeación con menos empleados son áreas clave para la creación o desarrollo de tecnología.

Destaca también que el número de trabajadores del departamento de vigilancia sea equivalente al número de empleados de Planeación y supere al número de trabajadores en ventas. En México la conformación laboral en la industria del amoniaco difiere de otros países (figura 6.1) principalmente debido a que las actividades de mantenimiento, contabilidad y vigilancia las realiza personal de la propia empresa, mientras en las compañías extranjeras esta actividad se realiza a través de contratistas externos. Los modelos más recientes de organización productiva muestran menor integración vertical, evento caracterizado más bien por la subcontratación (Katz, 2000). En la figura 6.1, las empresas con tecnología menos moderna son las que emplean mayor número de personal.

figura 6.1 Numero de trabajadores / tonelada de amoniaco en países seleccionados, 1996.



Fuente: elaboración propia con base en Finds, Fertecon, FMB y Green Markets, varios números

6.3.4. Instalaciones productoras.

A la planta original de Amoniaco I que inició sus operaciones en 1962 se integraron otras, de mayor escala, hasta que en 1981, la empresa contaba con cinco plantas de amoniaco, una de hidrógeno, una de paraxileno y otra de acrilonitrilo; la situación actual de las plantas, su capacidad de producción de amoniaco y anhídrido carbónico (CO₂), la fecha de inicio de operación y el proveedor de tecnología de las mismas aparecen en el cuadro 6.3. Con la excepción de la planta II que fue diseñada por la empresa francesa Lummus, toda la tecnología restante fue contratada con empresas norteamericanas.

CUADRO 6.3
CAMBIOS EN LA ESTRUCTURA DE PRODUCCIÓN DE PECOSA. 1960 - 1999.
Evolución de la planta productora.

Planta de	Ton/d	Tons/d CO ₂	Licenciador	Año de inicio	Condición actual
Amoniaco I	200	187	Fluor Daniel	1962	Se convirtió a planta de hidrógeno en 1982
Amoniaco II	800	1000	Lummus*	1968	Fuera de Operación, desde 1993
Acrilonitrilo	60	--	Fluor	1971	Fuera de Operación, desde 1993
Hidrógeno	42	60	Fluor Daniel	1982	Opera desde 1982
Paraxileno	120	---	Fluor Daniel- Engelhart	1973	Fuera de Operación
Amoniaco III	907	1134	MW Kellogg	1974	Disponible
Amoniaco IV	1360	1720	MW Kellogg	1977	Disponible
Amoniaco V	1360	1720	MW Kellogg	1978	Opera
Amoniaco VI	1360	1720	MW Kellogg	1981	Disponible
Amoniaco VII	1360	1720	MW Kellogg	1981	Opera
Total en 1981	7,300	9,201	Varios		
Total en 1999	6,347	8,073	MW Kellogg		

Fuente: Elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex (1960-1999).

Como se puede observar en el cuadro 6.3, se sacaron de operación las plantas de acrilonitrilo, la de amoniaco No II y la de paraxileno. Esto obedeció a que en estas plantas los costos de producción superaban por mucho a los precios de venta de sus productos, debido fundamentalmente a que empleaban procesos con tecnologías obsoletas, ya que los diseños más modernos requieren menor consumo energético, originando por lo tanto que los costos de las nuevas tecnologías disminuyan. Esta capacidad para abatir costos es (Freeman, 1997) "la característica

del progreso técnico fundamental para el crecimiento de la productividad y de la economía". Adicionalmente se observa que durante el primer semestre del año 2000 solo se mantuvieron operando de manera regular dos plantas productoras. El resto permaneció sin producir (disponible), lo cual ocasiona incremento en los costos.

6.3.5. Infraestructura de almacenamiento y distribución.

El amoniaco a los clientes se distribuye a través de autotanques (pipas), carro tanques (carros de ferrocarril), ductos y por vía marítima. El mayor porcentaje de producto se mueve a través de tuberías hacia las terminales refrigeradas de Salina Cruz y Pajaritos ubicadas en Coatzacoalcos, Veracruz y Salina Cruz Oaxaca, respectivamente.

La empresa cuenta con capacidad propia de almacenamiento de 10 mil 800 toneladas mediante 6 esferas, cuatro de ellas de 1 mil 900 toneladas cada una y otras 2 de 1 mil 600 toneladas cada una, que permiten almacenar producto por espacio de 2 días cuando no hay consumo por carro tanques o auto tanques. El almacenamiento en mayor escala de amoniaco se concentra principalmente en las terminales refrigeradas de Salina Cruz y Pajaritos que cuentan con capacidad de almacenamiento por 34 mil toneladas de amoniaco cada una, y a las que se envía el producto a través de ductos de 10 " de diámetro (Anexo 6H). Desde Pajaritos y Salina Cruz el producto es distribuido a otras terminales que durante la reestructuración de 1993 de los organismos subsidiarios de Pemex, pasaron a poder de Pemex Gas y Petroquímica Básica y de Pemex refinación. Por el uso de guarda y manejo del amoniaco se pagan aproximadamente 7 dólares por tonelada, lo cual implica un encarecimiento de costos de logística, que es necesario erogar a fin de abastecer a los principales clientes de aplicación directa localizados en el norte del país. El envío de amoniaco a los principales clientes del sector fertilizantes se realiza a través de ductos. La capacidad de almacenamiento en las terminales se muestra en el cuadro 6.4.

CUADRO 6.4.

TERMINALES DE ALMACENAMIENTO DE AMONIACO EN MÉXICO, AÑO 2000.

Capacidad de almacenamiento en toneladas.

Terminal de Almacenamiento	Capacidad	Propiedad
Pajaritos, Veracruz	34,000	PGPB
Salina Cruz, Oaxaca	34,000	PGPB
Lázaro Cárdenas, Michoacán	17,000	PR
Topolobampo, Sinaloa	17,000	PR
Guaymas, Sonora	17,000	PR
San Fernando, Tamaulipas	17,000	PR

Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex (1960-1999).

Nota: PGPB = Pemex Gas y Petroquímica Básica; PR = Pemex Refinación

6.3.6. Valor y volumen de las ventas de amoniaco desde 1990.

En el año de 1991 se produjeron los mayores volúmenes de ventas para el mercado nacional y en 1992 para el de exportación del período de estudio. Se vivía aún la última etapa del esquema estatal como ente protector. En 1997 y 1998, como resultado de los elevados costos de producción y el cierre de gran parte de la capacidad de producción de fertilizantes se presentaron los volúmenes más bajos de ventas de los últimos años.

CUADRO 6.5.

VOLUMEN DE VENTAS DE AMONIACO EN PECOSA, 1990 - 1999.

Ventas internas y de exportación valor (unidades corrientes) y volumen.

Año	Miles toneladas		Millones dólares	
	Exportación Volumen	Exportación Valor	Ventas internas Volumen	Ventas internas Valor
1990	513	49	Nd	252
1991	510	53	1835	448
1992	770	68	1531	465
1993	390	42	1363	678
1994	558	76	1848.	1059
1995	304	49	1795	1629
1996	218	36	1889	2709
1997	321	54	1453	2215
1998	198	46	1415	1757
1999	0	0	1221	1398

Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex (1960-1999).

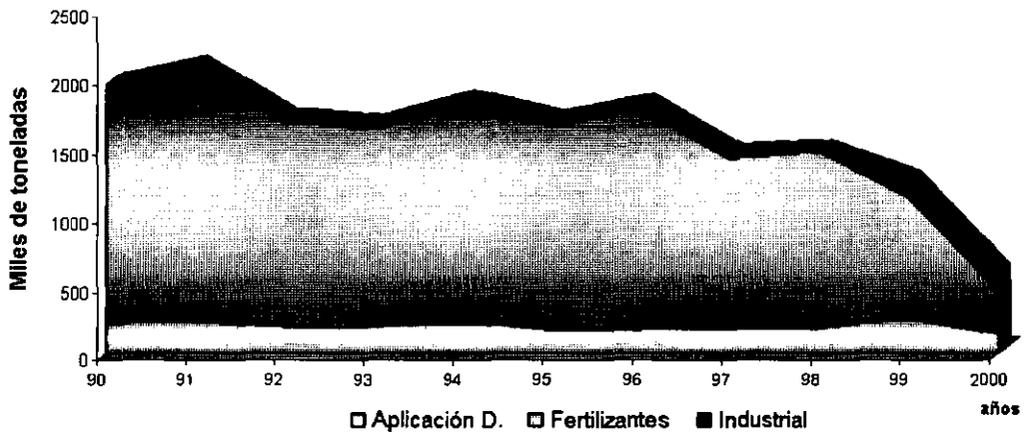
Nd = No disponible

6.3.7. Consumo de amoniaco por sectores.

En la figura 6.2 se muestra la evolución que mostró el consumo de amoniaco por sectores en México, desde 1990 a septiembre de 2000. El mayor porcentaje,

corresponde al sector fertilizantes; en segundo lugar está el sector de Aplicación directa y finalmente, el menor consumo lo tiene el sector industrial. Durante los últimos tres años el sector industrial productor de urea y fertilizantes resintió los grandes volúmenes de producto importado por lo que su consumo disminuyó de forma importante mientras que el consumo de los clientes para aplicación directa, de menor volumen, se ha mantenido en esta década.

figura 6.2 Ventas de amoniaco por sectores
1990-octubre 2000

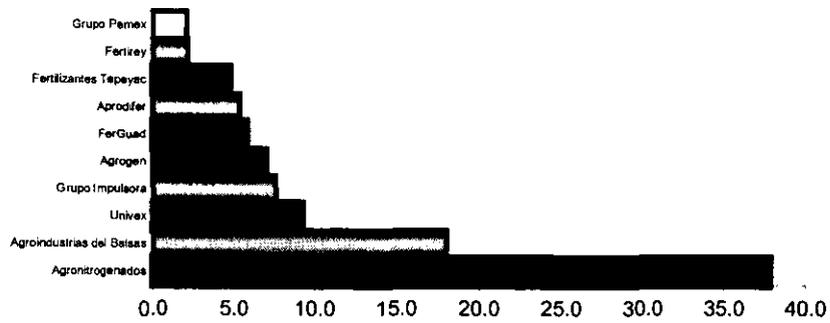


Fuente: elaboración propia con base en datos de la empresa.

6.3.8. Principales clientes.

La figura 6.3 muestra el porcentaje del volumen consumido por los diez principales clientes de Petroquímica Cosoleacaque que representan más del 80 por ciento del total de ventas de la empresa. Como se observa en la gráfica, la mayor capacidad de adquisición se concentra en el sector fertilizante (representado en color oscuro), seguido por los compradores del sector aplicación directa (color claro) y finalmente el sector industrial representado por el grupo Pemex (blanco).

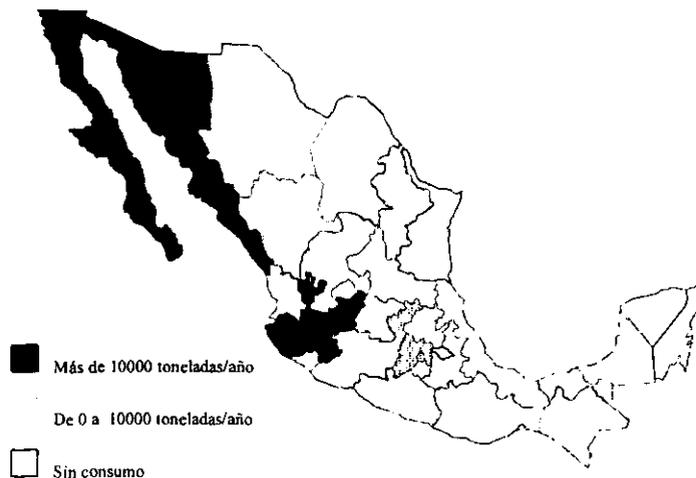
figura 6.3 Los 10 Principales Clientes
Porcentaje de Ventas, 1997



Fuente: elaboración propia con datos de la empresa.

Los clientes del sector aplicación directa se concentran en la región centro y norte del país (figura 6.4) y el producto se les hace llegar a través de buques tanque, mediante cabotajes con embarcaciones propiedad de Petróleos Mexicanos o que son contratadas internacionalmente, hacia las terminales de Guaymas, Topolobampo y Lázaro Cárdenas. En ocasiones se recurre a intercambios (swaps) de amoniaco con empresas extranjeras, para abastecer el litoral del pacífico, debido a que es en esta región donde se concentran los principales clientes que emplean amoniaco inyectado directamente al suelo, fundamentalmente en los estados de Sinaloa, Sonora, Guanajuato, Jalisco y Baja California, más bien alejados de la empresa.

figura 6.4 estados con aplicación directa de amoniaco en México, 1998.



Fuente: Elaboración propia con datos del Sistema Nacional de Información de Mercados, SNIM

6.4. La gestión operativa y el cambio tecnológico en la empresa.

6.4.1. La gestión Operativa.

Desde sus inicios, la gestión operativa en la empresa dependió directamente de las directrices marcadas por el corporativo de Petróleos mexicanos.

6.4.1.1. Cambios en la operación y administración.

A raíz de la conformación de la empresa como Sociedad Anónima en 1997 se buscó otorgarle mayor autonomía en la gestión, permitiendo que la toma de decisiones se efectúe mediante un Consejo de Administración (cuadro 6.6). Antes de 1997 todas las decisiones relevantes se tomaban en el corporativo de la empresa, incluyendo las de índole comercial (contratos, logística, embarque de productos, compra de equipos, etc). Luego de la conformación como empresa, se definió el carácter legal y con ello la responsabilidad sobre la administración de los bienes que quedó en manos de la administración local de la empresa.

CUADRO 6.6.
CAMBIOS EN LA ADMINISTRACIÓN DE PECOSA, 1963-2000.
Antes y después de 1997

	1962 a 1996	1997 a l 2000
Administración	A cargo del corporativo de Pemex	A cargo del director general
Toma de decisiones	Línea directa de Pemex Corporativo	Emanan del consejo de administración
Comercialización de productos	A cargo de Pemex Corporativo	La realiza el propio centro

Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex

6.4.1.2. La toma de decisiones.

Desde 1997 se recurre a la toma colegiada de decisiones, fundamentalmente en el seno de comités. De estos existen muchos y muy variados, desde comités de comunicación e imagen hasta comités para decidir el precio del producto y otros de aseguramiento de calidad, protección ambiental o de inversión u obra pública. En 1997 se llegó a tener más de 20 comités. Un año más tarde la normatividad obligó a cambiar el nombre de algunos de ellos por el de grupos de trabajo. Persiste sin

embargo la forma de decidir el actuar, independientemente de la denominación. Por otra parte, es importante señalar que antes de 1997 el principal cargo jerárquico en la empresa era el de Gerente General, y en el siguiente nivel se encontraban los subgerentes de producción y mantenimiento. Posteriormente seguían los coordinadores, cargo al que normalmente se llegaba después de más de veinte años de carrera. Las gestiones comerciales se efectuaban en el corporativo. Desde 1997, al ejecutivo de mayor rango se le denomina Director General, y los siguientes niveles son los subdirectores de administración y finanzas, de producción, de planeación, comercial y el auditor de seguridad industrial; posteriormente siguen gerentes, subgerentes y coordinadores. Con ello, la estructura quedó como se mostró en el cuadro 6.2.

6.4.1.3. El papel del corporativo.

Desde la formación de las filiales como sociedades anónimas se confirió cierta autonomía al grupo directivo, sin embargo es necesario mencionar que esta independencia está matizada por el hecho de que el director de cada una de las filiales es designado por el Director Corporativo de Pemex Petroquímica quien es también presidente del Consejo de Administración de la empresa (anexo 6I).

6.4.2. Inversiones, cambio y rumbo tecnológico.

6.4.2.1. Las inversiones.

El monto que se destine para inversión resulta de la conciliación entre las necesidades reportadas por la empresa y la secretaría de Hacienda. Esta última decide el monto presupuestal final.²⁸

Las partidas para inversión se clasifican en dos tipos: estratégicas y operacionales. Al primero corresponden los proyectos de mejora tecnológica de la

²⁸ El presupuesto debe obligatoriamente gastarse, so pena de disminución del monto presupuestal para el siguiente período anual. Esta característica ha limitado los montos presupuestales de que dispone la empresa. P.ej., de 1995 a 1996 se cancelaron proyectos ya iniciados debido a los recortes presupuestales.

planta productiva. Al segundo, todo lo restante.²⁹ La inversión en nuevos proyectos o desarrollo de tecnología no ha formado parte de las actividades prioritarias de la empresa. El monto invertido en proyectos estratégicos desde su creación representa cifras insignificantes con respecto al ingreso por ventas, como se puede observar en el cuadro 6.7, donde los montos de 1997, 1998 y 1999 corresponden a proyectos que se comentan más adelante, conocidos como *retrofits* y *revamps*.

CUADRO 6.7.
MONTOS HISTÓRICOS DE INVERSIÓN E INGRESOS POR VENTAS EN PECOSA.
1991 - 1999
Cifras en millones de pesos corrientes.

	91	92	93	94	95	96	97	98	99
Ingresos	Nd	Nd	809	1316	1789	2863	2227	1776	1450
Inversión	0	0	0	0	0	0	6	81	102

Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex (1960-1999).
Nd = No disponible

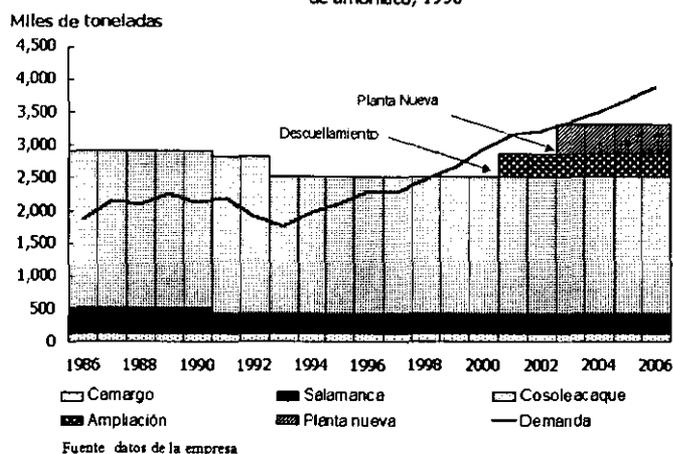
6.4.2.2. Orientación tecnológica.

Durante 1994, con el afán de modernizar la planta productiva se contrató al licenciador de tecnología, M.W. Kellogg para que realizara la ingeniería básica de los proyectos de retrofits, para lo que se consultó a un grupo de técnicos de Pemex, con la intención de disminuir costos a través de la reducción del consumo energético. En ese momento el precio del amoniaco era atractivo y un escenario optimista de la demanda indicaba incluso la necesidad de construir una planta nueva de este producto (ver figura 6.5). Una vez que se realizó la ingeniería básica (que incluyó el estudio técnico-económico con los dibujos, diagramas de flujo de proceso y tubería e incluía un contrato de secrecía por diez años por las licencias de tecnología del proceso de amoniaco de Kellogg y el proceso de purificación propiedad de Eickmayer), hubo necesidad de suspender los avances del proyecto hasta 1997, cuando se contó con ligeros desahogos presupuestales. En ese año para las cuatro plantas más recientes se programaron incrementos de 20 por ciento en

²⁹ Aquí se incluyen el mantenimiento de equipos y ductos, el reacondicionamiento de las instalaciones, así como la adquisición de catalizadores y refacciones.

capacidad y al mismo tiempo disminuciones en el consumo de energía equivalentes a 8 por ciento.

figura 6.5 Proyección del balance nacional oferta-demanda de amoniaco, 1996



6.4.2.4. El aprendizaje de las tecnologías extranjeras.

6.4.2.4.1. La influencia de M.W. Kellogg.

Las dos primeras plantas de la empresa fueron diseñadas por Fluor y Lummus (cuadro 6.2), con diseños que fueron pronto rebasados por otros licenciadores como M.W. Kellogg, con quien se contrataron todos los diseños para las restantes plantas de amoniaco, y proveedor único de la tecnología de proceso (en el sentido estricto), cuya visión ha sido la única guía en aspectos tecnológicos. Este hecho también ha marcado una influencia determinante en el modo de operar y controlar las plantas de proceso, y ha precisado la adaptación y extrapolación de prácticas operativas de regiones climatológicas frías a zonas tropicales.³⁰ También la ingeniería básica para los nuevos proyectos fue contratada con esta empresa.

³⁰ La eficiencia de las secciones de síntesis y refrigeración de amoniaco, así como el sistema de enfriamiento del agua en México no corresponden a sus correlativos del Norte (Canadá y EUA).

6.4.2.4.2. La transferencia de tecnología.

La adquisición de tecnología ha mostrado dos etapas claramente diferenciadas: durante la primera, que abarcó desde la creación de Pemex hasta 1996, todas las contrataciones de tecnología³¹ se efectuaron desde la sede del corporativo de Pemex en México. En estas decisiones la administración local no era consultada. La segunda etapa inició con la constitución de la empresa como sociedad anónima en 1997 y se caracteriza por el poder decisorio en diversos renglones de adquisición y compra de materiales, equipo³² y tecnología.

6.4.2.5. Los cambios tecnológicos.

6.4.2.5.1. Cambios tecnológicos mayores. Ninguno.

Existe un número limitado de innovaciones mayores en la industria actual del amoníaco, (véase el cuadro 4.7). Ninguna de estas se ha originado en la empresa, o ha sido transferido a ella. Esto debido fundamentalmente a que la estrategia seguida por la empresa ha sido de tipo imitador tardío y dependiente de su proveedor, ante lo que debemos recordar que los cambios mayores en tecnología de amoníaco de la empresa M.W. Kellogg estaban en su fase inicial en 1994 (cuadro 4.11) y no se tenía experiencia en cuanto a su desempeño. Por otra parte, la característica del modelo administrativo dominante ha sido incorporar exactamente los mismos cambios tecnológicos de forma que incluyan al mayor número posible de plantas, bajo la lógica de que el costo de adquisición global "en paquete" será menor, lo cual propició que la inversión se orientara a cambios incrementales en cuatro plantas antes que cambios radicales en una o dos de ellas, lo cual es similar en costo.

³¹ En este concepto se incluye la adquisición de catalizadores y la compra de equipo para actualización, modernización y mejora de los sistemas de operación de plantas y sus servicios auxiliares.

³² Poder que está limitado por diversas leyes como la Ley Federal de Entidades Paraestatales (LFEP), la Ley de Adquisiciones y Obra Pública (LAOP), la Ley de responsabilidades de los servidores Públicos y otras que dificultan la acción expedita, especialmente en cuestión de adquisiciones.

6.4.2.5.2. Cambios tecnológicos menores.

El cambio tecnológico en la empresa se ha basado fundamentalmente en la modificación de los equipos, la instrumentación y los sistemas organizacionales (ver cuadro 6.9).

Para las modificaciones a los equipos se ha recurrido casi exclusivamente a la opinión del proveedor de la tecnología y ha estado basada en dos ejes fundamentales trazados a partir de 1997, la ampliación de 20 por ciento en la capacidad y la disminución de aproximadamente 8 por ciento en el consumo de energía. En estos conceptos se incluye para las cuatro plantas más recientes la adición de tambores de flasheo en la sección de purificación, así como las modificaciones a los reactores de síntesis y la construcción de una Unidad Recuperadora de Hidrógeno (URH), con el propósito de recuperar dicho elemento de la corriente de gas de purga de todas las plantas y recircularlo a la corriente de proceso (cuadro 6.8), todo ello conocido como *retrofits*.

También se consideran modificaciones a los turbocompresores de aire de proceso y síntesis para incrementar la capacidad de suministro y compresión de nitrógeno y el cambio de tubos de los reformadores primarios, (decuellamiento o revamps para aumento de capacidad),

Los estudios para el proyecto de retrofits, fueron elaborados por el proveedor de la tecnología (Kellogg) y mediante licitaciones internacionales asignados a la británica Costain Oil & Gas (URH), a la danesa Haldor Topsoe (modificación de internos del reactor de síntesis) y la integración a una empresa local. En más de treinta años de historia, solo un cambio existe actualmente que fue propuesto y desarrollado por personal interno de la empresa, y comprende el aprovechamiento parcial de gas de purga como gas combustible.³³

En el cuadro 6.8 presentamos los cambios tecnológicos de proceso en la empresa, así como su contribución general en ahorro de energía y aumento de capacidad, cuyo costo asciende a 40 y 60 millones de pesos, respectivamente.

CUADRO 6.8.
CAMBIOS TECNOLÓGICOS DE PROCESO EN LA INDUSTRIA DEL AMONIACO EN MÉXICO Y SU AHORRO, 2000.
Cifras en MMBtu/St y porcentaje.

	MMBtu/St	Porcentaje
Modificación de internos reactor síntesis	1.26	
Modificación sección purificación	0.61	
Serpentín agua calderas	0.64	
Cambio tubos reformador primario	Incremento Capacidad	
Unidad recuperadora de hidrógeno	0.72	
Modificación internos compresores	Incremento Capacidad	20
Ahorro de energía total	3.23	8

Fuente: elaboración propia con base en Agrobusiness, El Diario del Istmo, El Financiero, varios números.

Por otra parte, los cambios en la instrumentación se derivan de las recomendaciones efectuadas en 1995 por la empresa de consultoría Fluor Daniel, quien realizó auditorías en materia de seguridad a todas las instalaciones de Petróleos Mexicanos.³⁴

Durante 1995 se instrumentó un Sistema de Aseguramiento de la Calidad en las plantas de proceso y laboratorios, con el que se obtuvo la certificación internacionales ISO-9002. Cuatro años más tarde se obtendría la certificación ISO-14001 por la puesta en operación de un Sistema de Administración Ambiental.

El cuadro 6.9 muestra las innovaciones que se efectuaron en la empresa en el período de esta investigación. Se indica también el área o planta donde se efectuó el cambio técnico y el año, así como una breve descripción de la modificación y el tipo al que pertenece. En marzo de 2000 arrancó una planta con las mejoras tecnológicas descritas, mostrando una disminución del consumo de gas natural cercana al diez por ciento (El Financiero, 12/09/2000).

³³ Esta modificación dejará de tener sentido con la nueva Unidad Recuperadora de Hidrógeno, ya que este equipo es más eficiente en aprovechar los gases de purga.

³⁴ ello como resultado de la explosión de gasolina ocurrida ese mismo año en Guadalajara, Jalisco.

CUADRO 6.9.

INNOVACIONES TECNOLÓGICAS EN LA INDUSTRIA DEL AMONIACO EN MÉXICO. 1963 - 2000.

Cronología de Innovaciones en PECOSA.

Año	Area	Modificación
1991	Reformación, IE/RE	Se introdujo parcialmente el gas de purga al proceso, para quemarlo como gas combustible.
1995	Compañía, SO*	Se obtuvo la certificación ISO-9002.
1996	Plantas IV y VI, IE*	Se introdujeron Sistemas de Control Distribuido
1997	Compañía, SO*	Se cambió la estructura de la organización, se forma Pecosa como Sociedad Anónima.
1997	Plantas V y VII, IE*	Se introdujeron Sistemas de control Distribuido
1998	Planta IV reformador primario, IE*/AC	Se cambiaron los tubos HK-40 por HP-50
1998	Planta VI, reformador primario, IE*/AC	Se cambiaron los tubos HK-40 por HP-50
1999	Compañía, SO*	Se introdujo un Sistema de Protección Ambiental, bajo la norma ISO-14001
1999	Plantas V y VII, reformadores primarios, IE*/AC	Se cambiaron los tubos HK-40 por tubos HP-50
2000	Planta V, área de purificación, IE*/RE	Se colocó un tambor de "flasheo" a vacío
2000	Planta VI, área de purificación, IE*/RE	Se colocó un tambor de "flasheo" a vacío
2000	Planta VII, área de purificación, IE*/RE	Se colocó un tambor de "flasheo" a vacío
2000	Planta V, área de síntesis, IE*	Se modificaron los internos del reactor de síntesis
2000	Planta VI, área de síntesis, IE*	Se modificaron los internos del reactor de síntesis
2000	Planta VII, área de síntesis, IE*	Se modificaron los internos del reactor de síntesis
2000	Planta VII, área de síntesis, P*/AC	Se modificaron los internos del compresor de aire
2000	Planta VII, área de síntesis, P*/AC	Se modificaron los internos del compresor de síntesis
2000	Planta VII, área de síntesis, IE*	Se cambió el reactor de síntesis por daños
2000	Plantas IV, V, VI y VII, IE*/RE	Se integraron los venteos de la planta a la Unidad recuperadora de Hidrógeno, HRU.

Fuente: Elaboración propia con base en El Diario del Istmo, Revista Agrobusiness y entrevistas.

Nota: P* = Proceso; SO* = Sistemas Organizacionales; IE* = Instrumentación y Equipos; RE = Reducción de Energía ; AC = Aumento de Capacidad.

Resumiendo podemos decir que en Pecosa se han desarrollado algunas innovaciones de equipos y proceso; no obstante, el ritmo de dinamismo innovador es muy lento, considerando el tiempo que la compañía se ha mantenido en el mercado. Las innovaciones realizadas han sido pocas, de tipo incremental y paulatinas, y han estado estrechamente vinculadas con el proveedor de la tecnología, y que su orientación principal ha sido principalmente la de ampliar la frontera de producción y en segundo término, reducir el gasto energético.

6.5. La gestión de recursos humanos.

6.5.1. El reclutamiento.

A diferencia de las empresas del sector privado, la selección del personal en la empresa no se basa en rigurosos exámenes de selección. Más bien se consideran las relaciones con elementos en las jerarquías elevadas dentro de la organización, el corporativo de Pemex o el sindicato en el caso de los trabajadores sindicalizados.³⁵ Desde 1962, año en que inició sus operaciones la empresa, ninguna vacante ha sido cubierta mediante publicación alguna en diarios o medios de difusión, lo cual revela el carácter reservado que se mantiene en este aspecto.

6.5.2. Los planes de promoción.

Desde su nacimiento como parte de Petróleos Mexicanos, la aplicación del escalafón fue la forma estándar de proporcionar ascensos para todo el personal. Hasta antes de 1988 tanto el personal técnico como el manual eran sindicalizados, lo que ocasionaba que los supervisores técnicos se vieran impedidos de exigir a sus subordinados, so pena de expulsión del gremio. Había pocas plazas de confianza y pertenecían al grupo directivo.

6.5.2.1. La promoción para el personal de confianza.

En 1989 el personal técnico cambió de régimen contractual, pasando de sindicalizado a confianza. Durante este período y hasta mediados de la década siguiente, se continuó practicando una suerte de escalafón informal, por lo que los ascensos aún se otorgaban con base en la experiencia antes que otra característica. Después de 1993 con la reestructuración de Pemex en cuatro subsidiarias cambiaron los planteamientos de asignación de recursos. Actualmente la decisión

³⁵ Para que un trabajador sindicalizado ingrese a laborar es necesario ser pariente directo de otro sindicalizado, o al menor tener una "recomendación" de ellos.

de promoción de personal y su correlativa cesión de incentivos se basa más bien en aspectos cualitativos que en rigurosas evaluaciones.

6.5.2.2. La promoción en el ámbito sindicalizado.

Por su parte, la forma de lograr promociones para el personal obrero y manual también se modificó desde mediados de los noventa, con la inclusión de la “cláusula 6” en el Contrato Colectivo de Trabajo. Dicha cláusula indica que para ascender, el trabajador deberá mostrar actitud, aptitud, capacidad, conocimientos y experiencia. La calificación final resulta de una ponderación de las características mencionadas. Aún cuando continúa privilegiándose la experiencia, también se incluye el nivel de conocimientos para lograr el ascenso.

6.5.3. La influencia sindical: transformaciones del equilibrio de poder.

Desde la formación de Pemex en 1938, la organización sindical ha tenido un papel preponderante en el desarrollo de esta industria, que alcanzó su cima durante la gestión de Joaquín Hernández Galicia, iniciada a partir de diciembre de 1961 y cuyo ascendente sobre el gremio se prolongaría por más de 27 años. El periodo comprendido entre esos años puede compendiarse en unos cuantos hechos: desde el inicio de su gestión, el líder petrolero logró de la empresa el pago del 2 por ciento sobre el monto total de la inversión de Pemex,³⁶ para obras sociales sindicales. Posteriormente lograría también el pago de 40 por ciento de los contratos por perforación terrestre que se entregaban a particulares. Más tarde (1983) ese porcentaje subiría a 50 por ciento del ingreso total por ese concepto, sin que se declarase su destino final (Corro, 1989). Con su caída en 1989 se iniciaron algunas modificaciones de forma y fondo en la gestión laboral, resumidas en los incisos anteriores. En la actualidad el poder del sindicato ha sido reducido al ámbito obrero.

³⁶ Por la construcción de la Refinería de Tula, por ejemplo, el sindicato recibió 560 millones de pesos (aproximadamente 45 millones de dólares de 1971), equivalentes a 2 por ciento del total

6.5.4. La colaboración con las universidades como fuente de innovación.

En la región de Coatzacoalcos, Minatitlán y Cosoleacaque, donde se asienta la industria objeto de estudio existen cinco universidades. Dos de ellas son financiadas por el estado y las otras tres son de propiedad particular. Las primeras se ubicaron en la zona hace más de veinticinco años, para responder a la elevada demanda de profesionistas en las áreas citadas propiciada por la expansión de la industria petroquímica en la región. Las universidades privadas iniciaron actividades a partir de 1995, cuando les fueron concedidos los permisos correspondientes. En cuatro de ellas se imparte la carrera de Ingeniero Químico. Solo en tres se cursan las carreras de Ingeniería Industrial y Mecánica. Ninguna de las cinco universidades de la zona tiene programas de Maestría en Ingeniería. Tampoco se tienen establecidos programas para proyectos de desarrollo ni de investigación con alguna empresa de la región. Ello implica que la empresa no dispone, en su entorno cercano, de instituciones de enseñanza de primer nivel con los que formalizar programas de intercambio y vínculo.

Las características más relevantes de este capítulo son las siguientes:

- Existe una cultura de sistematización de rutinas que ha permitido obtener certificaciones internacionales en aspectos ambientales y de calidad.
- El inventario tecnológico de la empresa ha sido decreciente. Preferentemente se han dado de baja plantas completas de proceso antes que modernizarlas o encontrar alternativas de uso.
- La estrategia tecnológica empleada ha sido de seguidor tardío, caracterizada por la adopción de tecnologías relacionadas exclusivamente con su proveedor, M.W. Kellogg con cerca de 18 años de desfase.
- Las inversiones en tecnología han sido pocas y se han enfocado fundamentalmente al incremento de la capacidad y al ahorro de energía.
- El cierre de los consumidores de urea, sus principales clientes, no motivó cambios en su estructura ni tampoco se reflejó en una alteración notoria de su estrategia. La

respuesta más evidente consistió en intentar desarrollar el mercado de aplicación directa en el sur del país (El Economista , 14/01/00), lo cual de realizarse requerirá una inversión muy grande en términos de tiempo (Fertecon, 1er trimestre de 2000), del cual probablemente no disponga esta empresa y que por otra parte significa orientar los esfuerzos en pos de mercados obsoletos (en 1963 en los Estados Unidos se empleaba 55 por ciento del amoniaco para aplicación directa y actualmente el porcentaje es menor a 8), sin considerar las características de la tenencia de la tierra en México, principalmente en el sur del país, donde son pocos los propietarios de tierra cultivable con una extensión mayor a 20 hectáreas.

- El sistema de reclutamiento y selección de personal carece de procedimientos claros.
- En el caso particular, aún cuando una gran parte del personal manual está sujeto a políticas definidas de ascenso, observamos que los puestos de confianza adolecen de esta definición clara. Además, el desarrollo exitoso de innovaciones tecnológicas precisa también la existencia de políticas salariales y de promoción bien definidas, en el marco de un ambiente que estimule la competencia profesional mediante reglas claras, aunque no necesariamente escritas. Sabemos que contar con la masa crítica de gente calificada, garantiza la capacidad para seleccionar, adoptar, desarrollar y asimilar las tecnologías requeridas (Solleiro et al, 1996).
- Se requiere también³⁷ que la estructura organizacional sea congruente con las necesidades de desarrollo tecnológico, no solo en cuanto al simple número de empleados, sino también por cuanto a su formación, experiencia y trayectoria.
- Observamos una incongruencia entre los pronunciamientos estratégicos y la estructura laboral, ya que esta última parece más orientada al mantenimiento de plantas y a practicar una rigurosa contabilidad que a la asimilación, adaptación o desarrollo de tecnología.
- Las innovaciones tecnológicas desarrolladas han sido pocas y de tipo incremental.
- No se han incorporado innovaciones radicales, o propuestas para realizarlas.
- El elevado número de personal ocasiona también incremento en los costos de dos formas diferentes: por una parte los costos tangibles que se elevan cuando se trabaja por debajo de la frontera productiva y en segundo lugar y quizás más importante, el

³⁷ Otras compañías petroleras de latinoamérica que han innovado exitosamente han mostrado estos elementos como característica, véase por ejemplo el caso del manejo de tecnología en Petrobras, en Beltrao, R. (1996).

costo (intangible) estructural que impacta en la agilidad de la toma de decisiones, sobre todo porque en las estructuras de tipo piramidal el período de tiempo entre decisión-respuesta se amplía.

Capítulo 7. Gestión Tecnológica y Competitividad.

7.1. Introducción.

En este capítulo mostramos los elementos que caracterizan la competitividad internacional para las empresas productoras de amoniaco y comparamos los diferentes resultados obtenidos en el continente americano.³⁸ Determinamos que la industria mexicana no es competitiva con respecto a cuatro países productores en América.³⁹ Mostramos que la tendencia en este sentido ha sido decreciente y que es resultado de una combinación de dos factores: una gestión tecnológica y un Sistema Nacional de Innovación poco eficientes. Para precisar el carácter no competitivo de la industria mexicana comparamos sus resultados en consumo de energía, utilización de la capacidad instalada, costo de producción y margen bruto de utilidad. Para establecer su posición competitiva internacional elaboramos una matriz cuyos ejes son el consumo de energía y la participación de mercado. Analizamos también la competitividad de la industria del amoniaco y observamos que ha perdido participación en mercados cada vez menos dinámicos.

Por otra parte, para separar los factores atribuibles a la gestión tecnológica de la empresa de los de naturaleza exógena a la misma, se construyó un indicador que emplea las variables más importantes que identifican a las empresas competitivas y compara el desempeño industrial mexicano con la mejor práctica internacional. Sabemos que la innovación tecnológica no es un proceso lineal, sino un fenómeno multifactorial que sigue trayectorias dependientes del contexto socioeconómico en que actúa (Solleiro y Del Valle, 1996). Por ello, se incluye también un apartado en el que se comentan las deficiencias del Sistema Nacional de Innovación en México que más impactan la competitividad de estas empresas.

³⁸ Se incluye también en el análisis a la Ex Unión Soviética (EUS), ya que influye en la dinámica del mercado continental por ser exportador de producto a EUA (cuadro 4.6).

³⁹ Se empleó la información con ese nivel de agregación por dos razones: para destacar las características nacionales de los productores y por carecer de fuentes de

7.2. Competitividad. Sus aspectos sobresalientes.

7.2.1. Consumo de energía. Nuevas tecnologías y Pecosa.

Para las plantas mexicanas el consumo de diseño⁴⁰ es 31.6 MM Btu por tonelada, y como se observa en el cuadro 7.1, las plantas más recientes presentan un ahorro cercano a 50 por ciento en gas combustible y de 22 por ciento globalmente (columna d). En el mismo cuadro se aprecia que las nuevas tecnologías presentan economías de gas combustible cercanas a 53 por ciento comparadas contra el dato real de operación de la industria mexicana (columna e que incluye las modificaciones tecnológicas descritas en el cuadro 6.9). De ello se deriva la pérdida de competitividad de esta tecnología de proceso con respecto a los diseños más recientes.

CUADRO 7.1

CONSUMO DE ENERGÍA EN PLANTAS MODERNAS Y EN PECOSA, AÑO 2000

Comparación de consumo energético, MMBtu/St (LHV).

	Pecosa Diseño (a)	Pecosa Real (b)	Nueva tecnología (c)	Variación % (c-a)/a*100 (d)	Variación % (c-b)/b*100 (e)
Alimentación (sin purga)	18.23	18.9	18.1	-0.71	-4
Gas Combustible	13.38	14.1	6.62	-50.52	-53
Total	31.61	33.0	24.73	-21.77	-25

Fuente: Adaptado de *Ammonia trends, outlook for the future, Hydrocarbon Processing*, enero 1992

7.2.2. Utilización de la capacidad instalada.

En las industrias intensivas en capital como la petroquímica, uno de los factores más importantes para minimizar los costos es la utilización total de la capacidad, considerando que el pleno empleo de la planta productiva instalada permite una reducción importante en los costos totales, lo que permite aprovechar las ventajas por economías de escala. Por el contrario, cuando se opera en condiciones inferiores

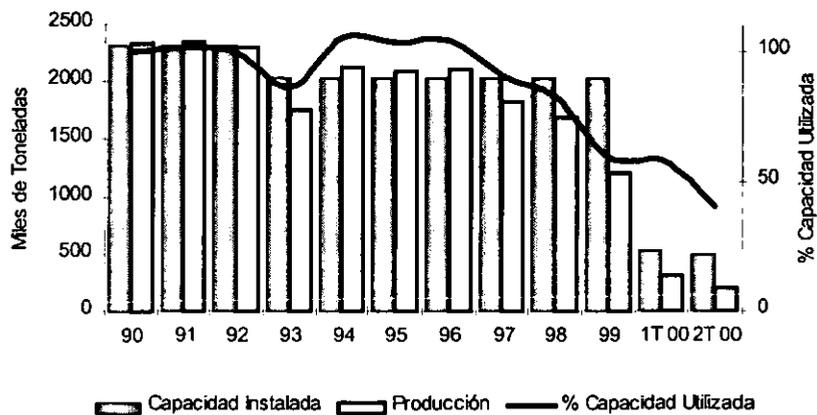
información confiables acerca del desempeño de cada empresa en particular del continente.

⁴⁰ El dato de diseño es inferior al dato real de la operación (cuadro 7.4), debido fundamentalmente a la energía (gas) desperdiciada en paros y arranques y a la baja eficiencia de hornos, calderas y cambiadores.

al diseño, además de dejar ociosa cierta capacidad, existen incrementos en los costos derivados del mayor consumo energético y por desaprovechamiento de la maquinaria, fundamentalmente los hornos, turbocompresores y equipo que opera con vapor.⁴¹

La capacidad instalada de Pecosa durante la última década ha disminuido (cuadro 6.3). Por otra parte el volumen producido por la empresa durante los últimos diez años también ha descendido. Con la excepción de 1993 en que se presentó cierta disminución del volumen elaborado, en todos los años las plantas operaron por encima del diseño hasta 1996; después de esta fecha se observa una caída en la producción que se acentuó drásticamente en el segundo trimestre del año 2000, que muestra una utilización de la capacidad de 40 por ciento (figura 7.1). Este alejamiento de la frontera de producción obedece fundamentalmente al cierre de plantas por los elevados costos de producción derivados fundamentalmente de los altos consumos energéticos en combinación con altos precios internacionales de gas natural.

figura 7.1 Utilización de la capacidad instalada



Fuente: Memoria de labores de Pemex, varios años.

Notas.- 1T00 y 2T00 primer y segundo trimestres de 2000
(considera solamente la capacidad de cada trimestre)

⁴¹ El mayor incremento en costos por operar abajo del diseño se derivan de la recirculación de los turbocompresores que operan con vapor y que pierden eficiencia por manejar menores cargas de alimentación.

Por otra parte, la utilización de la capacidad en las plantas de los demás países del continente se ha mantenido elevada durante los últimos años, con la excepción de los EUA, cuyo ritmo de producción también disminuyó en el año 2000, pero en menor medida que en el caso mexicano (cuadro 7.2).

CUADRO 7.2.

UTILIZACIÓN DE LA CAPACIDAD EN AMÉRICA. 1996-2000

Cifras en porcentaje de la producción respecto a la capacidad.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
Pais											
Venezuela	82	66	60	79	75	88	89	87	71	67	73
Trinidad	95	100	96	88	98	101	96	90	88	92	90
Canadá	105	106	104	106	105	104	96	100	95	100	95
EUA	98	98	106	101	104	112	97	96	95	95	76

Fuente: Fertecon, *Ammonia Outlook, tercer cuatrimestre de 2000*. Todos los datos son agregados. *estimado.

7.2.3. Costo internacional de producción.

Los costos de producción por tonelada de amoniaco difieren internacionalmente. Las causas principales de esta variación son dos y ambas dependen del gas natural, es decir del volumen consumido y de su precio. En el primer caso se logra optimizar mediante un adecuado desempeño tecnológico (cuadro 7.1), mientras que con respecto al precio existen marcadas diferencias en las políticas gubernamentales entre países como se verá en este capítulo. Otros costos (menores) de producción incluyen los catalizadores, servicios auxiliares, mano de obra y las refacciones. En los siguientes renglones revisamos los costos de producción por tonelada de amoniaco de Pecos y los contrastamos con los costos de producción por tonelada de amoniaco de los principales países participantes en el mercado americano, como Estados Unidos, Canadá, Venezuela y Trinidad y Tobago y la Ex Unión Soviética.

7.2.3.1. Precio del gas natural.

El cuadro 7.3 muestra las diferencias internacionales en los precios del gas natural observadas durante la última década para los productores de amoniaco, cuya brecha

se pronunció en mayo de 200 y se acentuó dramáticamente en octubre de ese mismo año para México y los Estados Unidos debido fundamentalmente a lo siguiente:

- Los altos precios de los combustibles alternos, principalmente aceite para calefacción y combustóleo, originados por el incremento en los precios internacionales del petróleo.
- El déficit en el almacenamiento de gas natural en los Estados Unidos, estimado en 15 por ciento con respecto a 1999.
- El desequilibrio entre oferta y demanda existente en el mercado norteamericano, originado por el crecimiento acelerado de su economía.
- Las altas temperaturas climatológicas reportadas en Estados Unidos, que provocaron mayor consumo de energía eléctrica.

CUADRO 7.3.

DIFERENCIAS EN PRECIOS INTERNACIONALES DEL GAS NATURAL, 1990-2000.

Diferencias en precio del gas natural por país, en dólares/millón de BTU.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000*
País											
Venezuela	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5
EUS	n/d	n/d	0.5	0.2	0.62	1.4	1.8	1.5	0.8	0.4	0.6
Trinidad	0.96	1.01	0.87	1	1.6	2	1.9	1.6	0.95	0.95	1.25
Canadá	1	1	1	1	1.6	1.2	1.3	1.4	1.5	1.5	1.8
EUA	1.9	1.7	1.8	2.2	2	1.7	2.7	2.6	2.3	2	5.1
México	0.75	0.75	1.79	2.19	1.99	1.69	2.69	2.59	2.29	1.78	4.88

Fuente: *Fertecon*, Ammonia Outlook (1990 -*octubre de 2000). n/d = no disponible.

EUS = Ex Unión Soviética.

7.2.3.2. Consumos de gas natural.

Los procesos productivos (promedio de la industria) de Canadá y Estados Unidos son los que presentan el consumo de energía más bajo del continente, mientras que Venezuela no ha incorporado nuevas tecnologías a sus procesos.⁴² En el caso de Trinidad el consumo promedio disminuyó en 1998, al arrancar dos plantas con la tecnología más moderna y México también disminuyó su consumo con algunas mejoras tecnológicas que se comentan más adelante. Las plantas más estables y con

menos paros y arranques presentan por ende un consumo más bajo.⁴³ En el cuadro 7.4 se muestran los consumos promedio de gas natural para producir una tonelada de amoniaco internacionalmente.

CUADRO 7.4.

CONSUMO INTERNACIONAL DE GAS NATURAL, PAÍSES SELECCIONADOS, 1990-2000.

Diferencias en consumo del gas natural por país, en millón de BTU/St (LHV).

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	*2000
Venezuela	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9	36.9
EUS	n/d	N/d	36	36	36	35.26	35.26	35.26	35.26	35.26	35.26
Trinidad	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	35.1	32.8	32.8	32
Canadá	31.2	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	30.3
EUA	31.2	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	31.16	30.3
México	36.9	33									

Fuente: *Fertecon*, ammonia outlook (1990-*octubre de 2000). EUS = Ex Unión Soviética.

Con el precio del gas natural (cuadro 7.3) y el consumo de gas natural total a la planta (cuadro 7.4) se obtiene el costo por gas natural para producir una tonelada de amoniaco (cuadro 7.5).⁴⁴

CUADRO 7.5.

COSTO INTERNACIONAL DE AMONIACO POR CONCEPTO DE GAS NATURAL, 1990-2000.

Diferencias en costo total de amoniaco por país, en dólares/tonelada.

País	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	*2000
Venezuela	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	22.5
EUS	n/d	N/d	22	8.8	27.2	60.2	77.4	64.5	34.4	17.2	25.8
Trinidad	41.1	43.2	37.2	42.8	68.5	85.6	81.3	68.5	38.0	38.0	48.8
Canadá	38.0	38.0	38.0	38.0	60.8	45.6	49.4	53.2	57.0	57.0	66.5
EUA	72.3	64.6	68.4	83.6	76.0	64.6	102.6	98.8	87.4	76.0	188.5
México	33.8	33.8	80.6	98.6	89.6	76.1	121.1	116.6	103.1	80.1	196.4

Fuente: *Fertecon*, ammonia outlook (1990-* octubre de 2000). EUS = Ex Unión Soviética.

⁴² El consumo que se presenta corresponde al consumo real, no a la cifra de diseño e incluye el gas utilizado en paros y arranques, así como el gas que se ventea

⁴³ En los EUA y Canadá suelen sacar de operación las plantas una vez cada dos años, mientras que la costumbre en México es hacerlo al menos una vez cada año, lo que redundaría en que sea liberada a la atmósfera una gran cantidad de gas, con lo que se incrementa el consumo de energía de estas plantas.

⁴⁴ Para obtener el cuadro 7.4 se multiplica el valor del 7.2 por el de 7.3 y el resultado se divide entre 0.82, a fin de homogeneizar por unidades caloríficas, considerando valores de 928.6 Btu/scf para LHV y de 1073.02 Btu/scf para HHV, a condiciones estándar.

7.2.3.3. Suministros, refacciones y mano de obra.

El costo de la energía que representa hasta 70 por ciento del costo total, no es el único costo en que se incurre al producir el amoniaco. El cuadro 7.6 presenta los costos promedio por país de otros insumos como catalizadores, agua de enfriamiento, mano de obra y refacciones.

CUADRO 7.6.

OTROS COSTOS DE PRODUCCIÓN INTERNACIONALES, 1990-2000.

Diferentes costos de amoniaco por país, en dólares EUA/tonelada.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	*2000
País											
Venezuela	29	29	29	30	30	30	31	32	33	33	34
EUS	n/d	n/d	25	25	25	25	26	27	20	20	21
Trinidad	29	29	29	30	30	30	31	32	33	33	34
Canadá	34	34	34	35	35	35	36	37	38	38	39
EUA	19	19	19	20	20	20	21	22	23	23	23
México	30	30	30	30	30	30	31	32	33	33	35

Fuente: *Fertecon*, ammonia outlook (1990-* octubre de 2000). EUS = Ex Unión Soviética.

7.2.3.4. Costo internacional de producción.

En el cuadro 7.7 mostramos el costo internacional de producción por tonelada de amoniaco. Los países con mayor dinamismo exportador son aquellos que han logrado disminuir sus costos totales lo que les permite el ingreso a los mercados de mayor demanda⁴⁵. Los mayores costos de producción por tonelada de amoniaco los encontramos en México; posteriormente se encuentra la industria de los EUA, Canadá, Trinidad y Tobago, Venezuela y la Ex Unión Soviética.

CUADRO 7.7.

COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN EN PAISES SELECCIONADOS, 1990-2000.

Diferentes costos de amoniaco por país, en dólares/tonelada.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	*2000
País											
EUS	n/d	N/d	47	34	52	85	103	92	54	37	47
Venezuela	56	56	56	57	57	57	58	59	60	60	57
Trinidad	70	72	66	73	98	116	112	100	71	71	83
Canada	72	72	72	73	96	81	85	90	95	95	106
EUA	91	84	87	104	96	85	124	121	110	99	211
México	64	64	111	129	120	106	152	149	136	113	231

Fuente: *Fertecon*, ammonia outlook (1990-* octubre de 2000). EUS = Ex Unión Soviética.

⁴⁵ en América el principal mercado para venta de amoniaco es el de Tampa en EUA

7.2.3.5. Margen bruto de utilidad.

En el cuadro 7.8 observamos que los menores márgenes de ganancia bruta por tonelada de amoníaco los encontramos en los Estados Unidos y México, en los que inclusive se presentan durante octubre de 2000 márgenes negativos como resultado de restar el precio de referencia menos el costo de producción.⁴⁶

CUADRO 7.8

MARGEN DE UTILIDAD BRUTO INTERNACIONAL, 1990-2000.

Precio internacional del amoníaco menos costo de producción, dólares/tonelada.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	*00
Precio	105	106	96	123	187	206	195	172	136	102	205
Margen Bruto											
EUS	n/d	N/d	49	89	135	121	92	81	82	65	158
Venezuela	49	50	40	66	130	149	137	113	76	42	149
Trinidad	35	34	30	50	89	90	83	72	65	31	122
Canada	33	34	24	50	91	125	110	82	41	7	99
EUA	14	22	9	19	91	121	71	51	26	3	-6
México	41	42	-15	-6	67	100	43	23	0	-11	-26

Fuente: Elaboración propia con base en *Fertecon*, amoníaco outlook (1990-*octubre de 2000).

EUS = Ex Unión Soviética.

Los costos de producción de la industria mexicana no son competitivos contra otros productores, por lo que otras empresas pueden quitarle el mercado⁴⁷ regional actual. En cuanto a las empresas de los Estados Unidos con mayores costos de producción, los bajos márgenes de utilidad han obligado a suspender casi 23 por ciento de la capacidad total de ese país (cuadro 7.9), durante los primeros diez meses del año 2000⁴⁸. El 75 por ciento de la capacidad de Estados Unidos que se mantiene funcionando corresponde a empresas con muy bajo consumo energético y que han optimizado sus operaciones⁴⁹.

⁴⁶ El cuadro 7.7 presenta márgenes brutos considerando que el producto se vende en cada país a precio internacional. Para mayor comparabilidad deberán considerarse los costos de flete a Tampa, lo que reduciría los márgenes de Canadá, México, Venezuela, Trinidad y la EUS aproximadamente 36, 19, 21, 21 y 73 dólares por tonelada respectivamente.

⁴⁷ Existe gran interés por el mercado de aplicación directa del norte de México, por la cercanía con los consumidores de California. (Green Markets, octubre 1998).

⁴⁸ En México, además de las acereras, existen otras 220 empresas a punto de cerrar por el elevado precio del gas natural, lo que ha motivado un gran debate y la puja de los industriales que piden la intervención del gobierno (El Economista, 20/Octubre/00).

⁴⁹ Esto a través de coberturas del precio de gas natural, mediante almacenamiento o bien por aprovechar los períodos de mayor costo para dar mantenimiento a sus equipos.

CUADRO 7.9

PLANTAS DE AMONIACO FUERA DE OPERACIÓN EN EUA EN EL AÑO 2000.

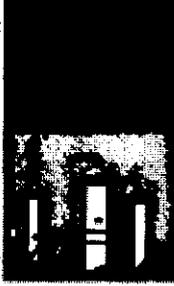
Capacidad fuera de operación en miles de toneladas métricas y porcentaje.

Compañía/Lugar	Capacidad	Notas
MissChem, Mississippi	140	Redujo carga el 4 de junio
MissChem, Mississippi	165	Cerro indefinidamente el 4 de junio
Farmland, Louisiana	458	Cerro indefinidamente el 16 de junio
Farmland, Kansas	408	Explosión a mediados de julio
CF Industries, Louisiana	770	Cerró indefinidamente en Julio
Terra Industries, Arkansas	369	Cerró indefinidamente en Julio
Terra, Oklahoma	473	--
Coastal Chemical, Texas	100	Redujo carga
Wil-Grow, Oklahoma	247	--
Borden Geismar, La	369	Cerró en julio
IMC, La	481	Cerró en julio
Total Capacidad fuera/operación	3,980	Corresponde a 23.2 por ciento de
Capacidad Total EUA	17,026	la capacidad total

Fuente: Elaboración propia con base en *Fertecon*, ammonia outlook (2nd quarter 2000).

Ante los elevados precios de gas natural que en un mediano plazo se espera que permanezcan arriba de 4 dólares⁵⁰ y los bajos (o nulos) márgenes de ganancia, algunas empresas en ese país han empezado a ofertar sus plantas (figura 7.2).

Figura 7.2 Planta de amoniaco en venta en EUA.



LOUISIANA CHEMICAL EQUIPMENT CO., L.L.C.

PLANT REMOVAL SURPLUS EQUIPMENT LIQUIDATIONS
USED CHEMICAL PROCESS EQUIPMENT

AVAILABLE: 1,500 TPD KELLOGG AMMONIA PLANT

START-UP: 1977 ~ SHUT DOWN: 1999

The plant was originally designed to operate at 1 150 tpd. After numerous improvements to the plant over the years (some of which are listed below), the plant capacity was increased to 1,500 tpd.

- 1982: Hydrogen recovery unit
- 1988: Compressor upgrades for increased production
- 1989: Converter retrofit
- 1997: Complete set of new HP modified reformer tubes
- 1998: Solvent changed from Ucarsol to MDEA

**FLUIDIZED BED
UREA
GRANULATOR**

**850 tpd
Commissioned 1993**

We have all engineering documentation available for the relocation, erection, and start-up of this plant at another location. The plant is complete and in excellent condition and has a large inventory of spare parts.

For further information, contact: STEVE O'BRIEN

TEL: 225/923-3602 • FAX: 225/926-5237 • E-mail: plants@lcec.com

Fuente: Finds, third quarter 2000, página 32.

50 Véase el artículo "a quiet energy crisis", del *Cambridge Research Energy Associates*, 21 de julio de 2000, por Daniel Yergin, que describe el gran número de proyectos para generación de electricidad en EUA que dependen del gas natural.

Es importante señalar que las características de adecuaciones tecnológicas de la planta de LCEC mostrada en la figura 7.2 le fueron incorporadas a partir de 1982 y concluyeron en 1998 y que son las mismas adecuaciones que aún se están instrumentando en la industria mexicana del amoniaco (cuadros 6.9 y 6.10).

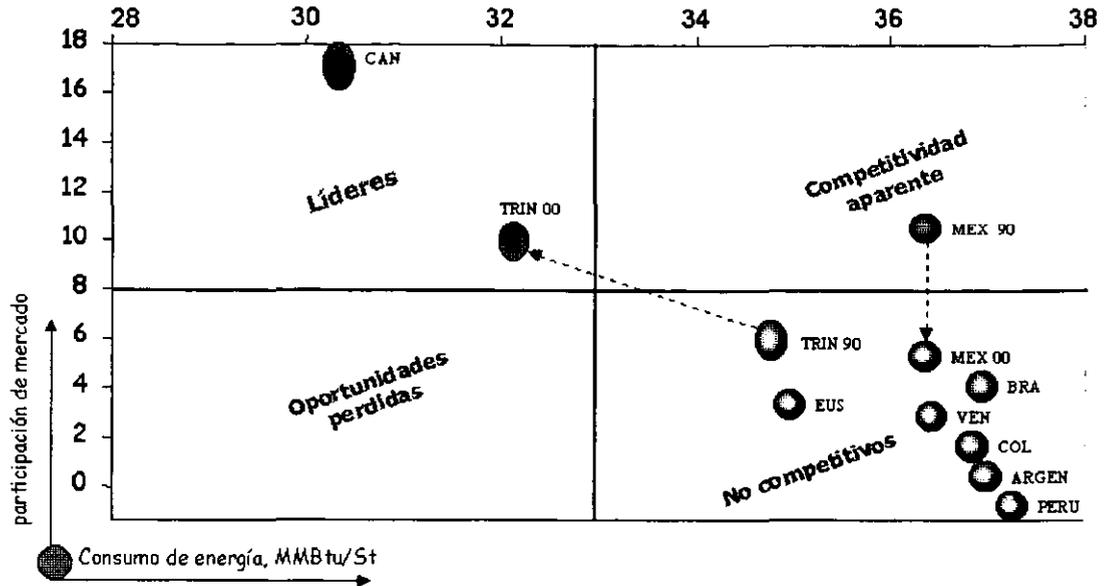
7.3. Participación de mercado y consumo de energía.

En este apartado empleamos una metodología cualitativa para ubicar el desempeño competitivo de la empresa. Considerando que la competitividad involucra tanto el grado de desempeño tecnológico como la participación de mercado (Jasso,1997), elaboramos una matriz en la que se ubica a los países productores de amoniaco a partir de cuatro posiciones diferenciadas como líderes, productores de competitividad aparente, de oportunidades perdidas o no competitivos. Ubicamos a la industria de nuestro país en esta última posición.

7.3.1. Matriz de competitividad.

Para la elaboración de la matriz consideramos que el grado de avance tecnológico está representado mediante el consumo de energía, de modo que a un menor consumo de energía corresponde un mejor desempeño tecnológico. Los países situados en la mejor práctica serán los que obtengan una elevada participación de mercado con menores consumos energéticos y se ubican en el primer cuadrante; en el segundo cuadrante se encuentran los países que tienen plantas con baja intensidad tecnológica y una participación del mercado media, su competitividad será aparente. En el tercer cuadrante se ubican aquellos países con alto consumo energético y baja participación del mercado, por lo que son no competitivos. En el último cuadrante se ubican las empresas de los países que con bajos consumos energéticos tendrían también baja participación de mercado, por lo que se les consideraría de oportunidades perdidas.

figura 7.3 Matriz de competitividad internacional de países productores de amoniaco



Fuente: elaboración propia con base en Fertecon, Finds y FMB, varios números.

Nota: Los valores de EUA se salen del cuadrante; Can = Canada, Trin=Trinidad y Tobago, Mex= México, Bra = Brasil, Ven= Venezuela, Col = Colombia, Argen= Argentina, EUS=Ex Unión Soviética.

En la figura 7.3 mostramos mediante flechas que las empresas productoras de amoniaco de dos países modificaron su posición competitiva en el período 1990 a 2000: México y Trinidad y Tobago, debido a la carencia de innovaciones significativas en el primer caso y por el incremento de capacidad acompañado de la entrada de plantas con nueva tecnología en el segundo.

Es importante señalar que las nuevas plantas cuya construcción se proyecta terminar este año en Venezuela (cuadro 4.17) desplazarán a la industria de ese país hacia el cuadrante de competitividad e incrementarán el nivel de riesgo que ya tiene la industria mexicana. La información para la elaboración de la matriz se puede observar en el cuadro 7.10, y considera los promedios anuales de cada uno de los países listados.

CUADRO 7.10.
PARTICIPACIÓN DE MERCADO EN AMÉRICA Y CONSUMO DE ENERGÍA, 1999.
Porcentaje de mercado en América y consumo real de energía en MMBtu/St.

País	PM 1990	PM 1999	Consumo 90	Consumo 99
Estados Unidos	58.4	56.8	31.2	30.3
Canadá	14.1	17.6	31.2	30.3
México	10.0	4.3	36.9	36.9
Trinidad y Tobago	7.0	9.3	35.1	32.8
Brasil	4.3	4.6	36.9	36.9
Venezuela	2.6	3.4	36.9	36.9
Ex Unión Soviética	2.1	3.4	35.26	35.26
Cuba	0.5	0.0	37.0	37.0
Colombia	0.5	0.4	37.0	37.0
Argentina	0.3	0.4	37.0	"n/a
Perú	0.2	0.0	37.0	"n/a
Total	100	100		

Fuente: Elaboración propia con base en *Fertecon, Ammonia Futures y FMB, varios números.*

Nota.- PM = Participación de mercado; Consumo = Consumo de energía.

7.3.2. Análisis estadístico de los datos.

7.3.2.1. Correlación entre consumo de energía y participación de mercado.

Para medir el grado de correlación entre las dos variables se determinó el coeficiente de correlación de *Pearson* para la serie de datos disponible (anexo 7A), que representa a los productores del 95 por ciento del amoniaco en el continente, con base en promedios anuales obtenidos de publicaciones internacionales, para el período 1990 a 1999. El valor obtenido para dicho coeficiente de correlación es elevado, de -0.72 e indica que una mayor participación de mercado está relacionada con un menor consumo de energía⁵¹. El cálculo de r^2 (anexo 7A) indica que el 52 por ciento de las variaciones en la participación de mercado son atribuibles al consumo de energía, lo cual es consistente con la evidencia empírica mostrada en los apartados 7.4 y 7.5, donde se obtiene el indicador de gestión tecnológica de la empresa. y se describen las variables exógenas más importantes.

⁵¹ Esta correlación pierde sentido cuando el precio de los insumos se dispara, como ocurrió desde el primer semestre de 2000, ya que entonces la participación de mercado se impacta más por el precio del gas natural que por su consumo.

7.4. La competitividad del subsector en el mercado mundial.

7.4.1. El amoniaco y la urea, subsectores en retirada.

La determinación del dinamismo de una industria en el mercado mundial es importante para conocer si dicho sector de la economía está ganando participación en mercados dinámicos, en el caso de los sectores más competitivos, o si por el contrario se trata de industrias que pierden participación en mercados con bajo dinamismo en el caso de los sectores menos competitivos. Tomando como antecedente directo los trabajos de otros investigadores (Mattar, 1994) y también Jasso (1998), se efectuó un análisis para determinar el dinamismo de las industrias del amoniaco y la urea, basados en el método de las ventajas comparativas reveladas, que considera la dinámica de la participación de las exportaciones de un país en el mercado mundial. Para ello se definió a los estados Unidos como el mercado⁵².

La conclusión de este análisis es que los subsectores del amoniaco y la urea han perdido participación en mercados que también han perdido dinamismo. Se definieron para ello los siguientes indicadores del desempeño exportador:

% PM representa el porcentaje de participación del mercado y % PS el porcentaje de participación del sector. Para el amoniaco se empleará % PM_A y % PS_A, mientras que para la urea se empleará PM_U y % PS_U. Tenemos entonces que:

$$\% PM_A = \frac{\text{Exportaciones de Amoniaco de México a EUA}}{\text{Importaciones total de Amoniaco de EUA}} \dots\dots(7.1)$$

$$\% PS_A = \frac{\text{Importación total de Amoniaco de EUA}}{\text{Importaciones totales de EUA}} \dots\dots\dots(7.2)$$

$$\% PM_U = \frac{\text{Exportaciones de Urea de México a EUA}}{\text{Importaciones de Urea de EUA}} \dots\dots\dots(7.3)$$

⁵² Esta consideración se realiza con base en que el mayor productor y consumidor de amoniaco y urea del continente son los EUA.

$$\% \text{PS}_U = \frac{\text{Importación total de Urea de EUA}}{\text{Importaciones totales de EUA}} \dots\dots\dots(7.4)$$

En el cuadro 7.11 se muestran los datos comparativos de 1993 a 1998⁵³ para estadísticas de importaciones hacia Estados Unidos de México y otros países.

CUADRO 7.11
VOLUMEN DE IMPORTACIÓN DE AMONIACO Y UREA A ESTADOS UNIDOS, 1993-1998.
Volumen en Miles de Toneladas

Año	Importaciones de EUA		Exportaciones México-EUA		Total importado EUA
	Urea	Amoniaco	Urea	Amoniaco	Total Productos
1993	2,955	2,576	131	285	580,659,358
1994	3,159	3,145	303	526	663,255,712
1995	2,722	3,195	161	252	743,542,778
1996	2,521	2,987	287	176	795,289,271
1997	2,517	3,091	77	302	870,670,654
1998	3,370	3,357	142*	190	911,896,130

Fuente: Elaboración propia con base en datos de *US Government Sharing Project*.

Nota.- * corresponde a urea no producida en México.

Se observa que las exportaciones de producto de México hacia Estados Unidos tienden a disminuir, lo cual se acentúa en los tres últimos años. Por otra parte, la importación de estos productos tiende a incrementarse ligeramente en lo individual y a disminuir si se considera con relación al total de producto importado por los Estados Unidos.

Con los datos del cuadro 7.11 se aplican las formulas (7.1,7.2,7.3 y 7.4) para obtener el cuadro 7.12, donde se observa que la participación del sector para ambos productos ha ido en decadencia con relación a 1993 y 1994, mientras que la participación de mercado también ha disminuido, por lo que se les ha clasificado como subsectores en retirada.⁵⁴

⁵³ Único período disponible.

⁵⁴ Para una descripción completa de la tipología véase Mattar (1994).

CUADRO 7.12
PARTICIPACION DE MERCADO Y SECTOR DEL AMONIACO Y LA UREA, 1993-1999.
Porcentaje de Participación de Amoniac y Urea.

Año	Amoniac		Urea	
	% PS x 100 mil	% PM	% PS x 100 mil	% PM
1993	0.444	0.111	0.509	0.045
1994	0.474	0.167	0.476	0.096
1995	0.430	0.079	0.366	0.059
1996	0.376	0.059	0.317	0.114
1997	0.355	0.098	0.289	0.031
1998	0.368	0.057	0.370	0.042

Fuente: Elaboración propia con base en datos de *US Government Sharing Project*.

Los resultados obtenidos muestran que los subsectores del amoniaco y la urea presentan un desempeño exportador decreciente y concretamente en el caso del amoniaco evidencian una notable caída del volumen de producto que la industria mexicana ha destinado al mercado internacional. También podemos observar que el crecimiento de las importaciones totales de amoniaco del mercado no ha sido proporcional al crecimiento de las importaciones totales, sino que ha mostrado un ritmo mucho más lento. Ello nos permite afirmar que tratamos con un subsector que ha perdido competitividad internacional.

7.5. Medición de la gestión tecnológica.

7.5.1. Obtención del índice de gestión tecnológica.

En diversos medios de comunicación y en general en el sector petroquímico en México se ha generado desde mediados de los noventa un amplio debate con relación a las causas de pérdida de competitividad de la industria del amoniaco, que fundamentalmente divide las opiniones en torno a dos corrientes: por una parte está la gran mayoría, quienes afirman que las condiciones exógenas hacen imposible desarrollar industrias competitivas; otros en cambio, aseguran que a pesar de las condiciones externas existen alternativas que son dependientes de las acciones emanadas de las empresas mismas. Con el objetivo de aportar luz sobre este debate e intentar definir cuantitativamente los factores endógenos a la empresa y los

ajenos a ella que más afectan su competitividad elaboramos el indicador de gestión tecnológica⁵⁵ (cuadro 7.13), que se basa en información empírica y muestra las variables más importantes para definir la competitividad en empresas productoras de amoniaco. Este listado y su peso específico individual se obtuvieron a partir de encuestas con expertos mexicanos de esta industria y con dos proveedores extranjeros de compañías líderes en fabricación de catalizadores, y de fuentes hemerográficas. Los atributos del “líder” (columna b) corresponden a la mejor práctica o condición y no son exclusivos de una sola empresa o país, de tal suerte que por ejemplo, el consumo energético corresponde a ciertas empresas de Estados Unidos y de Trinidad, mientras que el precio del gas natural empleado fue el de Venezuela, es decir, el menor del continente.

CUADRO 7.13.

OBTENCIÓN DEL ÍNDICE DE GESTIÓN TECNOLÓGICA, AÑO 2000.

Variables más importantes que Definen la Gestión de Tecnología y su ponderación.

	Peso	Val	Val	Cal	Cal	Pond	Pond.	Tipo	In
	Esp.	Líder	Méx	Líder	Méx	Líder	Méx		
	a	b	c	d=a*b	e=a*c	F=a*d	g=a*e	h	i=a
Precio gas	19	0.5	4.35	100	10.0	19.0	1.9	Ex	
Tecnología	19	26	33	100	45.0	19.0	8.6	In	19
Integración	10	18	10	100	55.6	10.0	5.6	In	10
Inversión en I.T.	8	1	0.4	100	40.0	8.0	3.2	Ex	
Estructura	6	0.03	0.35	100	25.0	6.0	1.5	In	6
I & D	6	1	0.3	100	30.0	6.0	1.8	In	6
Utilización Cap.	5	95	40	100	42.1	5.0	2.1	In	5
Mercado L. D.	4	1	0.6	100	60.0	4.0	2.4	Ex	
Alianzas	4	1	0.5	100	50.0	4.0	2.0	In	4
Relación E.T./ E M.	4	1	0.65	100	65.0	4.0	2.6	In	4
Sistema R.L.	3	1	0.6	100	60.0	3.0	1.8	In	3
Vínculos Emp-U.	3	1	0.35	100	35.0	3.0	1.1	In	3
Coberturas	2	1	0.25	100	25.0	2.0	0.5	In	2
Logística	2	1	0.65	100	65.0	2.0	1.3	In	2
Outsourcing	2	1	0.5	100	50.0	2.0	1.0	In	2
Normas ISO	2	1	1	100	100.0	2.0	2.0	In	2
Calidad materia p.	1	1	0.99	100	99.0	1.0	1.0	Ex	
Suma	100					100	40.3		68

NOTAS.-

a.-Peso Específico.- El Peso específico asignado con base en encuestas a expertos mexicanos de la industria.

b.- Valor del Líder.- Valores correspondientes a la mejor práctica o condición de cada país.

c.- Valor de México.- valores correspondientes a Petroquímica Cosoleacaque.

d.- Calificación del Líder.- Es 100 en todos los casos ya que se seleccionó la mejor práctica.

⁵⁵ El uso de este indicador es una propuesta de esta investigación. No encontramos referencias en la bibliografía que indiquen el empleo de un indicador similar.

- e.- Calificación de México.- Resultado de comparar la mejor práctica (b) con la de México (c).
- f.- Valor Ponderado del líder.- Resulta de multiplicar la columna a por la d y dividir entre 100.
- g.- Valor Ponderado de México.- Resulta de multiplicar a por e y dividir entre 100.
- h.- Tipo In corresponde a elementos endógenos a la empresa, mientras que los caracterizados como Ex son aquellos de naturaleza exógena y dependientes de agentes socioeconómicos diferentes a la empresa.
- Precio del gas.- El valor óptimo corresponde al precio del gas en Venezuela, cuadro 7.2.
- Desempeño Tecnológico.- Se refiere al consumo real de energía mostrado en el cuadro 7.4.
- Integración.- Se refiere a la integración vertical de la cadena productiva, que en el caso de México está desintegrada.
- Inversión en I.T. Inversión en Innovación Tecnológica como porcentaje de las ventas, cuadro 6.7.
- Estructura Org.- Estructura organizacional, se refiere al número de trabajadores por tonelada de amoníaco producida, figura 6.1.
- I y D.- Se refiere a la existencia de departamentos de Investigación y Desarrollo, o la vinculación con tecnólogos o proveedores de la cual resulta un aprendizaje tecnológico para la empresa.
- Utilización Cap. I. (Capacidad Instalada).- Véase figura 7.1, ubicación en la frontera productiva.
- Mercado L.D. (Local dinámico).- Se refiere a economías en crecimiento que demandan mayores volúmenes de producto para satisfacer su demanda.
- Alianzas Estrat. (Estratégicas).- Se califica con 1 cuando existen formalmente.
- Relación E.T./E.M. (Estrategia Tecnológica y Estrategia de Mercado).- Se califica la congruencia entre la orientación de mercado, tecnología y los objetivos estratégicos. En el caso particular vemos que la estrategia tecnológica y de mercado apuntan hacia esquemas basados en el empuje de la oferta, mientras que el ambiente competitivo requiere una estrategia basada en innovaciones tecnológicas radicales, integración aguas arriba de la cadena y flexibilidad operativa y financiera.
- Sistema R.L. (de recompensas laborales).- Se califica con 1 cuando existen procedimientos formales para identificar y premiar tanto esfuerzos cotidianos como acciones de cambio, o en su Vínculos Emp-U (Empresa-Universidad).- Se califica con 1 cuando existen formalmente.
- Coberturas.- Se califica con 1 cuando se emplean estrategias financieras exitosas de este tipo.
- Logística.- Se refiere a la capacidad de almacenar gas natural o amoníaco como parte de una estrategia de flexibilidad en la operación y del uso de trenes, terminales de almacenamiento y buques propios para distribución del producto.
- Outsourcing.- Se refiere al uso de compañías contratistas para desarrollar las funciones no estratégicas de la empresa. Se califica con 1 cuando existe y con 0 cuando no.
- Normas Sist ISO.- Se refiere a la existencia de certificados ISO. (En este caso 9002 y 14001).
- Calidad de la materia prima.- Se refiere al contenido de metano en el gas natural, que en muchos casos es de 99.8 por ciento de metano, mientras que en México es de 93 por ciento y en ocasiones menor, lo cual afecta porque al contener mayor etano, propano y butano tiene a su vez más capacidad calorífica, por lo que su costo es mayor. Además, se usa más vapor para mantener la relación vapor-carbón adecuada en el reformador primario, lo que incrementa los costos.

En el cuadro 7.13 observamos que en opinión de los entrevistados prevalecen los factores endógenos a la empresa para calificar su desempeño competitivo, a pesar del elevado valor que se le otorgó a aspectos exógenos como el precio del gas y a la integración de la cadena, en la ponderación global. Con base en lo anterior es posible afirmar que el deficiente desempeño competitivo alcanzado por los productores mexicanos ha sido resultado parcialmente de una inadecuada gestión tecnológica, pero que también han influido de manera determinante los factores externos que analizamos a continuación.

7.6. Los Sistemas Nacionales de Innovación (SI) y el aprovechamiento de las ventajas comparativas.

Diversas contribuciones en la literatura ubican al SI como un conjunto de agentes, instituciones, modelos culturales, valores y normas de comportamiento de la sociedad que determinan la velocidad y magnitud de los procesos de adquisición, generación, adaptación y difusión de conocimientos tecnológicos en los sectores productores de bienes y servicios (Rodríguez, 1998), y que proveen un ambiente en el que la forma y la implantación de las políticas públicas influyen en el proceso de innovación (Jasso, 1999). Este concepto se ha manifestado de formas diversas entre países, destacando los siguientes para el caso particular: el apoyo gubernamental británico a la ciencia en los siglos XVIII y XIX, las escasas trabas al comercio y la inversión así como la libre determinación de las fuerzas del mercado para moderar los precios de los bienes de consumo en los Estados Unidos, y el apoyo a la industria química por parte del gobierno alemán durante la década de 1920. En el caso de México observamos que el SI adolece de serias deficiencias en cuanto a las políticas destinadas al uso de los recursos naturales, y concretamente con respecto al gas natural. En los apartados siguientes esbozamos algunos de los aspectos puntuales más importantes relacionados con este insumo que pretenden señalar porqué el SI no está impulsando la competitividad empresarial de la industria petroquímica mexicana y concretamente de los productores de amoniaco en ese país.

7.6.1. Precio del gas natural.

El principal insumo para la elaboración del amoniaco es el gas natural. Su precio varía en cada país (cuadro 7.2) dependiendo de la política industrial particular. En Canadá, donde el gas natural asociado⁵⁶ al crudo es abundante, se mantiene una

⁵⁶ Se considera que el gas asociado es más económico que el de yacimientos, ya que su explotación no requiere de gastos de exploración por emerger junto con el crudo.

política de precio moderadamente bajo⁵⁷; en los Estados Unidos, debido al gran dinamismo de la industria del gas natural, a la existencia de una poderosa red de distribución y a su infraestructura de almacenamiento y a un mercado secundario bien desarrollado, el precio de este insumo es altamente volátil y se rige por los mecanismos de oferta y demanda. En Trinidad y Tobago existen abundantes yacimientos submarinos de gas, cuyo precio está indexado al del amoníaco; se ha buscado mantener el costo del gas en un nivel bajo (cuadro 7.3) con el afán de captar inversión en este tipo de industrias; por otra parte, Venezuela⁵⁸ es el productor que cuenta con los precios más bajos del continente debido a que explota su ventaja natural de abundancia de recursos petrolíferos, al igual que la Ex Unión Soviética, que desde 1997 prácticamente regala su gas natural, con el fin de proveerse de divisas. En nuestro país el precio del gas natural para la industria está ligado al de nuestro vecino del norte. Desde 1992 y hasta 1998 se consideró un descuento de 11 centavos como referencia para los productores mexicanos. A partir de 1999 se aplica un descuento diferencial de 22 centavos.

CUADRO 7.14

ESTRUCTURA DE PRECIO DE GAS NATURAL EN AMÉRICA, AÑO 2000.

Precio con respecto a México y reservas mundiales, en porcentaje, referido a octubre de 2000.

Pais	Característica del precio	México = 100 %	*% Mundial Reservas
FSU	Arbitrario	12.3	40.5
Venezuela	Arbitrario	10.2	2.8
Trinidad	Indexado al amoníaco	25.6	0.2
Canadá	Interorganismo	36.9	1.4
EUA	Muy volátil	104.5	3.3
México	Referenciado	100	1.4

Fuente: elaboración propia con base en Salomon Smith y Barney (* % de reservas es de 1997).

En México el precio del gas natural es alto comparado con los otros productores del continente, inclusive de aquellos que disponen de menores reservas como Trinidad y Tobago (cuadro 7.14). Es importante tomar en cuenta que en nuestro país el gas es asociado al crudo y que por carecer de la infraestructura de

⁵⁷ Las empresas más importantes productoras de amoníaco son también propietarias de pozos de gas natural y el precio se considera "interorganismo".

almacenamiento adecuada, se ventea a la atmósfera el excedente del consumo industrial, en porcentajes que se han incrementado notablemente durante los últimos años (véase cuadro 7.15).

CUADRO 7.15

GAS NATURAL ENVIADO A LA ATMÓSFERA EN MÉXICO, 1988-1999.

Gas total producido y enviado a la atmósfera en México, y porcentaje.

Año	Gas producido en México Miles de Millones de pies cúbicos (1)	Gas venteado Miles de Millones de pies cúbicos (2)	% venteado Porcentaje (2)/(1)*100
1988	3,478	118	3.4
1989	3,572	101	2.8
1990	3,652	89	2.4
1991	3,634	87.2	2.4
1992	3,584	89.5	2.5
1993	3,576	124	3.5
1994	3,625	118	3.3
1995	3,759	196	5.2
1996	4,195	403	9.6
1997	4,467	601	13.5
1998	4,791	660	13.8
1999	4,791	569	11.8

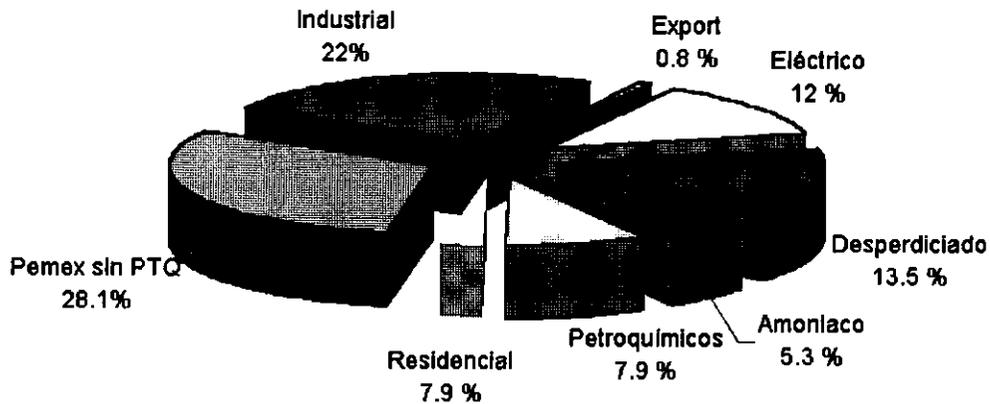
Fuente: Elaboración propia con base en la Memoria de labores de Pemex, varios años

7.6.2. Volumen de gas desperdiciado en México.

El volumen de gas venteado a la atmósfera es un desperdicio. Los elevados niveles de gas venteado representan el resultado de una mala administración, que se deriva de una planeación inadecuada y de la falta de coordinación de los programas de inversión en las instalaciones de crudo y en los sistemas de recolección, procesamiento y transporte (Lajous, A., 1983) cuyo posible impacto en la derrama económica aún no ha sido plenamente evaluado. La cantidad de gas natural que se ventea a la atmósfera en nuestro país es equivalente a todo el gas que consume la industria petroquímica (figura 7.4); supera la demanda del sector eléctrico y representa más del doble del consumo total de materia prima que requiere la industria del amoníaco.

⁵⁸ El gas de Trinidad se encuentra en yacimientos naturales, en manos de un oligopolio básicamente americano, mientras que en Venezuela el gas natural se encuentra en los yacimientos petrolíferos (gas asociado al petróleo), por lo que su costo es menor.

figura 7.4 Utilización del Gas natural en México por sectores, 1997
(Porcentajes)

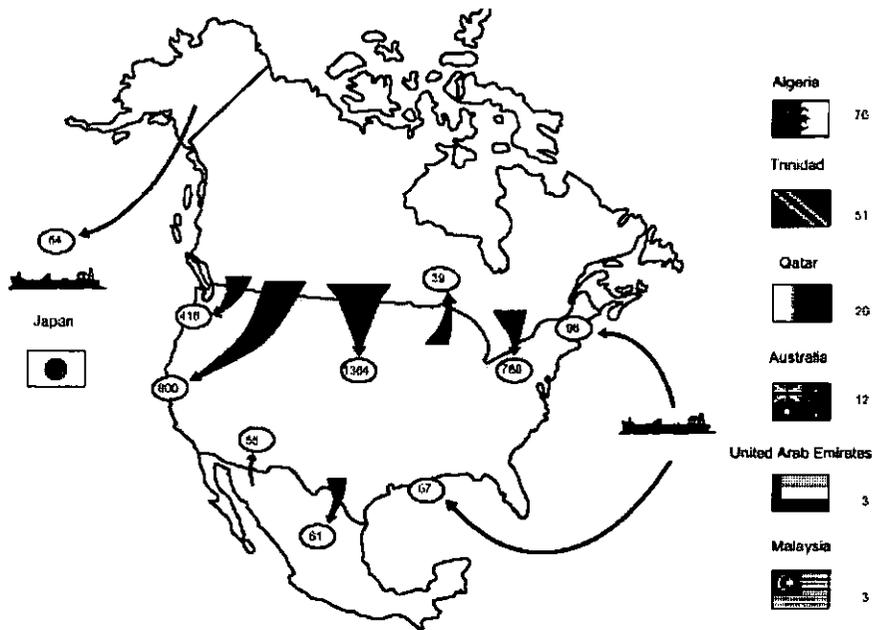


Fuente: Elaboración Propia con base en Pemex, Memoria de Labores (1997) y Secretaría de Energía, Documento Perspectivas del Gas Natural en México, 1997..

7.6.3. Dependencia de un mercado importador.

Otro rasgo notable que indica la deficiencia del SI mexicano en cuanto al apoyo para fortalecer los sectores empresariales estriba en el hecho de tener el gas natural referenciado a un país que es importador neto del insumo (EUA), y cuyas importaciones durante los últimos 13 años han ido en aumento, hasta alcanzar en 1999 el 16 por ciento de su volumen total consumido, equivalente a 3 mil 580 miles de millones de pies cúbicos, que representan más del 85 por ciento del gas natural empleado en México. Lo anterior significa que los consumidores mexicanos deben absorber los costos que entrañan la localización, perforación, extracción, purificación, compresión y envío por ducto del gas natural, desde otros países, fundamentalmente Canadá hasta dicho mercado (figura 7.5).

Figura 7.5 flujos de importación-exportación de gas natural en Estados Unidos



Fuente: Office of Fossil Energy, U.S. Department of Energy, *Natural Gas Imports and Exports*.

El volumen de importación de gas natural por los Estados Unidos se ha duplicado en la última década y muestra una tendencia claramente ascendente (cuadro 7.16), a tono con el crecimiento económico de ese país, lo cual impactará en el precio del insumo y tendrá una repercusión mayor en algunos sectores de la actividad manufacturera en México.

CUADRO 7.16

GAS NATURAL IMPORTADO EN ESTADOS UNIDOS, 1990-1999.

Volumen (en miles de millones de pies cúbicos diarios) consumido e importado y su porcentaje.

	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999
Consumo	18.7	19.03	19.54	20.27	20.7	21.58	21.96	21.97	21.26	21.36
Importación	1.53	1.77	2.14	2.35	2.62	2.84	2.93	2.99	3.15	3.58
Porcentaje	7.6	8.4	9.7	10.9	11.9	12.5	12.7	12.9	14.1	15.8

Fuente: elaboración propia con base en datos de *Energy Information Administration*.

7.6.4. Integración de la cadena productora.

En todo el mundo las plantas de amoníaco y urea están integradas verticalmente. Una sola compañía produce el amoníaco y los fertilizantes. El caso de México es la excepción, ya que corresponde a diferentes monopolios el suministro del gas

natural, la producción de amoníaco y la de urea, situación que contribuye a la pérdida de competitividad de los productores mexicanos.

7.6.5. Uso del anhídrido carbónico.

Como subproducto en la elaboración de amoníaco se obtiene anhídrido carbónico (bióxido de carbono o CO₂). Este compuesto tiene una variedad de usos; en su estado natural es un gas que se emplea principalmente para la fabricación de urea y que también puede utilizarse en la elaboración de refrescos y cervezas, para elaborar hielo seco, como agente limpiador, o para mejoramiento de suelos entre otros. El cuadro siguiente resume algunos de los usos que se ha dado al producto a nivel internacional y en México.

CUADRO 7.17
USOS DEL ANHIDRIDO CARBÓNICO
Utilización en el extranjero y México

Uso	En el extranjero	En México
Mejoramiento de suelos	Si	No
Producción de metanol	Si	No
Producción de ácido acético	Si	No
Producción de ácido fórmico	Si	No
Productos de Invernadero	Si	No
Recuperación secundaria de crudo	Si	No
Gases Industriales	Si	Si
Elaboración de urea	Si	Si
Producción de hielo seco	Si	Si
Industria alimenticia	Si	Si

Fuente: *Chemical Engineering e Hydrocarbon Processing*, varios números

En México, la mayor parte del anhídrido carbónico se empleaba en la fabricación de urea y desde que paralizó esta industria sus actividades, el principal consumidor es la industria refresquera, con más del 63 por ciento del volumen total a ventas. Al no existir otros mercados plenamente desarrollados se dispone de una gran cantidad excedente que se ventea a la atmósfera. El cuadro 7.18 representa el volumen de anhídrido carbónico enviado a la atmósfera en los últimos años.

CUADRO 7.18

ANHIDRIDO CARBÓNICO ENVIADO A LA ATMÓSFERA EN MÉXICO, 1991-1999.

Toneladas de CO₂ de Pecos a la atmósfera como porcentaje de las ventas

Año	Ventas (a)	A la atmósfera (b)	Total producido (c = a + b)	Razón Venteo (b)/(a)	% venteo (b)/(c)*100
1999	395,000	817,279	1,212,279	3.07	75.4
1998	795,785	1,395,604	2,191,389	1.8	63.7
1997	1,020,750	1,304,690	2,325,440	1.3	56.1
1996	1,031,916	1,671,279	2,703,195	1.6	61.8
1995	9,46,824	1,767,589	2,714,413	1.9	65.1
1994	927,438	1,787,665	2,715,103	1.9	65.8
1993	780,169	1,530,948	2,311,117	2.0	66.2
1992	993,213	2,040,829	3,034,042	2.1	67.3
1991	1,383,000	1,769,000	3,152,000	1.3	56.1

Fuente: Elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex, varios años.

Lo anterior significa que actualmente se considera al anhídrido carbónico como un desperdicio inevitable. Con el cese de actividades de los productores de urea, por cada tonelada de CO₂ vendida en México se han liberado 3 a la atmósfera, lo cual entraña pérdida económica y deterioro ambiental. Una alternativa importante al venteo de este producto es su utilización en la extracción de petróleo mediante procesos de recuperación secundaria de crudo en pozos agotados, lo cual implica que se eliminan los gastos asociados a la exploración y perforación de pozos nuevos y adicionalmente el empleo de todo el excedente que actualmente se libera a la atmósfera, con los consiguientes beneficios para productores de crudo y de amoníaco, práctica ampliamente usada en los Estados Unidos desde 1960, pero que para concretarse requieren del concurso de diversas instituciones, factor que al igual que los mencionados anteriormente, es dependiente del Sistema de Innovación.

Capítulo 8. Conclusiones.

Durante las últimas décadas y a contracorriente del discurso neoclásico convencional, diversos economistas han intentado explicar las mejoras en productividad no como consecuencia de agentes que operan en mercados de fácil acceso en los que la tecnología está disponible para todos, sino como el resultado de un proceso natural de "selección" en el que la competencia desempeña un papel crucial (Katz, 2000). En este contexto, las opciones tecnológicas viables para la empresa no están determinadas por agentes externos; son en cambio muy particulares en la medida en que resultan de su propia experiencia y, especialmente, de los logros y fracasos de sus "acciones de búsqueda" (Nelson, 1996 y Burachik, 2000). En esta perspectiva destaca el carácter tácito y acumulativo del conocimiento tecnológico que torna más difíciles los procesos de generación, imitación, adaptación y difusión, siendo fundamental el ambiente institucional que los rodea (Hounie y otros, 1999).

A tono con esta nueva teoría del crecimiento económico, podemos decir que la conclusión más importante de esta investigación es que la gestión tecnológica de la industria mexicana del amoniaco y el Sistema de Innovación en México han sido poco eficientes, lo que ha producido resultados de competitividad internacional cada vez menos satisfactorios. Esto ha sido así porque los elevados consumos de energía y los elevados precios de gas natural han ocasionado altos costos de producción, factor que a su vez ha provocado pérdidas de mercado incrementales, a contrapartida de la tendencia internacional mostrada por los líderes, cuya suma de actividades ha mostrado mejor desempeño tecnológico y de mercado.

Otras conclusiones son que las innovaciones desarrolladas en la industria mexicana del amoniaco han sido muy pocas y de tipo incremental. y han estado vinculadas fundamentalmente con cambios en la instrumentación, los sistemas organizacionales, los equipos y el proveedor principal de la tecnología de proceso; estas innovaciones han sido resultado de transferencias de tecnología,

fundamentalmente norteamericana y apuntan hacia un doble objetivo: incrementar la capacidad de producción, y reducir el consumo energético. Debemos señalar, no obstante, que para que la transferencia de tecnología hacia países en vías de desarrollo contribuya a incrementos en la productividad, se requiere de un nivel mínimo de formación de capital humano que permita beneficiarse positivamente de dicha transferencia (Xu, Bin, 2000). Hemos mostrado sin embargo, que las tecnologías que la industria mexicana apenas está adoptando, hace mucho dejaron de ser punta de lanza y actualmente están perdiendo espacio en los mercados más dinámicos: en concreto, empresas que hace 18 años iniciaron exactamente los mismos cambios que apenas se están conformando en la industria mexicana están hoy ofreciéndose en venta por no resultar competitivas en el cambiante escenario dominante actualmente.

A pesar de los esfuerzos realizados, en la empresa no se ha incorporado ninguna de las innovaciones tecnológicas más importantes (radicales) de esta industria. El recuento cuantitativo y cualitativo de las innovaciones mostrado en el capítulo VII que ilustra una actividad innovadora más intensa precisamente después de un período muy agudo de crisis identifica la gestión como del tipo reactivo tardío ante los cambios en las tendencias y los mercados mundiales.

El análisis de la gestión tecnológica de la empresa permite también observar que existe inconsistencia entre los planteamientos estratégicos principales y su estructura organizacional y los resultados competitivos alcanzados. Un análisis más riguroso resalta la incongruencia existente entre la estructura organizacional y los flujos esenciales de trabajo. Mientras el entorno actual exige unidades flexibles orientadas al mercado y la tecnología, la demografía laboral de la empresa revela esquemas orientados a la producción y mantenimiento de plantas en gran escala basadas en el empuje de la oferta, el cual es un aprendizaje cuya adquisición identifica una fortaleza pasada pero que delimita asimismo las opciones futuras de la empresa. También destacan por su ausencia los reconocimientos o promoción de actitudes y aptitudes innovadoras en el ambiente institucional analizado. La carencia de equipos o actividades de investigación y desarrollo han anclado la

trayectoria tecnológica a las capacidades para operar y dar mantenimiento a las plantas productoras, fomentando la dependencia tecnológica de su proveedor. Sabemos sin embargo, que la imitación tecnológica rara vez puede asegurar una diferenciación internacional en costos, productos y servicios, por lo que debe abandonarse su empleo como una solución estática - una receta- disponible en los anaqueles. Las empresas mexicanas de amoniaco, que llegaron a tener presencia importante en el mercado mundial en el cual han operado largo tiempo, tenían la ventaja, como empresas establecidas, de estar en mejor posición para innovar, por el acceso a un conjunto creciente de oportunidades innovativas y por la oportunidad para capitalizar cabalmente las ventajas técnicas obtenidas (Burachik, 2000, p88). Empero, observamos que, al igual que muchas firmas latinoamericanas, las mexicanas en particular actúan como tomadoras de precios, su poder de negociación es escaso y sus márgenes unitarios de utilidad sobre ventas son bajos y decrecientes.

Adicionalmente mostramos que las condiciones imperantes en el mercado internacional y el contexto irregular de privatización en México, que separó a subsectores de suyo complementarios como el del amoniaco y los fertilizantes, incidieron para agudizar este fenómeno. De manera importante destacan la baja demanda propiciada por la crisis asiática, la sobreoferta mundial de fertilizantes y los precios elevados de gas natural que caracterizaron al período de la investigación, destacando de manera relevante esta última variable porque incide directamente en el desempeño de diversos subsectores económicos. El incremento en el precio de referencia internacional del gas natural experimentado a partir del último semestre de 2000 es el detonador que magnifica los resultados competitivos y expone en su dimensión más cruda el problema de competitividad que aqueja a las empresas mexicanas productoras de amoniaco, que deben combatir en dos frentes: no tan solo encaran a empresas que operan en un ambiente de apertura económica total, sino que también deben arrostrar la competencia de empresas situadas en países con costos de materia prima muy por debajo de los suyos. Ante esta doble encrucijada, resalta el papel de los SI como palancas de apoyo sectorial.

En este sentido es importante señalar las dos mayores inconsistencias en las políticas de regulación del gas natural: en primer lugar, en México se desperdicia una cantidad superior al 10 por ciento del total producido y en segundo lugar, el mercado de referencia es un mercado de importación de gas natural, lo que en concreto significa que por una parte tiramos el gas natural a la atmósfera y por otra se lo vendemos caro a las empresas. En este punto vale la pena recordar que en materia de recursos naturales tratamos con una cuestión de equidad intergeneracional en presencia de incertidumbre e irreversibilidad (Azqueta y Sotelseck, 1999). Adicionalmente, observamos que el dinamismo internacional del subsector ha ido en decadencia en los últimos años, por lo que de acuerdo con los datos analizados, así como otras investigaciones, es posible sugerir que el subsector se encuentra en retirada, por lo que nuevas inversiones podrían tener un mayor impacto a largo plazo en la medida en que se orienten a desarrollar productos más adelante en la cadena, o de especialidades.

El ambiente altamente globalizado genera un medio que cataliza los ciclos de negocio. En los últimos años de esta investigación observamos que el equilibrio entre pocos entrantes y muchos salientes comienza a mostrar tasas de crecimiento negativas, vinculadas fuertemente con el usufructo de los recursos naturales. En México hace ya más de tres años que las campanas doblan por los productores de urea; de no generarse cambios radicales, en breve lo harán también por la industria del amoníaco.

Referencias

- Adler, P. y A. Shenbar, (1990), "Adapting your Technological Base: The Organizational Challenge", en *Sloan Management Review*, vol. 32, pp. 25 a 37.
- Azqueta, D. y D. Sotelsek, (1999), "Ventajas Comparativas y Explotación de los Recursos Ambientales", *Revista de la CEPAL*, vol. 68, pp. 115 a 134.
- Albernathy, W., (1985), "Innovation, Mapping the Winds of Creative Destruction", en *Research Policy*, vol. 14, pp. 3 – 22.
- Altimir, O., (1997), "Desigualdad, Empleo y Pobreza en América Latina: Efectos del Desajuste y del Cambio en el Estilo de Desarrollo", en *Desarrollo Económico*, vol. 37, pp. 3 – 29.
- Ammonia futures* (1980 - 1998), publicación trimestral de Ammonia Futures.
- Apl (1975); "A Brief History of Ammonia Production, from the early days to the present"; Publicado por The British Sulphur Corporation Limited.
- Archibugi, D. y J. Michie, (1997), "Technological Globalisation or National Systems of Innovation", en *Futures*, vol. 29, pp. 121 a 137.
- Basalla, G. (1988); "La Evolución de la Tecnología"; R.B.A. editores, México.
- Beltráo, R., (1966); "Management of Technology in Petrobras", Tesis de Maestría en Gestión Tecnológica, Alfred P. Sloan School of Management.
- Bi, X.,(2000) "Multinational enterprises, technology diffusion and host country productivity growth, *Journal of Development Economics* vol. 62, agosto 2000, pp. 477-493.
- Bonilla, S., (1992), "El Proteccionismo en México, y su Efecto en la Productividad de la Industria", en *México Hacia la Globalización*, pp. 27 - 48, Editorial Diana.
- Boskin, M. y L. Lau, (1996) "Contributions of R & D to Economic Growth", en Smith, B., y Barfield, C. (editors) "Technology, R y D and the Economy". The Brookings Institution.
- Burachik, G.,(2000) "Cambio Tecnológico y Dinámica Industrial en América Latina", *Revista de la Cepal*, No 71, agosto 2000, pp. 85-104.
- Burdick, L. y W. Lefler, (1983) "Petrochemicals for the Nontechnical Person", PenWell Publishing Company, EUA.
- Cadena, G., y varios (1986). "Administración de Proyectos de Innovación Tecnológica". Ediciones Gernika, UNAM y Conacyt.
- Clavijo, F. y S. Valdivieso, (1994). "La Industria Mexicana en el Mercado Mundial, Elementos Para Una Política Industrial." Fondo de Cultura Económica, México (2 tomos).
- Cohan, P., (1997) . "Los líderes en Tecnología". Prentice Hall.
- Corro, S. y J. Reveles, (1989), "La Quina, el Lado Oscuro del Poder", Editorial Planeta, México.
- Chan, W. y R. Mauborgne, (1997), "Managing in the Knowledge Economy", en *Harvard Business Review*, vol. 75, pp. 65 a 75.
- CRU, (2000), "Five Year Outlook Study. Ammonia, 1997-2002 ", Publicación de British Sulphur Consultants, Inglaterra.

- CRU, "Quarterly Market Analysis and Forecast", varios números, Publicación de British Sulphur Consultants, Inglaterra.
- Dewitt (1998) Petrochemical Outlook.
- Dosi, G. (1982). "Technological Paradigms and Technological Trajectories", en Research Policy, Vol. 11, pp. 147-162.
- Dosi, G; C. Freeman ; R. Nelson; G. Silverberg; y L. Soete; (editores) (1988). "Technical Change and Economic Theory". London: Pinter publishers.
- Dosi, G; K. Pavitt; L. Soete, (1993) "La Economía del Cambio Técnico y el Comercio Internacional", Conacyt, Secofi.
- Dosi, G; D. Teece. y J. Chytry (editores). (1998). "Technology, Organization and Competitiveness", Oxford University Press
- Drucker, P. (1988). "La Innovación y el Empresariado Innovador, la Práctica y los Principios". Editorial Hermes.
- Easterlin, Richard A. (1981). "Why isn't the World Developed?", en Journal of Economic History, march, 47(1): p. 1-19.
- Escorsa, P., (1990) "La Gestión de la Empresa de Alta Tecnología", Ariel Economía.
- Eschenbrenner, G., y R. Multhaup, (1992) "Technology's Harvest", Gulf Publishing Company, EUA.
- Fairbanks, M., y S. Lindsay, (1999) "Arando en el Mar", McGraw-Hill Interamericana, México.
- Fertecon, (1980 - 2000) publicación trimestral de Fertecon.
- Fertilizer Markets Bulletin, Publicación Semanal de British Sulphur Co.
- Forbes, N., y D. Wield, (2000), "Managing R & D in Technology Followers", en Research Policy vol. (29) de 2000, pp. 1095-1109.
- Freeman, C. y L. Soete, (editores), (1990) "New Explorations in the Economics of Technical Change", Cambridge University Press.
- Freeman, C., (1987). "Technology Policy and Economic Performance", Pinter Publishing, London.
- Freeman, C. y L. Soete, (1997). "The Economics of Industrial Innovation". London: Penguin.
- Freund, J. y F. Williams, (1979), "Elementos Modernos de Estadística Empresarial", Prentice-Hall, España.
- Gibson, R., (editor), (1997) "Repensando el Futuro", Grupo Editorial Norma, México.
- Gosnell J., y R. Strait, KAAPplus -The Next Step in Ammonia Technology", presentado en ThBritish Nitrogen 2000 Conference, Viena, Austria, marzo de 2000.
- Green Markets Report, Publicación Semanal de Pike & Fisher, Inc.
- Greiner, L., (1998), "Evolution and Revolution as Organizations Grow", en Harvard Business Review, mayo - junio 1998, pp. 55 a 67.
- Hamel, G. y C.K. Prahalad, (1995). Compiendo por el Futuro, Ariel Sociedad Económica.
- Hayes, R. y M. Maidique (1984) "The Art of High Technology Management", en Sloan Management Review, invierno 1984, pp. 17-31.

- Henderson, B. (1991), "The Origin of Strategy", en Porter, M. y C. Montgomery Strategy: Seeking And Securing Competitive Advantage, pp. 3 -10 , Harvard Business Review Book Series.
- Howells, J., (editor), (1997) "Technology, Innovation and Competitiveness", Edward Elgar Publishing.
- Hounie, A., L. Pittaluga, G. Porcile y F. Scatolini, (1999) "La Cepal y las nuevas teorías del crecimiento", en Revista de la Cepal número 68, agosto de 1999.
- Inside F.E.R.C.S., Gas Market Report, Publicación mensual de The McGraw-Hill Companies, inc.
- Jasso, J. y A. Torres, (1997). "Aprendizaje Tecnológico y Competitividad en las Industrias de Autopartes y Petroquímica en México", en Documentos de Trabajo del CIDE, D- 70, CIDE, México.
- Jasso, J., (1997). "La competitividad Internacional Empresarial: Intensidad Patentadora y de Mercado", en revista Espacios.de Caracas, Venezuela. número 1, Volumen 18.
- Jasso, J., (1999) "Los Sistemas de Innovación Como Mecanismos de Innovación y de Transferencia Tecnológica", Documentos de Trabajo del CIDE, DAP76, CIDE, México.
- Katz, J. (2000), "Cambios Estructurales y Productividad en la Industria Latinoamericana", Revista de la Cepal, No 71, agosto 2000, pp. 65-84.
- Katz, J. y B. Kosakoff, (1998), "Aprendizaje Tecnológico, Desarrollo Institucional y la Microeconomía de la Sustitución de Importaciones", en Desarrollo Económico, vol. 37, pp. 483 - 501
- Katz, J. (1994), "Tecnología, Economía e Industrialización Tardía", en Salomon, J; Sagasti, F. y C. Sachs, (compiladores), (1994). "Una búsqueda incierta: Ciencia, Tecnología y Desarrollo". Fondo de Cultura Económica.
- Landau, N. Rosenberg y D. Mowery, (1992), "Successful Commercialization in the Chemical Industries, en Technology and The Wealth of Nations, Cambridge University Press.
- Lajous, A., (1983), "La Explotación del Gas Natural", en Problemas del Sector Energético en México, pp. 107 - 130, El Colegio de México
- Le Blanc, J.R., D. Moore y R. Schneider, (1982) "Retrofits can reduce energy consumption in ammonia manufacture for substantial savings", presentado en The Industrial Energy Conservation Technology Conference, Houston, 4-7 abril, 1982.
- Le Blanc, J.R., (1984) "Make ammonia with less energy", en Hydrocarbon processing, julio 1984.
- Maquiavelo, N.; (1999). "El Príncipe". 3ª Edición. Grijalbo.
- Marcovitch, J.,(1990) "Conceptos Generales de Gestión tecnológica", CINDA.
- Mattar, J., (1994), "La Competitividad de la Industria Química", en La Industria Mexicana en el Mercado Mundial, tomo II, Fondo de Cultura Económica, México.
- McClelland, D. y D. Burnham, (1995), "Power is the Great Motivator", en Harvard Business Review, sept - oct 1994, pp. 126 a 139

- Mowery, D; R. Landau ; N. Rosenberg, (editores), (1989) "Technology and the Wealth of Nations", Stanford University Press.
- Nelson, R., (1990), "The U.S. Technological Leadership: where did it go?", en Research Policy, vol. 9, pp. 117- 132
- Nelson, R. (1996). "The Sources of Economic Growth". Harvard University Press.
- Nitrogen y Methanol (1999), Nitrogen y Metanol No 237, Enero - febrero 1999.
- OECD, (1992), "Sectorial Patterns of Technical Change", en Research Policy, vol. 13, pp. 343 - 373
- Othmer, K., (1961) "Enciclopedia de Tecnología Química". Uthea.
- Pakdaman, N. (1984) "Historia de las Ideas Acerca del Desarrollo", en Salomón et al (1984) Una Búsqueda Incierta, Ciencia, Tecnología y Desarrollo, FCE.
- Pavitt., K., (1984), "Sectorial Patterns of Technical Change", en Research Policy, vol. 13, pp. 343 - 373
- Pavitt, K. (1995), "Key Characteristics of Large Innovating Firms," en Stoneman, P. "Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change", Blackwell Publishers.
- Pemex (1986) Anuario Estadístico, PEMEX, México.
- Pemex (1962 - 1999) Memoria de Labores, PEMEX, México.
- Pemex, (1987), "La Transformación Industrial del Petróleo en México", PEMEX, México.
- Pérez, C.;(1996), "La Modernización Industrial en América Latina y la Herencia de la Sustitución de Importaciones", en revista Comercio Exterior, mayo de 1996.
- Pérez, C; (1992), "Cambio Técnico, Reestructuración Competitiva y Reforma Institucional en los Países en Desarrollo", en revista El Trimestre Económico, Fondo de Cultura Económica, México, Vol. LIX (1), enero - marzo de 1992
- Porter, M. (1996), "What is Strategy?", en Harvard Business Review, vol. 74, pp. 61 a 78
- Porter, M. (1990). "The Competitive Advantage of Nations". Free Press, New York.
- Poten y Partners (1988) Oil literacy.
- Ramo, S. (1985). "Empresas Generadoras de Tecnología", editorial Limusa, México.
- Rodríguez, O., (1998), "Aprendizaje, Acumulación, Pleno Empleo: Las tres Claves del Desarrollo", en Desarrollo Económico, vol. 38, pp. 771 - 795
- Rosenberg, N. (editor), (1989) "Technology and the pursuit of Economic Growth", Cambridge University Press.
- Rosenberg, N; (editor), (1979) "Economía del Cambio Técnico", Fondo de Cultura Económica, México.
- Rosenberg, N.; (1994). "Exploring the black box, technology, economics and history". Cambridge University Press.
- Rueda, I. y varios (1994), "Tras las Huellas de la Privatización: El Caso de Altos Hornos de México", Siglo XXI.
- Salomon, Smith S. y Barney (Mayo, 1998) Global Equity Research, Energy y Chemicals.

- Salomon, J; F. Sagasti, y C. Sachs, (compiladores), (1994). "Una búsqueda incierta: Ciencia, Tecnología y Desarrollo". Fondo de Cultura Económica, México.
- Samuelson, P. y W. Nordhaus, (1995). "Economics", 15th edition, McGrawhill.
- Schneider, B., (1999), "Las Relaciones Entre el Estado y las Empresas y sus Consecuencias para el Desarrollo", en Desarrollo Económico, vol. 39, pp. 45 – 73.
- Schumpeter, J.; (1942). "Capitalism, Socialism and Democracy", Nueva York, Harper y Row.
- Schumpeter, J.; (1928) "La Inestabilidad del Capitalismo", en Rosenberg, N; (editor), (1979) "Economía del Cambio Técnico", Fondo de Cultura Económica, México.
- Sharp, M. (1995), "Innovations in the Chemical Industry", en Stoneman, P. "Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change", Blackwell Publishers.
- Smith, B., y C. Barfield, (editors), (1996). "Technology, R y D and the Economy". The Brookings Institution, Washington, D.C.
- Solís, M., (1992), "Política de Sustitución de Importaciones vs. Economía Abierta", en México Hacia la Globalización, pp. 17 - 26, Editorial Diana.
- Solleiro, J. y C. Del Valle, Coordinadores, (1996), "El Cambio Tecnológico en la Agricultura y las Agroindustrias en México". Siglo XXI Editores.
- Solow, R., (1997). "Learning from Learning by doing, Lessons for Economic Growth", Stanford University Press.
- SRI International (1992), Chemical Economics Handbook.
- Stalica, S. (1999) " Optimize Ammonia Production", en Hydrocarbon processing, julio 1999.
- Stoneman, P. (editor), (1995), "Handbook of the Economics of Innovation and Technical Change", Blackwell Publishers Ltd.
- Sun Tzu, El Arte de la Guerra, Traducción de F. Arbeláez, (1990), Electra editores, Colombia.
- Teece, D. y G. Pisano (1998) "The Dinamyc Capabilities of Firms: an Introduction", en Dosi, G., y D. Teece, (1998) Technology, Organization and Competitiveness, Perspectives on Industrial and Corporate Change, Oxford University Press, pp. 193-212.
- Teece, D., (1977), "Profiting From Technological Innovation", en Research Policy , vol. 15, pp. 285 – 305.
- Teitel, S. y L. Westphal, (compiladores). (1984). "Cambio Tecnológico y Desarrollo Industrial". Fondo de Cultura Económica, México.
- Thusman, M. y C. Oreilly III, (1997). "Innovación". Prentice Hall, México.
- Twiss, B., y M. Goodridge, (1989) "Managing Technology for Competitive Advantage ", Pitman Publishing .
- Vogelsang, I., (1998), "Optimal Price Regulation for Natural and Legal Monopolies", en Economía Mexicana, Nueva Epoca, vol. 3, pp. 5 – 43.
- Wheat, Z. (editor), (1997), Mergers, aquisitions and Joint ventures in the Fertilizer industry, 1995-1996, publicación de Green Markets, a cargo de Pike & Fisher, Inc.

Sitios Web Consultados

Anuario Estadístico de Pemex: http://www.pemex.com/estadis_99.html

Hydrocarbon Processing: <http://www.hydrocarbonprocessing.com>

Chemical Engineering: <http://www.che.com>

Chemical Week: <http://www.chemweek.com/>

OECD: <http://www.oecdwash.org>

FAO: <http://www.fao.org>

US Government Sharing Project <http://govinfo.kerr.orst.edu/>

FINDS AMMONIA y METHANOL <http://www.finds.net>

SECOFI: <http://www.secofi-siem.gob.mx/siem1999>

Infosel : <http://Infosel.com.mx>

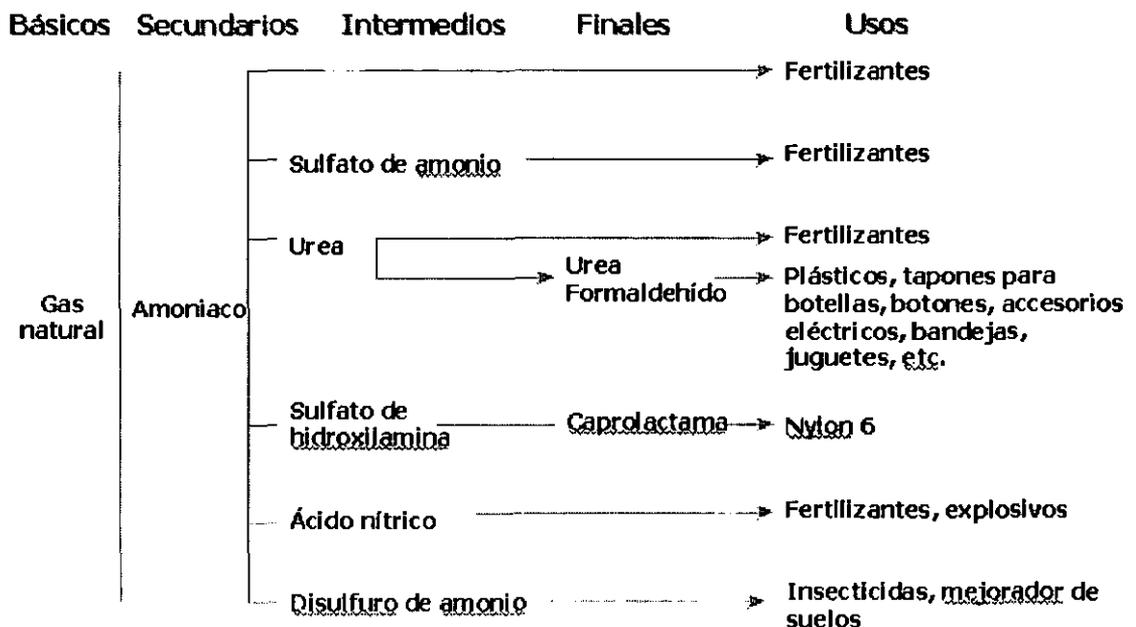
El Financiero: www.elfinanciero.com.mx

El Economista: www.economista.com.mx

La Jornada: <http://serpiente.dgsca.unam.mx/jornada>

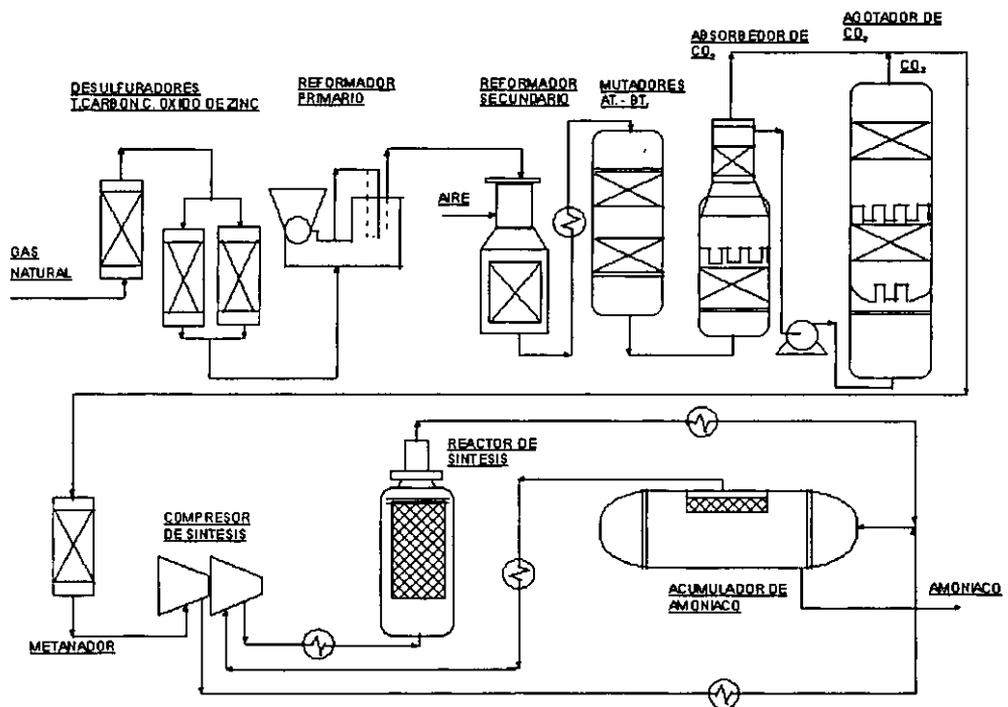
Universidad de Waterloo: <http://motinfo.uwaterloo.ca>

Anexo 1-A. Usos Del Amoniaco



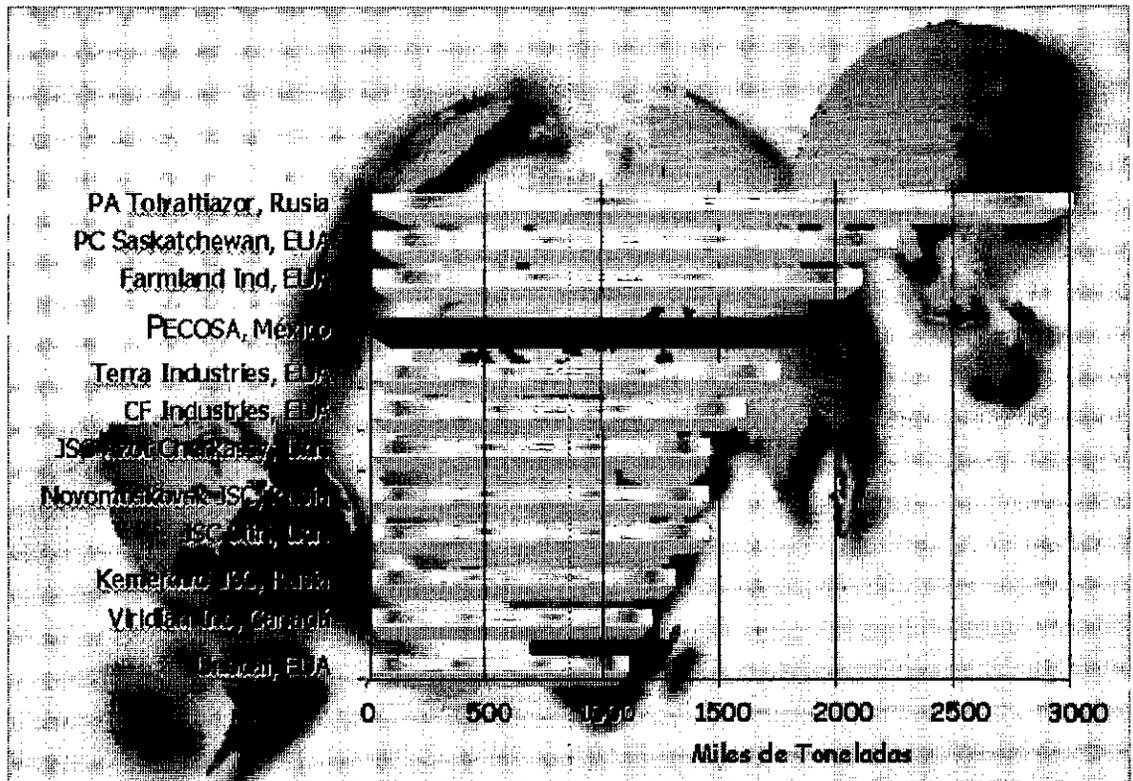
Fuente: elaboración propia

Anexo 4 A. Diagrama del proceso convencional Haber-Bosh de obtención de amoniaco



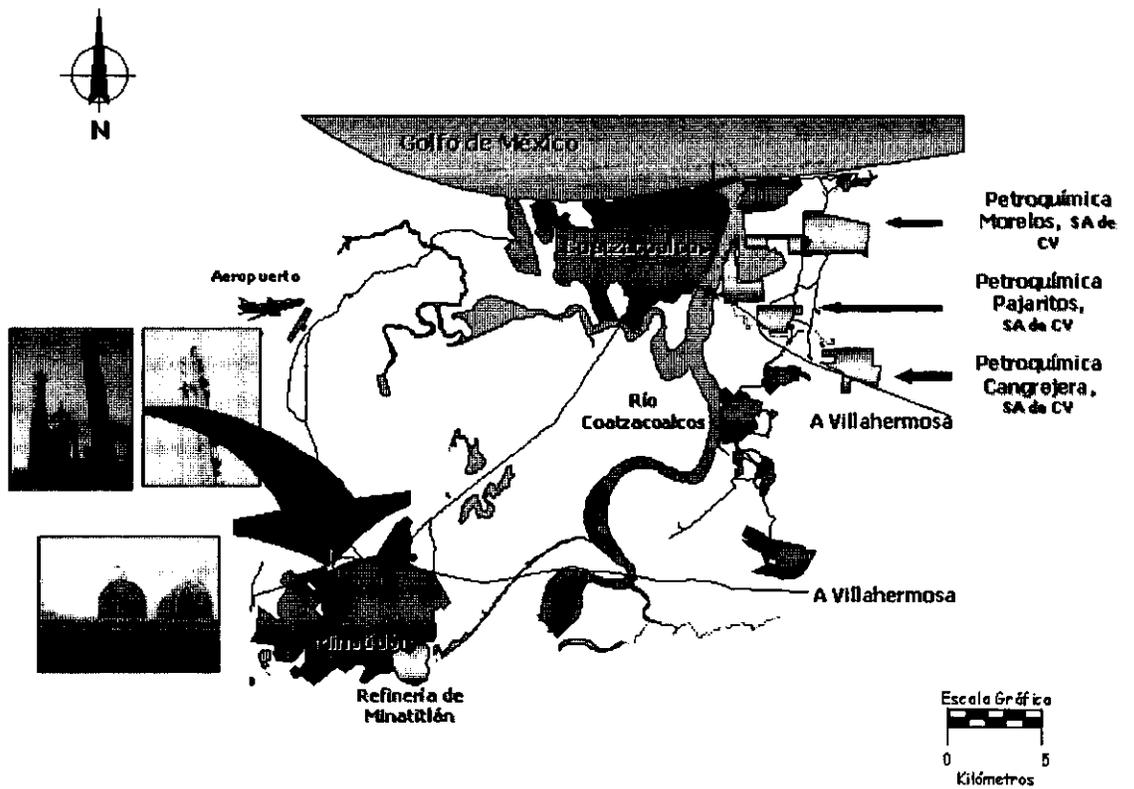
Fuente: elaboración propia con base en Ammonia Process Handbook, M.W. Kellogg Company.

Anexo 6 A. Capacidad de producción de amoníaco de las principales empresas.



Fuente: elaboración propia con base en IFDC, Worldwide ammonia capacity listing by plant, 1998.

Anexo 6 B. Localización de la empresa.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 6 C. Premios y reconocimientos obtenidos.



**Certificación
ISO-9002**



**Certificado de
Industria Limpia**



**Premio Veracruz a la
Calidad 1998**



**Premio Nacional de
Seguridad 1997**

"1999-CERTIFICACIÓN DEL SISTEMA DE ADMINISTRACIÓN AMBIENTAL ISO-14001"



Fuente: elaboración propia con base en datos de la empresa.

Anexo 6D y 6E. Misión, Visión y Política de Calidad

Misión:

Elaborar, distribuir y comercializar productos petroquímicos derivados del gas natural, con los más altos estándares de calidad y suministro confiable, a precios competitivos.

Mantener fuentes de empleo, en un entorno de cuidado al medio ambiente y la salud ocupacional.

Proporcionar una rentabilidad justa a nuestros accionistas.

Visión

Crecer y desarrollarnos con responsabilidad.

Consolidar nuestra presencia en el mercado internacional.

Lograr la excelencia, con el propósito de mantenernos como una empresa de clase mundial.

Política de calidad

En Petroquímica Cosoleacaque, S.A. de C.V., estamos comprometidos a mantener el sistema de aseguramiento de calidad bajo los criterios de la norma ISO-9002, con la finalidad de satisfacer los requerimientos de los clientes.

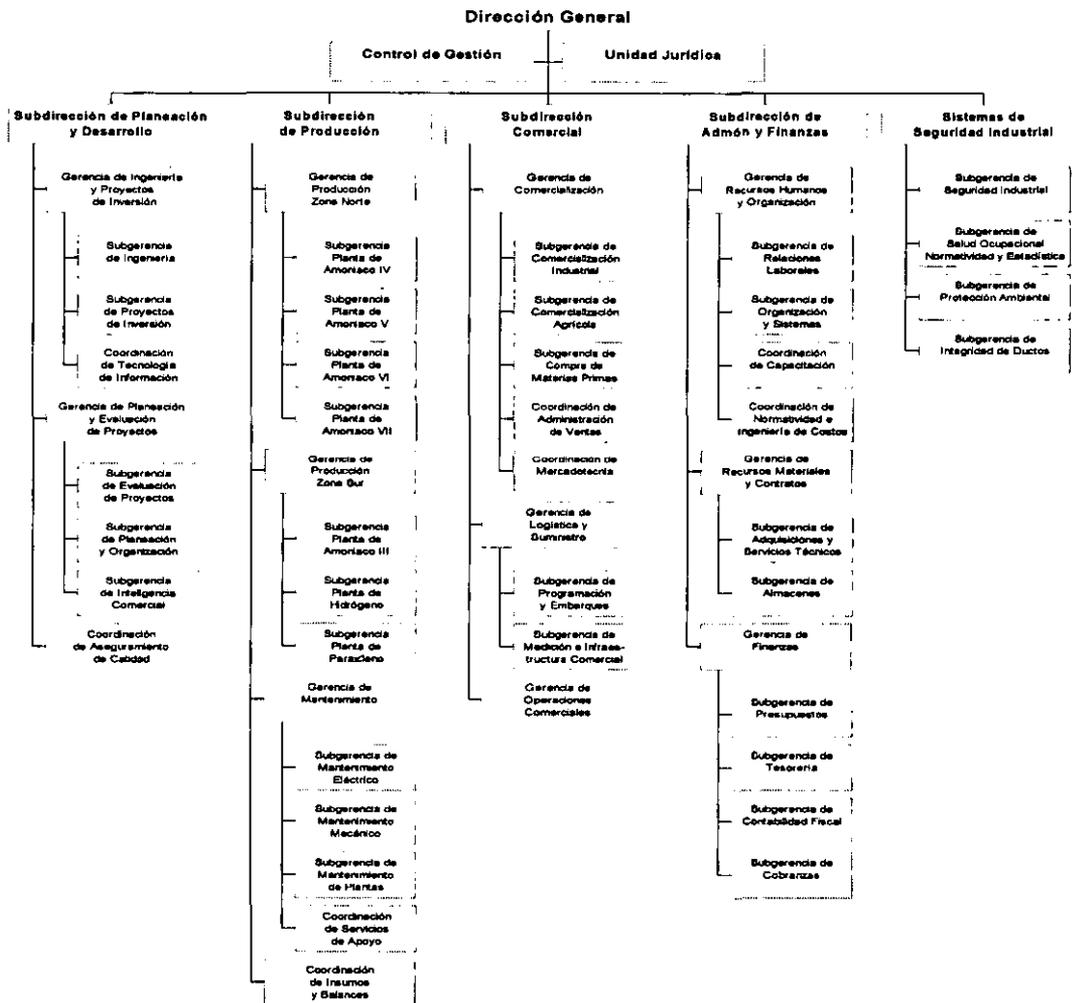
Nuestro objetivo es posicionarnos como una empresa altamente competitiva a través de la mejora de sus procesos y productos, dentro de una marco de seguridad y preservación del medio ambiente. Consolidar nuestra presencia en el mercado internacional.

Anexo 6 F. Empresas filiales de Pemex Petroquímica.



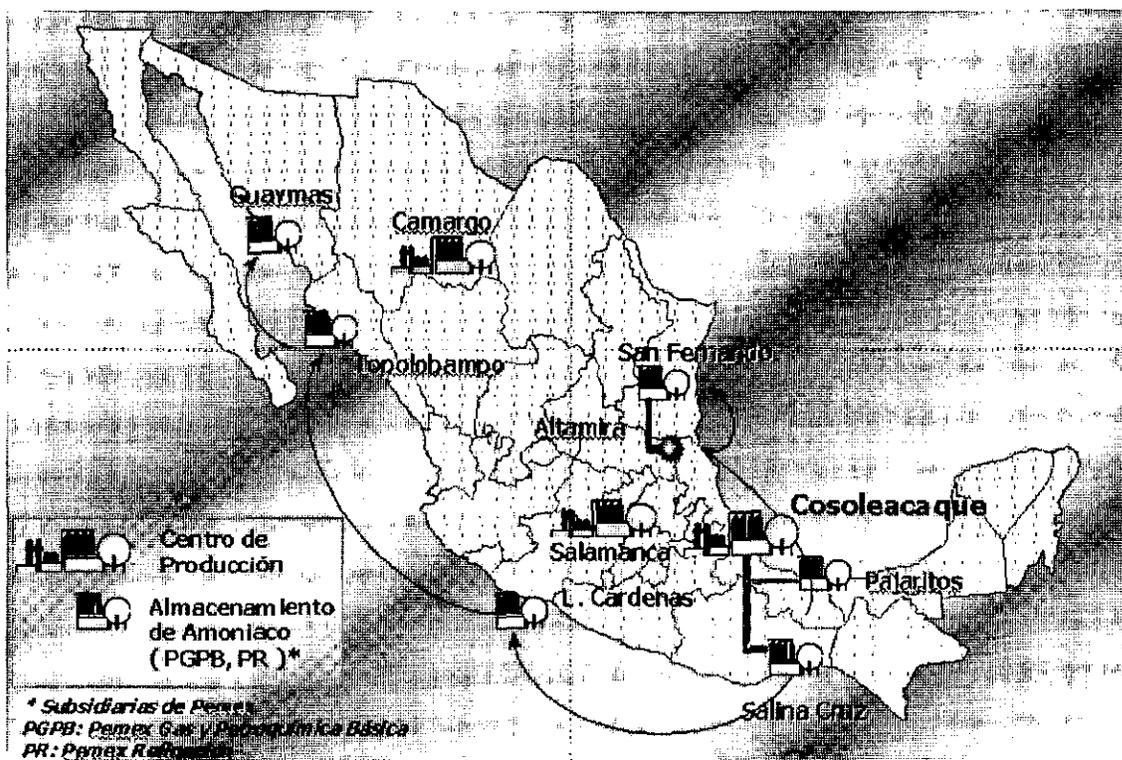
Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de labores de Pemex.

Anexo 6 G. Organigrama de Petroquímica Cosoleacaque



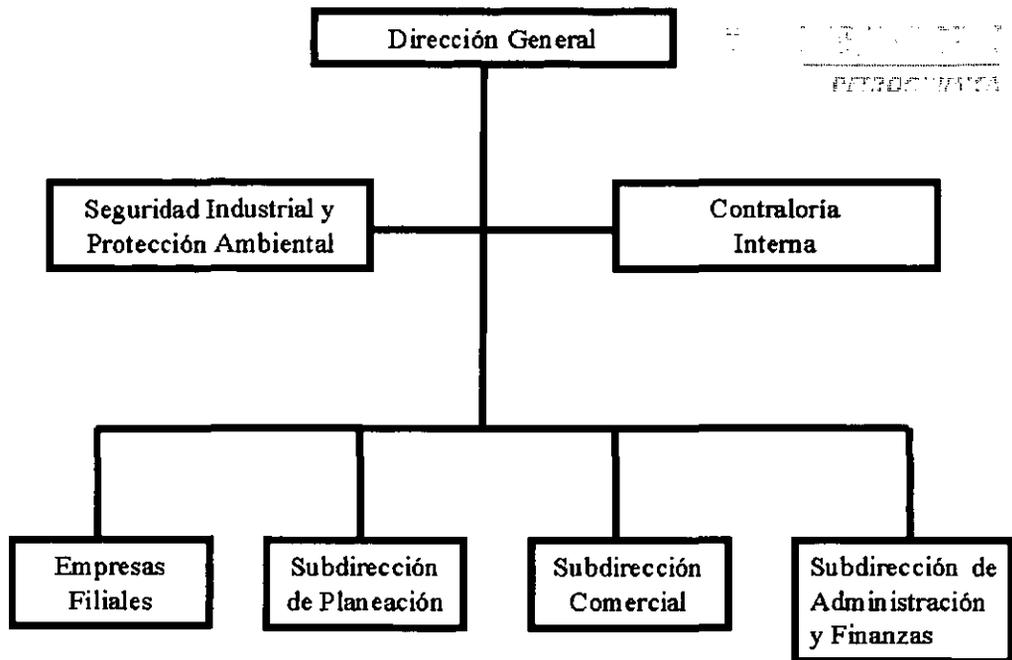
Fuente: elaboración propia con base en datos de la empresa.

Anexo 6 H. Terminales de almacenamiento y distribución de amoniaco.



Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex, 1999.

Anexo 6 I. Organigrama de Pemex Petroquímica



Fuente: elaboración propia con base en la Memoria de Labores de Pemex, 1999.

Anexo 7 B. Cálculo del Coeficiente de Correlación de Pearson. Valores.

Siendo "y" el consumo energético (MMBtu/St) y "x" la participación de mercado (%):

País	N	X	y	x²	y²	x*y	Año
Venezuela	1	2.57	36.9	7	1362	95	1990
Venezuela	2	2.06	36.9	4	1362	76	1991
Venezuela	3	1.81	36.9	3	1362	67	1992
Venezuela	4	2.51	36.9	6	1362	93	1993
Venezuela	5	2.26	36.9	5	1362	83	1994
Venezuela	6	2.55	36.9	6	1362	94	1995
Venezuela	7	2.56	36.9	7	1362	95	1996
Venezuela	8	2.61	36.9	7	1362	96	1997
Venezuela	9	2.17	36.9	5	1362	80	1998
Venezuela	10	3.42	36.9	12	1362	126	1999
Trinidad y Tobago	11	7.00	35.1	49	1232	246	1990
Trinidad y Tobago	12	7.29	35.1	53	1232	256	1991
Trinidad y Tobago	13	7.01	35.1	49	1232	246	1992
Trinidad y Tobago	14	6.85	35.1	47	1232	240	1993
Trinidad y Tobago	15	7.37	35.1	54	1232	259	1994
Trinidad y Tobago	16	7.20	35.1	52	1232	253	1995
Trinidad y Tobago	17	7.85	35.1	62	1232	275	1996
Trinidad y Tobago	18	7.55	35.1	57	1232	265	1997
Trinidad y Tobago	19	9.43	32.8	89	1076	309	1998
Trinidad y Tobago	20	9.26	32.8	86	1076	304	1999
Canadá	21	14.09	31.2	199	973	440	1990
Canadá	22	13.79	31.16	190	971	430	1991
Canadá	23	13.86	31.16	192	971	432	1992
Canadá	24	15.98	31.16	255	971	498	1993
Canadá	25	15.54	31.16	241	971	484	1994
Canadá	26	16.03	31.16	257	971	500	1995
Canadá	27	16.05	31.16	257	971	500	1996
Canadá	28	16.96	31.16	288	971	528	1997
Canadá	29	16.38	31.16	268	971	510	1998
Canadá	30	17.57	31.16	309	971	547	1999
Estados Unidos	31	58.43	31.2	3414	973	1823	1990
Estados Unidos	32	58.04	31.16	3369	971	1809	1991
Estados Unidos	33	59.80	31.16	3576	971	1863	1992
Estados Unidos	34	58.91	31.16	3470	971	1836	1993
Estados Unidos	35	57.56	31.16	3313	971	1793	1994
Estados Unidos	36	56.49	31.16	3191	971	1760	1995
Estados Unidos	37	56.68	31.16	3213	971	1766	1996
Estados Unidos	38	56.84	31.16	3231	971	1771	1997
Estados Unidos	39	56.97	31.16	3246	971	1775	1998
Estados Unidos	40	56.76	31.16	3221	971	1769	1999
México	41	10.00	36.9	100	1362	369	1990
México	42	10.16	36.9	103	1362	375	1991
México	43	9.86	36.9	97	1362	364	1992
México	44	8.24	36.9	68	1362	304	1993
México	45	9.07	36.9	82	1362	335	1994
México	46	8.46	36.9	72	1362	312	1995
México	47	7.67	36.9	59	1362	283	1996
México	48	6.17	37	38	1362	228	1997
México	49	6.01	36.9	36	1362	222	1998
México	50	4.26	36.9	18	1362	157	1999
Ex Unión Soviética	51	2.13	35.26	5	1243	75	1990
Ex Unión Soviética	52	3.52	35.26	12	1243	124	1991
Ex Unión Soviética	53	2.69	35.26	7	1243	95	1992
Ex Unión Soviética	54	2.33	35.26	5	1243	82	1993
Ex Unión Soviética	55	3.09	35.26	10	1243	109	1994
Ex Unión Soviética	56	4.21	35.26	18	1243	148	1995
Ex Unión Soviética	57	4.07	35.26	17	1243	144	1996
Ex Unión Soviética	58	4.63	35.26	21	1243	163	1997
Ex Unión Soviética	59	4.11	35.26	17	1243	145	1998
Ex Unión Soviética	60	3.4	35.26	11	1243	118	1999
Total	60	948	2,060	37,157	71,09	30,544	

Anexo 7 B. Continuación.....

Los datos del cuadro se tomaron de Fertecon, ammonia futures, finds, FMB, varios números.

Del cuadro anterior obtenemos los datos siguientes:

$$n = 60$$

$$\begin{aligned} \sum x &= 948 \quad ; \quad \sum x^2 = 37,157; \quad (\sum x)^2 = 898,870 \\ \sum y &= 2060 \quad ; \quad \sum y^2 = 71,096.5; \quad (\sum y)^2 = 4,244,753 \\ \sum xy &= 30,544 \quad ; \end{aligned}$$

$$r = \frac{n(\sum xy) - (\sum x)(\sum y)}{\sqrt{[n(\sum x^2) - (\sum x)^2] * [n(\sum y^2) - (\sum y)^2]}} \quad (1)$$

Sustituyendo datos en la ecuación (1)

$$r = -0.721$$

$$r^2 = 52 \%$$