

5
25



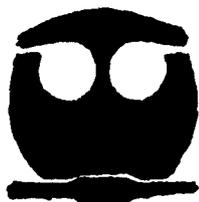
UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

**ANALISIS DE ELEMENTOS BASICOS DEL PAPEL
DE LOS ENERGETICOS EN EL DESARROLLO
INDUSTRIAL Y ECONOMICO DE MEXICO.**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
ALEJANDRO AGUIRRE PORTILLO**



MEXICO, D. F.

1995

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis 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.

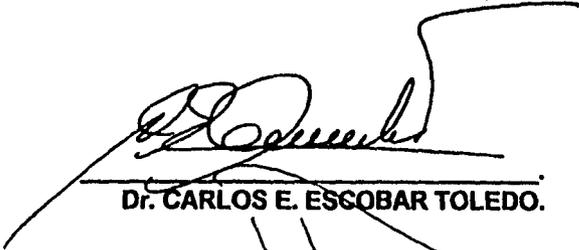
JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Prof.: EDUARDO ROJO Y DE REGIL.
VOCAL: Prof.: CARLOS E. ESCOBAR TOLEDO.
SECRETARIO: Prof.: ENRIQUE BAZUA RUEDA.
1ER. SUPLENTE: Prof.: JOSE AGUSTIN TEXTA MENA.
2DO. SUPLENTE: Prof.: VICENTE AGUSTIN BARCENA IBARRA.

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

**DEPARTAMENTO DE ADMINISTRACION INDUSTRIAL,
FACULTAD DE QUIMICA, U.N.A.M.**

ASESOR DEL TEMA:



Dr. CARLOS E. ESCOBAR TOLEDO.

SUSTENTANTE:



ALEJANDRO AGUIRRE PORTILLO.



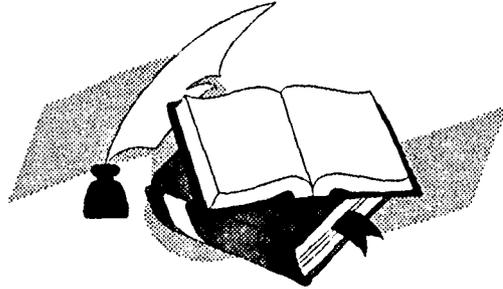
A tí madre como un pequeño agradecimiento a tu dedicación, paciencia y amor a lo largo de tantos años y sin los cuales no habría realizado este sueño.

A mis hermanos: Martha y Jorge, Erika y Arnoldo, Sandra, Francisco y Ulises por compartir conmigo su vida, sus risas y sus llantos; por ser el mejor ejemplo que puedo tener al darme la oportunidad de aprender diariamente algo de cada uno de ustedes; porque sin su amor, esfuerzo y apoyo constantes hoy no estaría aquí.

A mi abuelo Manuel, que siempre vivirá en mi corazón porque me enseñó a comprometerme con la vida.

A tí Sabrina, porque das sentido a mi vida y por tu apoyo para llegar hasta el final de este proyecto.

A Bárbara, Yolanda, José Antonio, Armando y Rafael, porque la distancia y el tiempo no pueden borrar algo que es más que amistad.



A mis amigos de la Facultad, con quienes compartí inolvidables éxitos, alegrías y sinsabores durante la carrera. Por su amistad...

A todas las personas que he encontrado al andar mi camino y han contribuído de alguna manera al logro de este objetivo.

Al Dr. Carlos E. Escobar Toledo por haber aceptado dirigirme en el desarrollo de este trabajo, por su ayuda. Gracias...

Al H. Jurado.

A mis maestros y compañeros de la Facultad de Química.

A la Universidad Nacional Autónoma de México y particularmente a la Facultad de Química como un reconocimiento y pago simbólicos por la oportunidad que me brindaron.

A México...

INDICE.

	pág.
RESUMEN.	xxi
INTRODUCCION.	
EXPOSICION DE MOTIVOS.	xxiii
OBJETIVOS.	xxiv
CAPITULO 1. ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.	
1.1. INTRODUCCION.	1
1.2. ENERGIA Y DESARROLLO ECONOMICO.	2
1.3. ¿QUE ES LA ENERGIA?	4
1.4. PRINCIPALES FORMAS DE ENERGIA.	7
1.5. FUENTES DE ENERGIA.	9
CAPITULO 2. LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.	
2.1. INTRODUCCION.	11
2.2. PANORAMA ENERGETICO NACIONAL, 1982 - 1993.	
2.2.1. RESERVAS PROBADAS DE COMBUSTIBLES FOSILES.	13
PETROLEO.	14
GAS NATURAL.	14
CARBON.	16

2.2.2. PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA.	16
2.2.3. IMPORTACION DE ENERGIA.	18
2.2.4. EXPORTACION DE ENERGIA.	19
2.2.5. CONSUMO DE ENERGIA.	20
2.3. IMPORTANCIA DE LA ENERGIA EN LA ECONOMIA NACIONAL Y PRINCIPALES SECTORES CONSUMIDORES.	22
SECTOR ENERGETICO: AUTOCONSUMO.	22
SECTOR TRANSPORTE.	23
SECTOR INDUSTRIAL.	24
SECTOR RESIDENCIAL, COMERCIAL Y PUBLICO.	26
SECTOR AGROPECUARIO.	26
2.4. PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL, 1982 - 1993.	
2.4.1. RESERVAS PROBADAS DE COMBUSTIBLES FOSILES. ..	27
PETROLEO.	27
GAS NATURAL.	28
CARBON.	28
2.4.2. PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA.	29
2.4.3. CONSUMO DE ENERGIA.	
ENERGIA PRIMARIA.	30
ENERGIA SECUNDARIA.	31
CAPITULO 3. IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.	
3.1. INTRODUCCION.	33
3.2. USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.	
3.2.1. CONSERVACION DE LA ENERGIA.	36
3.2.2. USO RACIONAL DE LA ENERGIA.	37
3.3. CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGETICA.	39
3.3.1. INTENSIDAD ENERGETICA.	40
LAMINA 3.3.1.A. DESEMPEÑO DE LA INTENSIDAD ENERGETICA EN MEXICO, 1980 - 1994.	

LAMINA 3.3.1.B. COMPARATIVO DE LA INTENSIDAD ENERGETICA DE MEXICO CON ALGUNOS PAISES DESARROLLADOS, 1974 - 1991.	
LAMINA 3.3.1.C. COMPARATIVO DE LA TASA MEDIA DE CRECIMIENTO (Tmca) DE LA INTENSIDAD ENERGETICA DE MEXICO Y ALGUNOS PAISES DESARROLLADOS, 1974 - 1991.	
3.3.2. PRECIOS Y AHORRO ENERGETICO.	43
3.4. EVOLUCION DE LA CONSERVACION Y LA EFICIENCIA ENERGETICAS.	44
3.5. EFICIENCIA ENERGETICA Y MEDIO AMBIENTE.	48
3.6. ARGUMENTOS A FAVOR DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA.	49
3.7. DESAFIOS PARA LOS PAISES EN DESARROLLO.	51
3.7.1. PRINCIPALES BARRERAS PARA LA CONSERVACION ENERGETICA.	52
OBSTACULOS ECONOMICOS.	52
OBSTACULOS INSTITUCIONALES.	53
OBSTACULOS FISCALES Y DE FINANCIAMIENTO.	53
OBSTACULOS TECNICOS.	54
3.8. LA CONSERVACION DE LA ENERGIA EN OPERACION.	55
3.8.1. CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO.	57
3.8.2. EL CASO DE CELANESE MEXICANA EN EL AHORRO DE ENERGIA.	58
3.9. COGENERACION.	61
3.9.1. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE COGENERACION.	
3.9.1.1. CICLOS PRIMARIOS.	63
CICLO DE VAPOR.	63
CICLO DE GAS.	69
CICLO COMBINADO.	73
3.9.1.2. CICLOS SECUNDARIOS.	77
3.9.2. FACTORES QUE DETERMINAN LA SELECCION DEL SISTEMA.	77
3.9.3. CONDICIONES PARA LA COSTEABILIDAD DE LA COGENERACION.	78
3.9.4. BENEFICIOS Y PROBLEMAS DE LA COGENERACION.	78
3.9.5. LA COGENERACION EN MEXICO.	79

CAPITULO 4. DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

4.1. INTRODUCCION.	83
4.2. PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA.	87
LAMINA 4.1. MODELO ECONOMETRICO PARA DETERMINAR LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO. -	
LAMINA 4.2. REGRESION MULTIPLE PARA EL CALCULO DE LOS COEFICIENTES α, β, γ. -	
LAMINA 4.3. COMPARATIVO GRAFICO DE LOS MODELOS 1, 2 Y 3 PARA LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA UTILIZANDO EL ESCENARIO 4.	
LAMINA 4.4. COMPARATIVO GRAFICO DE LOS MODELOS 1, 2 Y 3 PARA LA INTENSIDAD ENERGETICA UTILIZANDO EL ESCENARIO 4.	
LAMINA 4.5. DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA EN MEXICO, 1980 - 1994. (MODELO 1).	
LAMINA 4.6. MODELO 1, ESCENARIO 1: OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -1%.	
LAMINA 4.7. MODELO 1, ESCENARIO 2: SEMI - OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -3%.	
LAMINA 4.8. MODELO 1, ESCENARIO 3: PESIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -5%.	
LAMINA 4.9. MODELO 1, ESCENARIO 4: PROMEDIO CON (PIB₁₉₉₅) = -3%.	
LAMINA 4.10. DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA Y PROYECCIONES HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 1).	
LAMINA 4.10.1. PROYECCIONES DE LA INTENSIDAD ENERGETICA HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 1).	
LAMINA 4.11. MODELO 4, ESCENARIO 1: OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -1%.	
LAMINA 4.12. MODELO 4, ESCENARIO 2: SEMI - OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -3%.	
LAMINA 4.13. MODELO 4, ESCENARIO 3: PESIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -5%.	
LAMINA 4.14. MODELO 4, ESCENARIO 4: PROMEDIO CON (PIB₁₉₉₅) = -3%.	
LAMINA 4.15. DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA Y PROYECCIONES HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 4).	
LAMINA 4.15.1. PROYECCIONES DE LA INTENSIDAD ENERGETICA HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 4).	
LAMINA 4.16. DIFERENCIAS EN EL PRONOSTICO DE LA DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA AL AÑO 2020.	

**CAPITULO 5. EFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS
SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ
INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.**

5.1. EL SISTEMA INSUMO - PRODUCTO DE LEONTIEF.	97
5.2. AGREGACION DE LA MATRIZ INSUMO - PRODUCTO.	101
5.3. APLICACION DEL ANALISIS DE LA MATRIZ.	105
5.4. CALCULO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA POR SECTORES ECONOMICOS.	
5.4.1. INDICADORES BASICOS DEL SISTEMA MATRICIAL INSUMO - PRODUCTO.	105
COEFICIENTES TECNICOS O DE INSUMO - PRODUCTO.	106
COEFICIENTES DE REQUISITOS DIRECTOS E INDIRECTOS.	108
INDICES DE INTERDEPENDENCIA.	111
5.5. LA VARIACION DE LOS PRECIOS DE LOS PRODUCTOS Y SU EFECTO SOBRE LA MATRIZ INSUMO - PRODUCTO.	113
5.6. EFECTO DE LA VARIACION DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS EN MEXICO.	115
LAMINA 5.1. MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO. AÑO 1980.	
LAMINA 5.2. MATRIZ INSUMO-PRODUCTO DE COEFICIENTES TECNI- COS PARA MEXICO. AÑO 1980.	
LAMINA 5.3. MATRIZ DE COEFICIENTES TECNICOS INTERSECTORIAL (A) Y MATRIZ DE COEFICIENTES TECNICOS DE INSUMOS PRIMARIOS E IMPORTADOS (B).	
LAMINA 5.4. DIFERENCIA MATEMATICA: (MATRIZ UNITARIA (I) - MATRIZ DE COEFICIENTES TECNICOS (A)) = (I - A).	
LAMINA 5.5. MATRIZ INVERSA DE LA MATRIZ $(I - A) = (I - A)^{-1}$.	
LAMINA 5.6. MATRIZ TRANSPUESTA DE LA MATRIZ INVERSA DE LA MATRIZ $(I - A) = ((I - A)^{-1})^t$.	
LAMINA 5.7. EFECTO DE LA VARIACION DE LOS PRECIOS DE LOS SECTORES 3, 9 Y 16 SOBRE EL RESTO DE LOS SECTORES ECONOMICOS EN MEXICO. (INCREMENTO INDUCIDO).	
LAMINA 5.8. SOLUCION AL SISTEMA DE ECUACIONES.	
LAMINA 5.9. SUSTITUCION DE X_3, X_9 Y X_{16} EN EL PRODUCTO DE MATRICES PARA OBTENER "P".	
LAMINA 5.10. EFECTO GLOBAL DEL AUMENTO DE PRECIOS EN LOS SECTORES 3, 9, Y 16 SOBRE EL NIVEL GENERAL DE PRECIOS.	

CAPITULO 6. COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

6.1. ¿POR QUE SE REQUIEREN COMSBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE?	119
6.2. COMBUSTIBLES REFORMULADOS.	126
6.2.1. MEJORA Y OPTIMIZACION DE LOS ACTUALES PROCESOS DE REFINACION.	127
A) ISOMERIZACION CATALITICA DE PARAFINAS.	128
B) ALQUILACION CATALITICA.	129
C) DIMERIZACION CATALITICA.	131
D) DESINTEGRACION CATALITICA EN LECHO FLUIDIZADO (FCC).	132
E) HIDRODESULFURACION CATALITICA.	133
F) REFORMACION CATALITICA.	135
6.2.2. DESARROLLO Y USO DE NUEVOS Y MEJORES ADITIVOS EN LOS COMBUSTIBLES.	137
6.2.3. ELABORACION Y USO DE OXIGENANTES.	138
6.2.3.1. METIL-TERBUTIL ETER (MTBE).	140
6.2.3.2. ETIL-TERBUTIL ETER (ETBE).	142
6.2.3.3. METANOL.	143
6.2.3.4. ETANOL.	146
6.3. COMBUSTIBLES ALTERNOS.	
6.3.1. GAS NATURAL.	149
A) CONVERSION DE GAS NATURAL A GAS DE SINTESIS. .	151
B) SINTESIS DE FISCHER - TROPSCH.	153
C) CONVERSION VIA METANOL.	155
6.3.2. PROPANO (LPG).	156
6.3.3. HIDROGENO.	157
6.4. MODIFICACIONES REQUERIDAS EN LOS VEHICULOS PARA PODER OPERAR CON COMBUSTIBLES ALTERNOS.	
6.4.1. MOTORES A ALCOHOL.	159
6.4.2. MOTORES A GAS.	161
6.5. CONVERTIDORES CATALITICOS.	161
6.6. EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE ALTERNO PARA EL TRANSPORTE EN MEXICO: VENTAJAS.	166

CAPITULO 7. FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

7.1. INTRODUCCION.	169
7.1.1. GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO.	171
7.2. FUENTES DE ENERGIA.	174
7.3. ENERGIA SOLAR.	178
7.3.1. CELDAS FOTOVOLTAICAS COLECTORAS DE ENERGIA SOLAR.	178
7.3.2. USO DOMESTICO DE LA ENERGIA SOLAR.	180
7.3.3. USO INDUSTRIAL DE LA ENERGIA SOLAR: PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA A TRAVES DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.	182
7.3.4. USO DE LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO.	183
7.4. ENERGIA HIDROELECTRICA.	184
7.4.1. LA ENERGIA HIDRAULICA EN MEXICO.	185
7.5. ENERGIA EOLICA.	186
7.5.1. LA ENERGIA EOLICA EN MEXICO.	186
7.6. ENERGIA DE LA BIOMASA.	188
7.6.1. MADERA Y CARBON VEGETAL.	189
7.6.2. CONVERSION DE LA BIOMASA EN COMBUSTIBLES.	190
7.7. ENERGIA MAREAL.	191
7.7.1. CONVERSION DE LA ENERGIA TERMAL DE LOS MARES Y OCEANOS.	192
7.8. ENERGIA GEOTERMICA.	194
7.8.1. CLASIFICACION DE LOS RECURSOS ENERGETICOS GEOTERMICOS.	195
7.8.2. ENERGIA GEOTERMICA EN MEXICO.	196
7.9. ENERGIA NUCLEAR.	197
7.9.1. FISION NUCLEAR DEL URANIO.	198
7.9.2. TIPOS DE REACTORES NUCLEARES.	201
7.9.3. ENERGIA NUCLEAR EN MEXICO.	202
7.10. HIDROGENO.	203
7.10.1. USOS DEL HIDROGENO COMO COMBUSTIBLE.	204

CAPITULO 8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	205
ANEXO A. PANORAMA ENERGETICO NACIONAL, 1982 - 1993.	213
<i>LAMINA A.1. DESEMPEÑO ENERGETICO NACIONAL, 1982 - 1993.</i>	
<i>LAMINA A.2. TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA ENERGIA EN MEXICO (Tmca), 1982 - 1993.</i>	
<i>LAMINA A.3. PARTICIPACION PORCENTUAL EN LA PRODUCCION NACIONAL DE ENERGIA PRIMARIA.</i>	
<i>LAMINA A.4. PARTICIPACION PORCENTUAL EN LAS IMPORTACIONES NACIONALES DE ENERGIA.</i>	
<i>LAMINA A.5. PARTICIPACION PORCENTUAL EN LAS EXPORTACIONES NACIONALES DE ENERGIA.</i>	
<i>LAMINA A.6. PARTICIPACION PORCENTUAL EN EL CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA POR SECTORES ECONOMICOS.</i>	
<i>LAMINA A.7. GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO, 1982 - 1993</i>	
<i>LAMINA A.8. PARTICIPACION PORCENTUAL EN LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE PLANTA GENERADORA Y POR TIPO DE INDUSTRIA AUTOGENERADORA.</i>	
ANEXO B. PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL, 1982 - 1993. ...	215
<i>LAMINA B.1. PARTICIPACION PORCENTUAL EN LAS RESERVAS PROBADAS DE ENERGIA PRIMARIA, 1993.</i>	
<i>LAMINA B.2. DESEMPEÑO ENERGETICO MUNDIAL, 1982 - 1993.</i>	
<i>LAMINA B.3. TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA ENERGIA MUNDIAL, 1982 - 1993.</i>	
<i>LAMINA B.4. PARTICIPACION PORCENTUAL EN LA PRODUCCION MUNDIAL DE ENERGIA PRIMARIA.</i>	
<i>LAMINA B.5. PARTICIPACION PORCENTUAL EN EL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMARIA.</i>	
<i>LAMINA B.6. PARTICIPACION PORCENTUAL EN EL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA SECUNDARIA.</i>	
<i>TABLA B.1. REGION O GRUPO ECONOMICO Y PAISES INTEGRANTES</i>	
<i>TABLA B.2. REGION O GRUPO ECONOMICO Y PAISES INTEGRANTES</i>	
<i>PAISES MIEMBROS DE LA OCDE.</i>	
<i>PAISES MIEMBROS DE LA OPEP.</i>	
<i>PAISES MENOS DESARROLLADOS.</i>	

ANEXO C. BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.	217
C.1. INTRODUCCION: CONCEPTOS BASICOS.	219
FISICOQUIMICA.	219
TERMODINAMICA.	219
SISTEMA.	221
C.2. BALANCE DE ENERGIA EN SISTEMAS CERRADOS Y ABIERTOS. PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA.	222
C.3. BALANCE DE ENTROPIA EN SISTEMAS CERRADOS Y ABIERTOS. SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA.	226
C.3.1. CONCEPTOS BASICOS.	226
EQUILIBRIO TERMODINAMICO.	226
TEMPERATURA.	227
PROCESO REVERSIBLE.	227
PROCESO IRREVERSIBLE.	227
PROCESO CUASISTATICO.	228
C.3.2. CONVERSION DE ENERGIA TERMICA EN ENERGIA MECANICA.	229
C.3.3. ENTROPIA.	230
C.4. ENERGIA IDEAL Y ENERGIA PERDIDA.	234
C.5. ANALISIS TERMODINAMICO DE PROCESOS: METODOLOGIA. .	238
C.6. MODIFICACIONES A LOS PROCESOS PARA USAR EFICIENTEMENTE LA ENERGIA.	239
BIBLIOGRAFIA.	241

RESUMEN.

La importancia de la *Energía* y del llamado Sector Energético en México y en el mundo radica en que ésta debe ser observada en sus dimensiones tanto tecnológicas como económicas. La Energía es, junto con el capital, el trabajo, las materias primas y la propia tecnología, un insumo primario y esencial en todos los procesos que se relacionan con la producción de bienes y servicios, y por lo tanto es necesario considerarla como un recurso escaso que posee un costo de oportunidad explícito e implícito.

Las necesidades energéticas pueden ser satisfechas por una variedad de formas diversas; sin embargo, la naturaleza no las puede proporcionar en cantidad ilimitada y con la calidad que las requerimos. Por otro lado, tecnológicamente si es posible convertir las fuentes "primarias" de Energía con las que contamos, para obtener otras formas denominadas "secundarias", y con éstas satisfacer nuestros requerimientos en términos de uso final.

De lo anterior se desprenden varios análisis que necesariamente deben encararse en forma interrelacionada y que responden a la exigencia de llevar a cabo una "*planeación*" integral del Sector Energético. Por una parte, el análisis de la oferta y la demanda de Energía, elementos del propio sistema energético, coadyuvará a transitar en forma adecuada y, en su caso óptima, hacia el próximo siglo, ya que así lo exige el llamado "desarrollo sustentable", y no solamente en términos ambientales, sino también en términos de la óptima utilización de nuestros recursos. Por otro lado surgen otros importantes ámbitos de análisis que se reconocen como parte integral de la formación del ingeniero químico y que son: la primera y segunda ley de la

termodinámica, que marcan la pauta para hacer un uso más eficiente de la Energía y lograr ahorrar y tomar las medidas necesarias para ello utilizando el concepto de "Conservación de la Energía"; el estudio de los procesos, las operaciones unitarias que éstos implican y los desarrollos tecnológicos, que también son parte del sistema, ya sea que se trate de la transformación a formas secundarias de Energía dentro del propio Sector Energético o, en su utilización dentro de los procesos de transformación fisicoquímica de las materias primas en productos y/o servicios de uso final.

Por lo tanto, la planeación energética debe tener como objetivo el hacer interactuar los aspectos antes mencionados con el fin de medir la influencia de las diferentes variantes del desarrollo del Sector Energético sobre las tasas y proporciones del crecimiento económico nacional y viceversa, la influencia de las estrategias concretas de *desarrollo económico* sobre la dinámica de las características más importantes del *desarrollo energético* de forma tal que se exploren las posibles trayectorias de nuestro crecimiento haciendo consistentes diferentes políticas energéticas alternativas a lo largo de un horizonte de planeación predeterminado.

Este trabajo intenta, en el marco de los diferentes análisis interrelacionados que se deben realizar para desembocar en la planeación energética, aportar algunos elementos que son importantes para esta enorme tarea y que son parte de la formación integral de los ingenieros químicos.

INTRODUCCION.

EXPOSICION DE MOTIVOS.

La razón por la que surge este trabajo es principalmente por la inquietud propia por conocer más profundamente las implicaciones que tienen los Energéticos dentro del contexto industrial y económico en nuestro país, México; y por otro lado, el proporcionar a todas aquellas personas que tengan la misma inquietud, una fuente de referencia que contenga los aspectos básicos de la relación Energía-Desarrollo Industrial-Desarrollo Económico Nacional, esperando que la información que aquí encuentren les sea de utilidad en su formación personal y quizás profesional.

OBJETIVOS.

La presente tesis, tiene como principales objetivos:

1. **Mostrar la importancia, tanto en términos tecnológicos como económicos, de los Energéticos en el ámbito nacional y mundial.**
2. **Proporcionar un panorama general del desempeño energético nacional y una proyección, con base en ciertas suposiciones, de nuestra demanda futura de Energía.**
3. **Mostrar cuál es el efecto de la variación de los precios sobre los diferentes Sectores Económicos de nuestro país.**
4. **Dar a conocer y proponer alternativas de Combustibles para el Transporte, aspecto especialmente importante debido al consumo de Energía que presenta en México el Transporte y a la problemática que de él deriva.**
5. **Conocer qué Fuentes de Energía alternas y renovables se pueden utilizar para la producción de Energía Eléctrica en México y su estado actual.**

Para cubrir estos objetivos:

En el **Capítulo 1**, se describen la importancia y relación de la Energía con el Desarrollo Económico de las Sociedades tan sólo como un marco de referencia, pues posteriormente se lleva a cabo un análisis más profundo de éstas en los Capítulos 2, 3, 4 y 5. De la misma forma, se presenta una interpretación general de la definición de Energía y otros conceptos relacionados con ella y, una breve descripción de las diversas Formas y Fuentes de Energía con las que contamos.

INTRODUCCION.

En el **Capítulo 2** se presenta el análisis de las principales variables de oferta y demanda y, de las reservas energéticas en México y en el mundo con el fin de ubicar la posición energética de nuestro país con respecto a otros países y regiones del orbe. No obstante que la información se presenta en forma de estadísticas históricas para el período de 1982-1993, los análisis que aquí se realizan sirven para mostrar tendencias que serán aprovechadas como referencia para la Demanda Futura de Energía en México; tema que se aborda en el Capítulo 4.

La primera parte del Capítulo 2 intenta proporcionar un panorama general de desempeño energético para México durante el período antes mencionado, analizando la producción, importación, exportación y consumo de los diferentes energéticos en el país; también se proporciona un análisis sobre la importancia de la Energía en la economía nacional y sus principales consumidores. En la segunda parte se muestra el panorama energético mundial bajo el análisis de las mismas variables y para el mismo período que el de México, considerando países y regiones que resaltan por su importancia.

Debido a lo extenso de las estadísticas, la presentación gráfica del análisis histórico realizado se presenta en los **Anexos A y B** de este trabajo.

El tema sobre la Importancia del Uso Racional y Eficiente de la Energía se trata específicamente en el **Capítulo 3**. En éste, se hace referencia a la necesidad de lograr un uso más eficiente de la Energía y se definen y relacionan los conceptos de **intensidad y eficiencia energéticas**. También, se presenta un ligero bosquejo sobre la evolución que han tenido la Conservación y el Uso Racional de la Energía haciendo énfasis en su origen y metas, en su importancia en relación al Medio Ambiente, así como en los desafíos a los que se enfrentan los países en vías de desarrollo, entre los que se encuentra México, que requieren de la Energía para lograr su crecimiento económico. Por último, el Capítulo 3 proporciona una visión general de una de las formas actualmente más utilizadas para alcanzar una mayor eficiencia energética en los procesos de producción y que es la Cogeneración.

El **Anexo C** proporciona las bases termodinámica para lograr el entendimiento técnico de la forma en que se puede llevar a cabo el Uso Eficiente de la Energía.

En el **Capítulo 4**, aprovechando la información y análisis realizado en el Capítulo 2, y habiendo abordado los conceptos de Uso Racional y Eficiente de la Energía, "se intenta" proporcionar un pronóstico sobre Demanda Futura de Energía Primaria en México para el período 1995-2020, aprovechando un modelo econométrico simple que considera como variables de dicha demanda: el Producto Interno Bruto (PIB), como fuerza directriz de las necesidades energéticas que van apareadas al crecimiento económico nacional y el efecto tendencial del consumo de Energía, que demuestra un uso ineficiente del consumo energético. Para lograr esto, se resuelve el modelo econométrico con información histórica de 1980 a 1994(estimado) obteniéndose un pronóstico pesimista, pues incluye el factor tendencial causado por la ineficiencia energética. Posteriormente y con el fin de corregir dicho factor, se hace una hipótesis respecto de la eficiencia energética que se debería alcanzar en el futuro sin detrimento del crecimiento económico.

En ambos casos se consideran varios escenarios en función del crecimiento del PIB, de acuerdo con la información contenida en diversos comunicados gubernamentales acerca del crecimiento económico nacional para el futuro.

Cabe hacer mención que en la toma de decisiones, por cuanto a la Política Energética se refiere, y con la cual se deseará llevar a cabo la "planeación integral de los energéticos", ésta depende de manera crítica del pronóstico de los requerimientos de Energía Primaria, toda vez que la producción y generación de Energía Secundaria requerirá de inversión y tecnología para ser transferida en forma de "oferta" al mercado intersectorial y a la demanda final de bienes y servicios.

En el **Capítulo 5**, partiendo de la metodología de Leontief, se utiliza la Matriz de Insumo-Producto de México (1980) como base para observar, macroeconómicamente, el comportamiento de los precios agregados de la Energía en una Matriz Insumo-Producto

agregada de 19 sectores económicos, tratando de bosquejar el efecto directo e indirecto del aumento de los precios en el Sector Energético sobre el resto de la economía nacional y sus repercusiones en términos de inflación, la que sería indeseable si no fuera porque los precios de los energéticos son un indicador de su costo de oportunidad para lograr el deseable Ahorro de Energía. Este análisis se basa en que la Energía es uno de los insumos básicos para la operación y el desarrollo de cualquier sector económico.

En el **Capítulo 6**, basados en la necesidad de ahorrar y usar eficientemente la Energía, se analiza la forma en la que el Sector Transporte, el sector de mayor consumo final energético, podría alcanzar dicho objetivo, proponiendo combustibles alternos principalmente para la gasolina en motores de combustión interna.

Finalmente, el **Capítulo 7** visualiza la forma de utilizar Fuentes Alternas de Energía no sólo para el transporte. En este capítulo se describen las opciones energéticas diferentes a las llamadas "energías fósiles", con las que contamos, tales como la Energía Solar (térmica y fotovoltaica), Hidroeléctrica, Eólica, de la Biomasa, Maremotriz, Geotérmica, Nuclear y del Hidrógeno. El capítulo hace referencia a las tendencias mundiales actuales de acuerdo a las prospectivas realizadas en diferentes publicaciones, y al potencial existente para México. Este capítulo no pretende resolver el problema en forma exhaustiva para cada una de las alternativas energéticas descritas, solo ofrece un panorama en el que es necesario profundizar, pero cuyos alcances son tan amplios que no pueden abarcarse en el presente trabajo.

CAPITULO 1.

ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.

1.1. INTRODUCCION.

A través de la historia de la humanidad, el desarrollo de la misma ha dependido siempre de la capacidad del hombre para obtener la Energía necesaria para su supervivencia a partir de los recursos naturales que de su entorno ha ido explotando con el fin de obtener los satisfactores necesarios para su bienestar.

Durante mucho tiempo, la madera fue el principal combustible como fuente de calor e iluminación; el viento llegó a ser una importante fuente de Energía para el transporte marítimo, supliendo a los remeros; el agua se convirtió en una fuente de Energía Mecánica indispensable para los molinos de granos, aprovechando su Energía Cinética al caer sobre los dinamos; etc.

Durante los últimos dos siglos, el consumo de Energía se ha visto incrementado en forma verdaderamente dramática como resultado de los grandes descubrimientos y avances tecnológicos hechos por el hombre en el desarrollo de máquinas cada vez más eficientes para la conversión de unas formas de Energía en otras; particularmente, la conversión de la Energía Química de los combustibles en Energía Mecánica.

1.2. ENERGIA Y DESARROLLO ECONOMICO.

Históricamente, la evolución de la humanidad se puede dividir en tres **Eras Energéticas:**

1.- ERA DE LA MADERA: El uso de la madera como combustible para la calefacción data desde la prehistoria; sin embargo, su uso como combustible para procesos industriales tiene unos 100,000 años, desde que los artesanos del Asia Menor y de Europa comenzaron a utilizarla en los procesos de fabricación de armas y ornamentos.

2.- ERA DEL CARBON: El carbón comenzó a utilizarse a gran escala en Europa cuando la madera explotable que se extraía de los bosques comenzó a agotarse por la deforestación.

Durante la Revolución Industrial en Inglaterra, en los años 1850's, el carbón no sólo había sustituido a la madera, sino que también sustituyó al vapor de agua como combustible para el transporte debido no sólo a la escasez de aquella, sino también a su mayor capacidad calorífica por unidad de peso y de volumen, ayudando a reducir los costos de transportación y logrando gran aceptación comercial entre las sociedades.

3.- ERA DEL PETROLEO Y DEL GAS NATURAL: El uso a gran escala del petróleo surgió alrededor de 1860, pero no sustituyó al carbón en forma inmediata como combustible para el transporte. Sin embargo, los productos derivados del petróleo, encontraron su propio mercado, por ejemplo, los lubricantes se comenzaron a utilizar en máquinas de alta velocidad y la kerosina comenzó a utilizarse como combustible para la iluminación, sustituyendo así al aceite que se extraía de la grasa de las ballenas.

No fue sino hasta que se reconoció el valor del petróleo como combustible alternativo para los hornos de las fábricas que éste empezó a competir en forma real y eficiente con el carbón y, lo desplazó finalmente cuando surgieron los motores de combustión interna, a principios del presente Siglo.

ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.

El gas natural entró en el panorama industrial de los Estados Unidos en los años 30's, con el desarrollo de las tecnologías de suministro de combustible a través de largas distancias y con costos de operación más bajos.

En contraste con las sociedades simples movidas por la Energía del trabajo humano y animal, y que utilizan la madera, el carbón vegetal y el estiércol como principales combustibles, las sociedades industriales tienen una producción y utilización de la Energía y los combustibles mucho más compleja, y presentan un consumo comercial que crece cada vez más rápido.

Debido a que el uso de la Energía comercial es un factor primordial en el desarrollo económico e industrial de todas las sociedades del mundo, no es de extrañarse que aquellos países cuyo consumo energético es muy escaso, figuren entre los más pobres del orbe, en tanto que los países que han sabido explotar y aprovechar de manera eficiente sus recursos energéticos, son los más ricos y desarrollados.

Por otro lado, la producción y el uso inconsciente de la Energía comercial, han afectado de manera adversa al medio ambiente y al entorno ecológico mundiales y, *"a pesar de los constantes esfuerzos y éxitos en el descubrimiento de nuevas fuentes de Energía, el hombre ha utilizado preferentemente las no renovables (combustibles fósiles) y prácticamente ha discriminado las renovables, en las cuáles existe un potencial enorme de Energía limpia aprovechable"*; además de que existe un gran desperdicio de Energía y de sus productos en la industria moderna. *"Por ello, la eficiencia energética y la prevención de la contaminación producida por la quema de combustibles fósiles, deben ser hoy por hoy los objetivos principales de todos los países del mundo".*^[1]

"Conforme mayores son el desarrollo tecnológico y el crecimiento económico de un país, mayores son también su Demanda Energética y la diversidad de formas de Energía más eficientes que requiere".^[2]

^[1] Howard T. ODUM & Elisabeth C. ODUM. 1981. Hombre y Naturaleza, Bases Energéticas. España: Omega.

^[2] ibid.

1.3. ¿QUE ES LA ENERGIA?

Actualmente existen muchas formas de definir el término *Energía*^{***} de acuerdo con el entendimiento que cada persona tiene de él individualmente y según su propia formación y experiencia; sin embargo, aquí se hace referencia a dos definiciones por los conceptos que éstas involucran:

1. "La *Energía* es la capacidad de la materia de hacer posibles todas las transformaciones que en ella misma se llevan a cabo",^[3] La variación de la energía libre de una sustancia da lugar a un trabajo que se mide en las mismas unidades que la Energía.

2. "La *Energía* es una medida de la capacidad de los procesos para desarrollarse y del nivel al que actúan".^[4] La cantidad de procesos realizados se mide como Energía utilizada.

En la primera definición, "*capacidad de la materia*" nos indica que, en primer lugar, la Energía es una especie de "fuerza" inherente a la materia; es decir, que existe en cualquier tipo de materia o material por sí misma sin importar el origen de éste o sus características y, en segundo lugar, que la materia (cualquiera que ésta sea), se vale de dicha "fuerza" para transformarse y así llevar a cabo un trabajo.

En la segunda definición, "*es una medida*", nos indica que la Energía no solamente es una capacidad para realizar algo (un trabajo), sino también la cuantificación del esfuerzo aplicado al realizar ese algo.

Para complementar el concepto de Energía, debemos definir también aquellos conceptos con los cuáles se involucra y que son términos que utilizamos cotidianamente y cuya comprensión es más sencilla para la mayoría debido a que se basan en la

^{***} Ver definición matemática-termodinámica en el Anexo C.

^[3] ibid.

^[4] David J. ROSE. 1986. Learning about Energy. New York, London: Plenum Press.

ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.

experiencia de cada uno de nosotros. Estos términos son: *masa, fuerza, trabajo y potencia.*

(1) MASA (m).

La *masa* de un cuerpo está dada por la cantidad de materia que éste contiene. La unidad del Sistema MKS con la que se mide la masa de un cuerpo es el kilogramo (kg). Matemáticamente se tiene que:

$$\text{Mecánica Clásica: } \text{masa (m)} = [\text{Fuerza (F)}] / [\text{aceleración (a)}]$$

$$\text{Mecánica Cuántica: } \text{masa (m)} = [\text{Energía (E)}] / [c^2]$$

donde *c* es la Velocidad de la Luz (3×10^8 m/s).

(2) FUERZA (F).

Se conocen cuatro tipos de fuerza:

1. **Electromagnética:** Integrada por los rayos X, la luz visible, las ondas infrarrojas de calor, las ondas de radio, etc.;
2. **Gravitacional:** La que atrae a los cuerpos hacia el centro de la Tierra;
3. **Nuclear:** La responsable de la unión de los átomos entre sí;
4. **Interacción Atómica Débil:** La responsable del decaimiento radioactivo.

las dos primeras, son las más comunes y conocidas por la gente porque las experimenta todos los días; las últimas dos existen solamente dentro del núcleo de los átomos.

Matemáticamente, de la Mecánica Clásica se define a la *fuerza* como el resultado de multiplicar el valor de la masa del cuerpo (que se mide en kg) sobre el que

ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.

se aplica un esfuerzo por la aceleración (que se mide en m/s^2) que aquel adquiere a causa de dicho esfuerzo. La **fuerza** es la unidad fundamental y más relacionada con la **Energía**, y su unidad en el Sistema MKS es el Newton (N):

$$\text{Fuerza (F)} = [\text{masa (m)}] \times [\text{aceleración (a)}]$$

$$F (dt) = m (dv) \Rightarrow F = m (dv/dt) \Rightarrow F = m(a)$$

(3) TRABAJO (W).

Cuando aplicamos una **fuerza** sobre un cuerpo, se realiza un **trabajo** si y sólo si, debido a la fuerza aplicada, el cuerpo se desplaza a través de una distancia. El **trabajo** es el producto matemático de la fuerza neta por la distancia que el cuerpo recorre en la dirección de esa fuerza neta. Su unidad en el Sistema MKS es el Joule (J).

$$\text{Trabajo (W)} = [\text{Fuerza (F)}] \times [\text{distancia (d)}]$$

$$W(dt) = m(d) (dv) \Rightarrow W = m(d) (dv/dt) \Rightarrow F = m(d)(a)$$

El **trabajo** es el medio por el cual la Energía cambia de forma; es decir, todo cambio en la **Energía** se lleva a cabo gracias a la aplicación de un **trabajo**.

(4) POTENCIA (P).

La **potencia** es la velocidad con la que se lleva a cabo un **trabajo**, y con ella podemos medir que tan aprisa se hace éste. La unidad con la que se mide en el Sistema MKS es el Watt (W).

$$\text{Potencia (P)} = [\text{Trabajo (W)}] / [\text{tiempo (t)}]$$

1.4. PRINCIPALES FORMAS DE ENERGIA.

La Energía suele presentarse de diversas maneras en la naturaleza y, éstas son básicamente:

1. **Energía Química:** Es la almacenada en los combustibles fósiles como el carbón, el gas natural y el petróleo; así como en las reacciones exotérmicas que proporcionan calor. Resulta de las transformaciones moleculares de las sustancias.

2. **Energía Térmica:** Es la que reconocemos en forma de calor.

3. **Energía Cinética:** Es la que posee un cuerpo en virtud de su movimiento.

4. **Energía Potencial:** Es la que tienen los cuerpos por su posición o estado.

5. **Energía Mecánica:** Se reconoce en forma de trabajo realizado.

6. **Energía Eléctrica:** Se reconoce como el flujo de electrones que producen una corriente eléctrica que es transportada vía cables desde las centrales eléctricas hasta las ciudades y centros industriales.

7. **Energía Solar:** Es la que emana del sol siendo irradiada hacia la Tierra (y demás astros), y que no es solamente una fuente de calor, sino que también se puede convertir en Energía Química a través de la fotosíntesis en los vegetales o bien, en Energía Eléctrica con la ayuda de las celdas fotovoltaicas.

ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.

- 8. Energía Eólica:** Se manifiesta como la fuerza motriz de las corrientes de aire atmosféricas

- 9. Energía Mareal:** Resulta de la combinación de las Energías Potencial y Cinética derivadas de la interacción entre la Tierra, el Sol y la Luna.

- 10. Energía Geotérmica:** Es la Energía Calorífica almacenada en los estratos más profundos de la Tierra.

- 11. Energía Nuclear:** Se presenta como el resultado de los cambios estructurales (fisión o fusión) del núcleo atómico o del decaimiento de las sustancias radioactivas.

Sin embargo, la naturaleza no nos proporciona las cantidades exactas de las diferentes formas de Energía que requerimos, sino que tecnológicamente, nosotros debemos "convertir" las Fuentes de Energía que poseemos, en las formas que necesitamos en términos de uso final.

Los requerimientos más importantes de Energía son en forma de Energía Térmica y de Energía Mecánica.

1.5. FUENTES DE ENERGIA.

Básicamente, las Fuentes de Energía se pueden clasificar en dos grupos:

1. **Fuentes Renovables:** Son aquellas que constantemente se están reponiendo en la naturaleza.
2. **Fuentes no Renovables:** Son los productos que han resultado de las transformaciones sufridas por los restos fósiles a través de los siglos y que se han ido acumulando lentamente con el paso del tiempo, y que por lo mismo, una vez que se consumen, no se reponen con facilidad.

Además, la Energía también se puede clasificar en:

1. **Energía Primaria:** Es la contenida en las fuentes naturales antes de sufrir cualquier tipo de transformación.
2. **Energía Secundaria:** Es la contenida en los productos energéticos derivados de las transformaciones físicas o químicas de las fuentes de Energía Primaria.

La clasificación de la Energía en fuentes renovables y no renovables está conformada por los grupos descritos en la Tabla 1.5.1., en tanto que su clasificación como Energía Primaria y Secundaria la conforman los productos enumerados en la Tabla 1.5.2. Estas tablas, que posteriormente servirán como referencia, se presentan a continuación.

ENERGIA Y DESARROLLO DE LAS SOCIEDADES.

TABLA 1.5.1.: Fuentes de Energía Renovables y no Renovables.

FUENTES RENOVABLES		FUENTES NO RENOVABLES			
ENERGIA SOLAR		ENERGIA GEOTERMICA		COMBUSTIBLES FOSILES	ENERGIA NUCLEAR
DIRECTA	INDIRECTA				
bagazo de caña	agua	flujo de calor	depósitos de calor	gas natural	fisión: U-235, U-239, Th-232
madera	viento			petróleo	fusión: deuterio, Li-6
desechos orgánicos	oleaje marino			carbón	
bio-combustibles	gradientes térmicos				
potencia animal	mareas				

TABLA 1.5.2.: Productos que proporcionan la Energía Primaria y Secundaria.

ENERGIA PRIMARIA	ENERGIA SECUNDARIA
petróleo crudo	coque
carbón (siderúrgico y térmico lavado)	gas licuado
condensados (recuperados en gasoductos)	gasolinas, naftas, MTBE, ETBE, etc.
gas no asociado	kerosinas
gas asociado	diesel y gasóleo industrial
núcleo-energía	combustóleo
geo-energía	productos no energéticos (asfaltos lubricantes, grasas, parafinas, etano, propano-propileno, butano-butileno, azufre y materia para negro de humo)
hidro-energía	gas (residual y seco de refinerías)
biomasa (bagazo de caña y leña)	electricidad (autoproductores)

NOTA ACLARATORIA: La diferencia entre el gas asociado y el no asociado radica en que el primero, se extrae en forma conjunta con el petróleo, en tanto que el segundo se extrae solo.

CAPITULO 2.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

2.1. INTRODUCCION.

El estudio del desempeño energético nacional y mundial, resulta de gran importancia para los fines de este trabajo, ya que nos da una idea bastante clara de cuál ha sido el papel de los diferentes energéticos en el desarrollo industrial y económico tanto de México como del resto del mundo y, ubica a nuestro país en una posición definida con respecto a éste último.

Para conocer un poco acerca de este desarrollo energético nacional y mundial, en los siguientes puntos se presentan y analizan algunos datos estadísticos como son la producción, importación, exportación y consumo de energéticos, así como la capacidad instalada para la generación de Energía Eléctrica en México a partir de 1982 y hasta 1993 (año del último registro nacional y mundial de energía); y también la producción y consumo mundiales de Energía, y las reservas nacionales y mundiales probadas de **petróleo, gas natural y carbón**, los energéticos más importantes por el papel que han jugado históricamente en el desarrollo de todas las economías del mundo.

También se presenta un análisis del lugar que tiene nuestro país en el mundo como productor-exportador de Energía Primaria y del cómo ha repercutido ésto en la economía nacional.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

Por otro lado, se analizan también los diferentes sectores económico-industriales en los que los energéticos son de vital importancia para su buen desempeño.

Se debe hacer notar que, los años elegidos como base para llevar a cabo las principales comparaciones de crecimiento en el sector energético nacional, no se escogieron de manera aleatoria, sino con toda la intención de entender mejor el papel de los energéticos en cada uno de los últimos tres períodos gubernamentales. En 1982, termina un período de grandes controversias en cuanto al manejo de los energéticos fósiles nacionales; de 1982 a 1988 fue un período en el que se perfilaron los primeros cambios importantes en la administración de los energéticos del país; y de 1988 a 1993, que aunque no es el último año de la pasada administración gubernamental, sí nos da idea del avance energético que hubo en ella. Además, para facilitar el análisis comparativo mundial, se utilizan los mismos años de referencia que para el análisis nacional.

2.2. PANORAMA ENERGETICO NACIONAL, 1982 - 1993.^{'A'}

2.2.1. RESERVAS PROBADAS DE COMBUSTIBLES FOSILES.

En México, durante los últimos dos sexenios, las reservas probadas de hidrocarburos han tenido una severa contracción de 7.4×10^9 barriles equivalentes de petróleo crudo (11,238.37 Petacalorías^{'B','C'}), debido al prolongado e instensivo período de explotación al que nos llevaron el ritmo de crecimiento económico nacional y los compromisos adquiridos con la banca acreedora internacional. Durante 1992, las reservas de hidrocarburos sólo se recuperaron en 50×10^6 barriles equivalentes de petróleo crudo (75.935 Petacalorías) y en 1994 se esperaba lograr una recuperación tal que dejaría a nuestro país con un inventario total comparable a los 72.5×10^9 barriles (110,105.63 Petacalorías) que se tenían en 1983.^[5]

El volumen utilizado de recursos fósiles nacionales es muy superior considerando que en los últimos 12 años se han extraído 10.550×10^9 barriles de petróleo (16,022.26 Petacalorías) de los yacimientos nacionales. Si se considera que entre 1983 y 1994, el precio del crudo mexicano promedió 17.87USD/barril, se puede decir que el valor comercial de la pérdida por la baja de las reservas asciende aproximadamente a 132,238 millones de dólares, monto superior al saldo de la deuda externa que hasta Junio de 1993 era de 106,978 millones de dólares.

^{'A'} VER GRAFICOS DEL ANEXO A.

^{'B'} 1 barril de Petróleo crudo = 1.51869833×10^9 calorías (promedio).

^{'C'} 1 Petacaloría = 1×10^{15} calorías.

^[5] Preven Repunte de la Demanda Mundial. 24 de Mayo de 1993. EL NACIONAL. p.p. 24.

PETROLEO.

En 1993 nuestro país se encontraba ubicado en el séptimo lugar a nivel mundial con un total de 50.9×10^9 barriles equivalentes de petróleo crudo (77,301.745 Petacalorías).

Durante el período comprendido entre 1983 y 1993, cerca del 76% del valor comercial de las reservas petroleras se realizó en los mercados internacionales, a los que el país envió unos $5,578 \times 10^6$ barriles de combustible (8,471.3 Petacalorías) y por los que obtuvo 99,656 millones de dólares. Dichos ingresos provinieron principalmente de Estados Unidos (40.1%), España (11.1%), Japón (10.33%) y los países integrantes del Pacto de San José (38.47%). Aún así, la industria petrolera no logró consolidar el objetivo de financiar los compromisos adquiridos con la deuda externa pues, aunque entre 1983 y 1988 las exportaciones petroleras reportaban el 55% del total de los ingresos de divisas al país por concepto de exportación, para 1994 sólo contribuían con el 25.8%.

GAS NATURAL.

Por lo que respecta al gas natural, energético calificado como "limpio" debido a que no es contaminante, debe ser considerado como un combustible con alta prioridad en el país y que puede ser el de mayor importancia en el largo plazo pero, a pesar de que ha tenido una demanda en ascenso constante durante los últimos años, los posibles consumidores de este energético y, en particular los productores de Energía Eléctrica, se muestran renuentes a llevar a cabo inversiones de largo plazo que dependan de un suministro confiable de este energético.

Se estima que la demanda de gas natural en México podría duplicarse para el año 2010 a causa del posible crecimiento en el uso doméstico y como combustible en el transporte intensivo, mientras que la producción nacional se mantendrá baja ya que,

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

aunque en 1993, ocupando el décimoquinto sitio a nivel mundial, México contaba con reservas probadas de $2.0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ (22,304.44 Petacalorías^[D]) que pueden cubrir dicha demanda, las inversiones necesarias para su abastecimiento son demasiado grandes (2,000 millones de dólares sólo para dotar al país de la infraestructura necesaria para su distribución, sin considerar el capital requerido para producirlo en cantidades suficientes), con lo que nuestro país enfrentará una demanda que no podrá cubrir de cerca de $226.535 \times 10^9 \text{ m}^3$ (2,526.365 Petacalorías) de aquí al años 2010.^[6] Para resolver este problema, nuestro país cuenta con cuatro opciones:

1. Importar gas natural de los Estados Unidos y/o Canadá.
2. Aumentar la producción local de petróleo y gas asociado.
3. Instalar equipo anticontaminante adicional y quemar más combustóleo.
4. Explorar y desarrollar los recursos nacionales de gas natural.

Si los inversionistas nacionales o extranjeros (de ser posible) se decidieran a invertir en la exploración y explotación de los recursos propios de gas natural, nuestro país no sólo estaría en posición de satisfacer la demanda del mercado interno de este combustible, sino que podría convertirse en exportador teniendo como principal mercado el estadounidense. Por el contrario, si ésto no ocurre, México se verá en la necesidad de importar el gas natural de su propio posible cliente mayoritario, Estados Unidos.^[7]

^[D] 1 m^3 de Gas Natural = 1.115222×10^7 calorías (promedio).

^[6] Insuficiente la Producción de GAS para apoyar el Crecimiento Económico. 19 de Mayo de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 31.

^[7] Depende de las Inversiones el Desarrollo Exportador del Petróleo. 4 de Mayo de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 42.

Actualmente, los principales campos de explotación de petróleo crudo y gas natural en México se encuentran en la sonda de Campeche; de ellos, los campos Caan, Ek-Balam y Taratunich cuentan con 153 pozos de crudo ligero Olmeca y 358 de crudo pesado Maya en explotación, contribuyendo con el 75% de la producción nacional de petróleo crudo y con el 36% de la de gas natural. PEMEX se está preparando para el incremento de la demanda de energéticos que se encuentra en puerta ampliando sus Programas de Exploración para censar nuevos yacimientos de reservas de petróleo y gas natural para su posterior explotación.^[8] . ^[9]

CARBON.

En 1993, México ocupaba el décimo octavo sitio en reservas probadas totales de carbón con $1,720 \times 10^6$ Toneladas ($9,004.94$ Petacalorías^E).

2.2.2. PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA.

Mientras que en el año de 1982, la producción nacional de Energía Primaria (Tabla 1.5.2.) ascendía a $2,225.921$ Petacalorías ($1,465.68 \times 10^6$ bepc^F), los siguientes cuatro años, presentan una caída constante y cada vez mayor y, en 1986 se obtiene la menor producción de los últimos años, con apenas $1,953.697$ Petacalorías ($1,286.43 \times 10^6$ bepc). Al iniciar la pasada administración hacia finales de 1988, las constantes bajas en la producción nacional de Energía Primaria ya habían sido superadas y comenzaba una lenta recuperación con $2,020.809$ Petacalorías

^[8] Destinará PEMEX la mitad de su Presupuesto a Exploración y Producción. 13 de Enero de 1994. EL ECONOMISTA. p.p.30.

^[9] Frena PEMEX la caída de las reservas con nuevos esquemas de trabajo. 28 de Mayo de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 28.

^E 1 Tonelada de Carbón = 5.23542861×10^9 calorías (promedio).

^F bepc = barriles equivalentes de petróleo crudo.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

($1,330.62 \times 10^6$ bepc), para alcanzar las 2,126.548 Petacalorías ($1,400.24 \times 10^6$ bepc) en 1993. Estas cifras nos indican que en forma global, para los años de 1982 a 1993, la producción total de Energía Primaria en vez de seguir una tendencia constantemente creciente, tuvo primero un comportamiento negativo motivado por las crisis petroleras de principios de los 80's, disminuyendo de 1982 a 1988 en 9.21% y, en la última administración creció solamente 5.23% respecto a la anterior, con lo que aún no se alcanzan los niveles de producción que se tenían en 1982. La Tasa Media de Crecimiento Anual (Tmca) para el período completo de 1982 a 1993 fue de -0.414%.

Durante todo el período de 1982-1993, el principal energético primario producido fue el petróleo crudo, teniendo una participación del 68.51% en 1982 y llegando a 69.29% para 1993, aunque en términos numéricos reales, la cantidad de petróleo crudo producida en 1993 fue inferior a la de 1982 (siguiendo la misma tendencia de toda la producción de Energía Primaria descrita anteriormente). Se sitúa en segundo lugar la producción del gas natural (asociado, no asociado y condensados recuperados) con 23.66% en 1982 y 20.41% en 1993; la biomasa (formada por el bagazo de caña y la leña) contribuyó con 3.88% y 4.39% respectivamente, en tanto que la hidro, geo y nucleenergía tuvieron una participación del 2.99% y 4.37% para los años señalados respectivamente; los porcentajes restantes corresponden a la participación del carbón. Cabe señalar que para el año de 1982, aún no entraba en operación la planta nucleoelectrica de Laguna Verde, en el Estado de Veracruz, por lo que la participación individual de la nucleenergía en ese año fue de 0.00%; dicha planta comenzó a operar hasta el año de 1989 y desde entonces hasta 1993, la nucleenergía creció con una Tmca de 91.63%, aunque aún representa una parte muy pequeña (menos del 1% en 1993) del total de la producción de Energía Primaria en el país.

La Tmca más alta en la producción de Energía Primaria de 1982 a 1993 se presentó en los condensados recuperados de los gasoductos de gas natural con 19.57%, lo que contrasta con la producción de gas asociado y no asociado que tuvieron tasas de crecimiento negativas de -2.57% y -5.36% respectivamente. El segundo lugar lo ocupó la geoenergía con una Tmca de 13.65% y el tercer sitio fue

para el carbón, con una Tmca de 3.84% y representando tan sólo el 1.53% de la producción total de 1993.

2.2.3. IMPORTACION DE ENERGIA.

En cuanto a la importación de Energía se refiere, la mayor parte de ésta corresponde a los energéticos secundarios (Tabla 1.5.2.) y, los únicos energéticos primarios que participan son el carbón y el gas natural.

La importación anual de Energía en México tuvo un crecimiento constante y cada vez mayor desde 1982, año en el que se importaban apenas 10.5 Petacalorías (6.913×10^6 bepc), hasta 1992 en que se importaron 115.91 Petacalorías (76.322×10^6 bepc); pero en 1993, las importaciones cayeron a 101.86 Petacalorías (67.07×10^6 bepc), con lo que la Tmca para el periodo de 1982 a 1993 fue de 23.05%.

De los energéticos que se importan, los que han adquirido una importancia cada vez mayor son el combustóleo, el gas natural y las gasolinas.

Mientras que en 1982 las importaciones de combustóleo eran nulas, en 1985 comenzaron a presentarse y para 1988 representaban ya el 76.1% del total de las importaciones de Energía al país, llegando a un máximo en 1989 y posteriormente, disminuyendo hasta que en 1993 representaban sólo el 31.9%. De 1985 a 1993, presentaron una Tmca del 171.9%.

Por otro lado, en 1982 las importaciones de gas natural representaban tan sólo el 4.78% del total, disminuyendo para 1988 hasta el 1.31% y volviendo a crecer, esta vez de manera más notoria por la importancia que ha adquirido como combustible limpio, hasta llegar al 21.84% del total en 1992 pero volviendo a caer hasta el 9.17% en 1993. De 1982 a 1993, las importaciones de gas natural crecieron con una Tmca del 30.57%.

Finalmente, por lo que respecta a las gasolinas, su participación en las importaciones totales de Energía en 1982 representaba apenas el 0.56% y, para 1993 habían alcanzado ya el 42.09%, con una Tasa Media de Crecimiento Anual (Tmca) del 82.30% debido a la gran demanda de ellas por el aumento del parque vehicular en el país y el cuál se ha visto incrementado por la necesidad que tienen los usuarios de transportarse para recorrer las grandes distancias que separan de sus hogares a los centros de estudio y de trabajo donde laboran, pues se ven afectados por el programa "Hoy no Circula", vigente hasta el día de hoy en la Capital del país y zonas conurbadas.

2.2.4. EXPORTACION DE ENERGIA.

En el rubro de las exportaciones participan productos energéticos tanto primarios como secundarios.

De los energéticos primarios, el de mayor importancia es el petróleo crudo, que en 1982 participaba con el 94.33% del total de las exportaciones, reduciéndose este porcentaje a 89.93% para 1993; es decir, la exportación de petróleo crudo presentó una Tmca negativa casi 1% durante el período señalado. El gas natural representaba apenas el 3% de las exportaciones de Energía en 1982, posteriormente, de 1985 a 1992 no hubo exportaciones de este energético y, fue hasta 1993 que se volvió a exportar aunque representando solamente el 0.06% del total de ese año. En lo que al carbón se refiere, durante todo el período su contribución a las exportación fue inferior al 1% del total; por otro lado, en 1982 las exportaciones de electricidad eran nulas y, para 1993 contribuyeron con 0.21%, aunque éste, sigue siendo un porcentaje muy bajo.

En cuanto a los los energéticos secundarios, el gas licuado, las gasolinas y el diesel contribuían con apenas el 0.33% de las exportaciones energéticas en 1982 y, para 1993 habían alcanzado ya el 5.66%. El combustóleo representaba el 2.34% de

las exportaciones de Energía en 1982 y el 2.93% para 1993. El resto de las exportaciones corresponde a la participación conjunta del coque, kerosinas y productos no energéticos⁹.

El crecimiento más importante en las exportaciones de energía se ha presentado en el gas licuado, gasolinas y diesel, con Tasas Medias de Crecimiento Anual (Tmca) del 27.70%, 28.69% y 29.15% respectivamente y seguidos muy atrás por el combustóleo con una Tmca del 1.51% para el periodo de 1982 a 1993; el resto de las exportaciones energéticas han disminuido en mayor o menor grado, dando un resultado neto negativo para la Tmca total de las exportaciones de energía, siendo ésta del -0.56%.

Durante el primer trimestre de 1994, México exportó 1.338×10^6 barriles diarios de crudo (2.032 Petacalorías) a un precio promedio de 11.6USD/barril, destinando el 73.1% a los Estados Unidos de Norteamérica.

Los ingresos por exportación de crudo mexicano durante 1994 se vieron beneficiados gracias al incremento de participación del crudo extraligero Olmeca, que para el primer trimestre de 1994 contribuyó con 310,000 barriles diarios mientras que en 1993 lo hacía con 218,000 y apenas con 157,000 en 1992.^[10]

2.2.5. CONSUMO DE ENERGIA.

Durante el periodo de 1982 a 1993, el consumo de Energía en México fue creciente debido a la cada vez mayor demanda de energéticos por parte de los diversos sectores de la economía nacional, con excepción de los años 1983, 1986 y

⁹ **Productos no Energéticos:** asfaltos, lubricantes, grasas, parafinas, olefinas, etano, propano-propileno, butano-butileno, azufre y materia prima para la fabricación del negro de humo.

^[10] Invertirá PEMEX 365 millones para iniciar el Proyecto Olmeca: Rojas. 25 de Mayo de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 30.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

1993 en que hubo una ligera disminución en dicha demanda con respecto al año anterior a cada uno de ellos.

La Tasa Media de Crecimiento Anual (Tmca) del consumo energético del periodo en estudio fue del 0.991%, siendo los mayores años de crecimiento 1989 respecto a 1988 con 5.9% y, 1991 respecto a 1990 con 2.5%.

En los gráficos 18, 19 y 20, LAMINA A.6. del ANEXO A se pueden observar las participaciones porcentuales en el consumo de Energía de los diversos sectores económicos de México. En ellos destacan los sectores del transporte, que como ya se había mencionado antes, ha crecido mucho en los últimos años, y el industrial¹¹. En 1982 estos sectores participaban con 22.14% y 22.27%, en 1988 con 21.57% y 21.51% y, en 1993 con 25.91% y 21.88% respectivamente.

Los sectores del transporte e industrial están seguidos por: pérdidas de energéticos por transportación que del 19.54% que representaban en 1982 disminuyeron a 16.43% para 1993; el sector residencial, comercial y público que pasó del 12.87% en 1982 al 15.46% en 1993 (debido al crecimiento de la red vial, el comercio por la pequeña y mediana empresas, y las áreas urbanas del país); y por el autoconsumo del sector energético que disminuyó su participación del 12.081% en 1982 a 10.491% en 1993.

¹¹ **Sector Industrial:** Incluye a las industrias química, siderúrgica, azucarera, del cemento, de celulosa y papel, del vidrio, de fertilizantes, de la cerveza y la malta, de aguas envasadas, automotriz, de la construcción, del aluminio, del hule, del tabaco y, minera.

2.3. IMPORTANCIA DE LA ENERGIA EN LA ECONOMIA NACIONAL Y PRINCIPALES SECTORES CONSUMIDORES. ^[11]

Como ya se mencionó anteriormente, los energéticos representan un insumo de suma importancia para el buen desempeño de todos los sectores económicos del país. En México, los sectores que mayor contribución tienen al consumo de Energía son:

1.- SECTOR ENERGETICO: AUTOCONSUMO.

El Sector Energético es el primer consumidor de los energéticos que él mismo produce. Además es importante resaltarlo en primer plano ya que, aunque no es el principal consumidor final de Energía, es éste el sector que provee a los demás de los insumos básicos para su operación y consecuente desarrollo y crecimiento.

Mientras que en 1982 el Sector Energético consumió 427.015 Petacalorías (281.172×10^6 bepc) equivalentes al 34.64% del consumo energético nacional total (incluyendo pérdidas por transformación, distribución y almacenamiento), para 1993, con una Tmca negativa de 0.90% y algunos altibajos en el trayecto, redujo su consumo a 386.593 Petacalorías (254.555×10^6 bepc) equivalentes al 28.38%; es decir, requirió cerca de 26 millones de barriles equivalentes de petróleo crudo menos que en 1982, aunque no necesariamente esto implica una mejora en su eficiencia energética.

El Sector Energético es un contribuyente muy importante para el Producto Interno Bruto (PIB) nacional. Desde 1982 su PIB sectorial ha sido monotónicamente creciente y aunque en términos porcentuales ha disminuído con respecto al PIB total (mientras que en 1982 contribuía con el 2.67%, para 1993 contribuía con el 2.42%), es un buen parámetro del crecimiento económico nacional durante el período en cuestión.

Una vez transformada la Energía de primaria a secundaria (Tabla 1.5.2.), los Sectores Económicos más consumidores son:

[11] BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993. Octubre 1994. México.: SEMIP.

2.- SECTOR TRANSPORTE.

Después del Sector Energético, el Sector Transporte es actualmente el principal consumidor de Energía en México, y en 1992 participó con el 7.06% del Producto Interno Bruto (PIB) Nacional, (no se tienen datos disponibles para 1993).

De 1982 a 1993 el Sector Transporte aumentó su consumo energético con una Tmca del 2.36% para alcanzar las 352.823 Petacalorías (232.32×10^6 bepc),, que representaron el 25.907% del total del consumo energético nacional de 1993 y que ubican a este sector como el principal consumidor de Energía en el país. El consumo de Energía del Sector Transporte para el período 1982-1988 presentó un comportamiento negativo con ciertos altibajos y con una Tmca de -0.208%, en contraste con el crecimiento constante durante el período 1988-1993 que tuvo una Tmca de 5.53%. Así, podemos decir que el creciente consumo de energéticos por parte de este sector durante los pasados 6 años se ha debido al aumento en la demanda de gasolinas por la gran cantidad de automóviles que circulan en el país, principalmente en la Capital de la República y zonas conurbadas, fenómeno acentuado por la implementación del Programa Hoy no Circula desde 1989.

En la Tabla 2.3.1, se señalan los principales tipos de transporte en México y los porcentajes que de cada combustible utilizaron en 1993.

TABLA 2.3.1.: Uso de Energía en el Sector Transporte. Participación Porcentual por Tipo de Transporte.

TIPO	gasolinas y naftas	diesel	kerosinas	gas licuado	combustóleo	electricidad
Autotransporte	72.4%	26.2%		1.4%		
Aéreo	1.3%		98.7%			
Ferrovionario		100%				
Eléctrico						100%
Marítimo		38.8%			61.2%	

FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993, SEMIP.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

El autotransporte utilizó el 91.6% del total de la Energía del sector, el transporte aéreo utilizó el 6.4%, el ferroviario utilizó el 1.6%, el marítimo el 0.2% y el eléctrico (integrado por los Metros de las ciudades de México y Monterrey, así como el tren ligero, trolebuses y transporte eléctrico), a pesar de su importancia apenas utilizó el 0.2% del total del sector. (GRAFICA A.19.1).

3.- SECTOR INDUSTRIAL.

El Sector Industrial es el segundo consumidor mayoritario de Energía en México. En 1982 consumía el 22.27% del total y para 1993, consumía el 21.85%, correspondientes a 298.038 Petacalorías (196.245×10^6 bepc). Además, su participación nacional al PIB fue del 23.27% en 1992 siendo la segunda en importancia, (no se tienen datos disponibles para 1993.).

Los energéticos de los que el Sector Industrial se valió para su producción en 1993 fueron gas natural (44.0%), combustóleo (21.3%), electricidad (15.6%), biomasa (6.5%), diesel (5.6%), coque (5.4%), gas licuado (1.5%) y kerosinas (0.1%).

Son dieciséis las principales ramas industriales consumidoras de Energía en México y que en 1993 representaron el 72.0% del consumo energético total del sector. Estas ramas son: **PEMEX-Petroquímica, industria siderúrgica, química, azúcar, cemento, minería, celulosa y papel, vidrio, fertilizantes, cerveza y malta, aguas envasadas, construcción, automotriz, hule, aluminio y tabaco.** De éstas ramas industriales, las principales por su consumo energético en 1993 se presentan en la Tabla 2.3.2.

TABLA 2.3.2.: Uso de Energía en el Sector Industrial, 1993. Participación Porcentual por Ramas de los principales energéticos.

	gas natural (131.2 Pcal)	combustóleo (63.5 Pcal)	electricidad (46.6 Pcal)
PEMEX-Petroquímica	29.1%		
Siderúrgica	16.2%		9.6%
Química	10.0%	14.5%	7.9%
Vidrio	5.3%		
Cemento		31.9%	6.3%
Azúcar		14.0%	
Celulosa y Papel		6.8%	
Minería			8.3%
otras	39.4%	32.8%	67.9%
TOTAL	100.00%	100.00%	100.00%

FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993, SEMIP.

Como se puede ver de esta tabla, sin contar a PEMEX-Petroquímica y "otras", las principales ramas industriales consumidoras de los tres principales energéticos del Sector Industrial en 1993 fueron la Industria Química (26.009 Petacalorías), la Industria Siderúrgica (25.73 Petacalorías) y la Industria del Cemento (23.192 Petacalorías), que juntas cubren el 31.053% del consumo industrial total.

Cabe señalar que la Industria Azucarera, es la única que consume biomasa (caña de azúcar) como energético para la producción del 79.4% de sus necesidades eléctricas de 1993 y que en 1992 representaba el 90.5% de las mismas.

En cuanto a producción privada de electricidad por autogeneración en el sector industrial, en 1993 se produjeron 8.147 Petacalorías en una capacidad instalada que ascendía a 2,808.97MW correspondientes al 9.62% del total nacional. Las principales ramas autogeneradoras de electricidad en 1993 fueron PEMEX-Petroquímica (52.35%), azúcar (13.57%), siderúrgica (10.50%), celulosa y papel, química, minería, cerveza y malta, fertilizantes y otras no pertenecientes a las 16 principales. (gráfico 27, LAMINA A.8. del Anexo A.).

4.- SECTOR RESIDENCIAL, COMERCIAL Y PUBLICO.

El Sector Residencial, Comercial y Público incrementó su participación en el consumo energético nacional de 12.86% en 1982, a 15.46% del total en 1993, sumando 210.569 Petacalorías (138.651×10^6 bepc). La participación del sector comercial al PIB en 1992 representó la mayor contribución con el 23.96% del total.

Los energéticos más utilizados por este sector en 1993 fueron gas licuado (39.7%), leña (34.3%), electricidad (16.4%), gas (5.1%), combustóleo (3.8%), kerosinas (0.5%) y diesel (0.2%).

5.- SECTOR AGROPECUARIO.

De los cuatro últimos subsectores mencionados, éste es el que menos Energía consume en México, participando con apenas el 1.689% del total nacional en 1993, y después de haber disminuído con un Tmca negativa de 1.144% desde 1982.

Los energéticos utilizados por el Sector Agropecuario en 1992 fueron el diesel (73.0%), electricidad (22.1%), kerosinas (3.7%) y gas licuado (1.2%).

El Sector Agropecuario, es un sector que actualmente atraviesa un período de crisis profunda, pues la producción nacional agropecuaria ha disminuído en los últimos años haciendo que aumenten las importaciones. Este, es un sector al que se le debe apoyar para superar sus problemas ya que es uno de los mayores contribuyentes al PIB Nacional (6.98% en 1992), y además es un consumidor potencial de mayor cantidad de Energía.

2.4. PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL, 1982 - 1993.¹¹

2.4.1. RESERVAS PROBADAS DE COMBUSTIBLES FOSILES.

El conocimiento de las reservas probadas de hidrocarburos de cada país del mundo es vital para su economía, ya sea que se trate de países exportadores o bien importadores de los principales energéticos primarios: petróleo crudo, gas natural y carbón.

En cuanto al petróleo crudo y gas natural se refiere, las reservas mundiales probadas de éstos hidrocarburos han ido en aumento, creciendo alrededor del 10% desde 1987 hasta 1992,^[12] sin embargo la mayor parte de dicho aumento está constituida por reevaluaciones de reservas ya existentes conocidas en el Medio Oriente, en donde los riesgos de seguridad del suministro desde el punto de vista político, particularmente del petróleo, y la posibilidad de que la OPEP vuelva a ejercer su influencia en los precios de los mercados mundiales son considerables.

PETROLEO.

Para el año de 1993, se contaba con un total mundial de 136.7×10^9 Toneladas de petróleo crudo en reservas probadas. De éstas, el 65.54% pertenecen a los países del Medio Oriente, de los cuáles Arabia Saudita posee sola el 25.9% del total mundial, lo que lo convierte en el primer productor mundial de petróleo crudo, y es seguido por Iraq con 9.9%, Kuwait con 9.6%, Irán con 9.2% y Abu-Dhabi con 9.1%. América Latina contribuye con el 12.95%, ocupando Venezuela el primer lugar de la región y el sexto lugar mundial al concentrar el 6.66% y, México ocupa el segundo sitio regional y el

¹¹ VER GRAFICOS DEL ANEXO B.

^[12] ENERGY IN EUROPE, A VIEW TO THE FUTURE. September 1992. Commission of the European Communities. Directorate General for Energy. Spain.

séptimo mundial contribuyendo con el 5.19% del total mundial. Europa (los países europeos integrantes y no integrantes de la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico, OCDE, incluyendo la ex-URSS) participa con el 7.54%; Africa con el 6.00%, siendo Libia la de mayor participación con el 36.59% del total de la región; Norteamérica participa con el 3.58%; y, Asia y Australia contribuyen con el 4.39% restante, tras haber sufrido una reducción del 20.9% en las reservas regionales, lo que les obliga a recurrir al suministro de petróleo proveniente del Medio Oriente para satisfacer su creciente demanda.

GAS NATURAL.

Hacia finales de 1993, se contaba con $142 \times 10^{12} \text{ m}^3$ en reservas probadas de gas natural en el mundo. La mayor parte de éstas reservas se encuentra en territorio de los países europeos que no forman parte de la OCDE (los de la ex-URSS entre otros), alcanzando el 40.21% del total mundial, concentrándose tan sólo en Rusia, el primer productor mundial de gas natural, el 34.15% del total de las reservas mundiales. Estos países están seguidos en la lista por los países del Medio Oriente, que poseen el 31.62% y, de ellos, el más rico en gas natural es Irán, el segundo productor mundial, con el 14.58% mundial. Las demás regiones del orbe cubren el porcentaje restante y de ellas, América Latina participa con el 5.35% del total mundial. México ocupa el decimoquinto sitio en reservas de gas natural, junto con Noruega y Usbekistán, contribuyendo apenas con el 1.41%.

CARBON.

Los yacimientos de carbón que se encuentran clasificados como reservas recuperables probadas hasta 1993 suman $1,039.182 \times 10^9$ Toneladas, incluyendo reservas bituminosas de antracita y de lignito.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

La región donde se concentra la mayor cantidad de carbón en reservas probadas es, al igual que para el gas natural, la correspondiente a los países europeos no pertenecientes a la OCDE, con el 31.36% del total mundial, seguida por Asia y Australia con el 29.25% y en tercer lugar Norteamérica con el 23.98%; sin embargo, es Estados Unidos el país más rico en yacimientos carboníferos y concentra el 23.15% del total mundial. Los países de Europa pertenecientes a la OCDE, junto con el Medio Oriente, Africa, y América Latina completan las reservas restantes. México contribuye apenas con el 0.17% mundial debido a que en nuestro país, los yacimientos carboníferos son muy escasos.

2.4.2. PRODUCCION DE ENERGIA PRIMARIA.

En el año de 1982, la producción mundial de los principales energéticos primarios (petróleo, el gas natural y el carbón) ascendía a $6,108.3 \times 10^6$ Toneladas de petróleo crudo equivalente (Tpce^U), y durante los siguientes once años ésta producción aumentó con una Tasa Media de Crecimiento Anual (Tmca) del 1.489% para llegar a las $7,186.4 \times 10^6$ Tpce en 1993; presentando el mayor incremento en 1984 cuando creció 5.51% con respecto a 1983. Este aumento constante en la producción de energéticos primarios se debe a la demanda cada vez mayor que tienen los mismos en el mercado, motivada por diversas circunstancias como son el desarrollo mismo de los países, la disminución general de la temperatura de la Tierra, las guerras que ha habido durante los últimos años, etc.

Los mayores productores de energéticos primarios han sido los países de Europa no pertenecientes a la OCDE que en 1982 contribuían mayoritariamente con el 35.97% y su producción integrada fue disminuyendo a lo largo del período en estudio para llegar a 1993 con el 20.47%, en tanto que Estados Unidos y Canadá en conjunto pasaron del segundo sitio en 1982 con una aportación del 24.48% mundial, al primer

^U 1 Tpce = 7.33 barriles de Petróleo crudo.

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

sitio en 1993 al producir el 23.91% mundial. La producción conjunta de Asia y Australia pasó de apenas el 7.89% en 1982 al 19.11% en 1993, ganando así mercado a los productores mencionados anteriormente.

El resto de las regiones productoras de Energía Primaria del mundo, con excepción del Medio Oriente que, aunque con ciertos altibajos se mantiene con participaciones superiores al 10% y a veces cercanas al 15%, han tenido participaciones inferiores al 10% cada una durante todo el periodo señalado, siendo Africa la que representa el menor porcentaje (5.69% en 1982, 5.98% en 1988 y 6.98% en 1993).

2.4.3. CONSUMO DE ENERGIA .

ENERGIA PRIMARIA.

Dentro del consumo mundial de Energía Primaria se incluyen además del petróleo, carbón y gas natural, la nucleenergía y la hidroelectricidad. Este consumo, ha tenido una Tmca del 1.865% desde 1982 en que se consumían $6,368.7 \times 10^6$ Tpce hasta 1993 en que se consumieron $7,804.3 \times 10^6$ Tpce.

Una vez más los principales consumidores en conjunto han sido Estados Unidos y Canadá que se han mantenido a la cabeza durante los once años del periodo de referencia, siempre con porcentajes de participación superiores al 25% del total mundial y a veces, muy cercanos del 30%. Tras estos dos países, los principales consumidores de Energía Primaria han sido los países europeos no pertenecientes a la OCDE con una participación del 24.04% en 1982 y 17.78% en 1993; los países europeos pertenecientes a la OCDE con 18.94% y 18.09% para los mismos años y, Asia y Australia que mientras en 1982 eran la cuarta región consumidora de Energía Primaria en el mundo con el 17.99%, para 1993 habían ya alcanzado el segundo

LA ENERGIA EN MEXICO Y EN EL MUNDO.

puesto, con una participación del 24.66%, lo que indica la importancia que ha alcanzado esta región como centro de desarrollo económico e industrial a nivel mundial. Finalmente, América Latina, el Medio Oriente y Africa consumen cantidades inferiores al 5% mundial cada una de ellas.

ENERGIA SECUNDARIA.

En cuanto a Energía Secundaria se refiere (Tabla 1.5.2.), y en la que se incluyen los productos derivados del petróleo tales como la gasolina, destilados intermedios (kerosinas, diesel y combustible para embarcaciones), fuel-oil y otros (gas de refinerías, gas LPG, solventes, coque, lubricantes, bitúmen, ceras) se observa un crecimiento constante y homogéneo a lo largo del período 1982 - 1993. Para 1993, el consumo mundial de Energía Secundaria había alcanzado las $2,789.4 \times 10^6$ Tpcce con una Tmca del 1.87% a partir de 1982 debido principalmente al crecimiento paralelo de la demanda de combustibles para el transporte (de todo tipo).

El principal consumidor de Energía Secundaria en el mundo ha sido Estados Unidos, con participaciones de consumo alrededor del 30% del total mundial; seguido por los países de Europa de la OCDE, que consumen cerca del 25%; luego los países no asiáticos pertenecientes al grupo de Países Menos Desarrollados, PMD's^K, con participaciones prácticamente constantes entre el 18% y 19%; y, en cuarto lugar los países asiáticos del grupo de los PMD's, con participaciones en aumento que van desde el 10% hasta un poco más del 16%. Japón, consume sólo cerca del 10% y el resto, lo consumen Canadá y Australasia.

^K PMD's: Países Menos Desarrollados. TABLA B.2. DEL ANEXO B.

CAPITULO 3.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.1. INTRODUCCION.

La *Energía*, no es simplemente una "serie de ventajas" sin relación alguna con el resto de los requerimientos e intereses del ser humano. La Energía, proporciona al hombre una gran cantidad de servicios tales como la calefacción, el enfriamiento y la refrigeración, los alimentos, la luz eléctrica y la fuerza motriz de los medios de transporte. El uso y la provisión de la Energía representan una fuerza de carácter social y de gran impacto en el ambiente; a tal grado que, ningún reporte acerca de la Energía puede pasar por alto los diferentes usos que la humanidad le ha dado a ésta, ya sea que la haya utilizado de manera eficiente o no, o bien, que haya tenido o no los medios para aprovecharla. Cuando la gente no tiene acceso a la Energía en la forma y cantidad en que las requiere para satisfacer sus necesidades básicas, se presenta una clara evidencia de una "privación inaceptable". Actualmente, la forma más tradicional y por mucho tiempo no comercial de la *Energía*, que es el uso de la *madera como combustible*, se está volviendo cada vez más difícil de obtener para un número de personas cada vez mayor.

En el mundo actual, aproximadamente el 50% de la gente no tiene acceso a la "energía comercial", y mucho menos a los servicios y comodidades que ésta implica.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

Tal vez, dentro de treinta años haya cerca de tres mil millones de personas más en el planeta y, aproximadamente el 90% de éstas viva en aquéllos países que se encuentran mas atrasados tecnológicamente y pobres económicamente hablando, de tal forma que la mayoría de éstos nuevos habitantes no tendrá la capacidad de obtener aquellos bienes o servicios que en la actualidad resultan básicos para nosotros, a menos que tengan acceso a la Energía suficiente para poder satisfacer dichas necesidades. Aún cuando este número adicional de personas alcance a cubrir el consumo per cápita actual de Energía de los Países en Desarrollo en sus formas tradicionales, para el año 2020 éstos países presentarán las más altas emisiones de gases contaminantes, producto del consumo de los combustibles fósiles.^[13]

Cuanto mayor es el crecimiento y enriquecimiento de la economía de un país, menor tiende a ser la cantidad de Energía que ese país requiere para lograr los incrementos adicionales necesarios en su actividad económica; por lo tanto, se requieren mayor presión y capacidad tanto tecnológica como económica, para lograr un "uso eficiente de la Energía". En el futuro, habrá una presión cada vez más intensa y continua tanto sobre los proveedores como sobre los usuarios de la Energía para lograr que el uso que a ésta se le de sea más eficiente, tanto por razones económicas como ambientales.

El Ahorro y Uso Eficiente de la Energía "deben" constituir uno de los *lineamientos estratégicos* de la Política Energética nacional de cualquier país, porque apoyan el esfuerzo de productividad de toda la economía, mejoran la competitividad de nuestros productos en el extranjero, amplían el horizonte energético y liberan recursos tanto energéticos como económicos para decidir su uso más eficiente en función de las necesidades del país.

En México, el proceso de modernización del país conlleva implícitamente el mejoramiento sustancial de la eficiencia en el uso de la Energía; sin embargo, aunque la tecnología apropiada ya se encuentra disponible, el acceso a ella se encuentra condicionado por el comportamiento futuro de la economía nacional, así como por las

^[13] William Chernowetz. 1979. Energy Management. Preserve Energy Savings Momentum. Hydrocarbon Processing, July. p.p. 117-120.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

políticas de precios que se adopten y que deben reflejar en todo momento su costo de oportunidad para el país. Es necesario continuar e innovar una política de precios de Energía concomitante con sus costos para no alentar producciones que generen un escaso valor agregado comparado con los usos prioritarios alternativos y con mejores costos de oportunidad. Así, se debe apoyar el financiamiento de inversiones para el Ahorro de Energía que, para que sean rentables, se deben comparar con la estructura de precios con el fin de evitar inversiones cuantiosas con ahorros poco significativos.

También se debe procurar la introducción de procesos tecnológicos que reduzcan la Intensidad Energética, adquiriendo equipos de proceso y rutas tecnológicas más eficientes y que cumplan con el desarrollo de los sectores más importantes para el consumo popular y generalizado.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.2. USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.2.1. CONSERVACION DE LA ENERGIA.

Las actividades y métodos que involucra la Administración de la Energía pueden ser resumidos en seis pasos:

1. Preparación y entrenamiento intensivo de expertos en el campo de la Energía.
2. Estudio y análisis de las estructuras existentes.
3. Desarrollo y prueba de nuevos sistemas y tecnologías.
4. Implementación y aplicación de las tecnologías desarrolladas.
5. Información y educación pública lo suficientemente objetiva y explicativa.
6. Intervención por parte del Estado desde el punto de vista legislativo con el fin de establecer códigos de conducta.

Todas y cada una de las actividades pasivas o activas referentes a la Conservación de la Energía que el hombre lleva a cabo, sean éstas tecnológicas o no, se pueden clasificar en alguna de las siguientes categorías:

1. **Ahorro de Energía.** Incluye todas aquellas acciones que se llevan a cabo con el fin de reducir el consumo energético, siendo a veces necesario privarse de algunas comodidades o servicios.
2. **Uso racional de la Energía.** Incluye todas aquellas actividades cuyo fin es alcanzar el *Uso Eficiente de los Recursos Energéticos Disponibles de un País* al minimizar el consumo energético en relación con los *aspectos económico, ecológico y social.*

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3. Sustitución de unas formas y fuentes de Energía por otras. Se refiere a los cambios o modificaciones en el uso de combustibles, que se hacen deliberadamente como parte de una Política Energética, que son razonablemente económicos, tecnológicamente benéficos y/o ecológicamente necesarios.

3.2.2. USO RACIONAL DE LA ENERGIA.

El uso "*racional*" de la Energía se logra cuando se reduce el uso específico o el consumo energético primario o final en algún servicio dado. Existen cuatro formas básicas de reducir el consumo específico de la Energía:

1. Evitar consumos innecesarios.
2. Reducción de la demanda específica de Energía..
3. Implementación de la Eficiencia Energética.
4. Recuperación de Energía.

En la Tabla 3.2.2. se resumen las principales acciones, métodos y estrategias a seguir para lograr el Uso Racional de la Energía de acuerdo a las cuatro formas básicas mencionadas arriba.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

TABLA 3.2.2.: Acciones, métodos y estrategias en el Uso Racional de la Energía. ^[14]

ACCIONES ESTRATEGIAS	1.- Evitar consumos Innecesarios.	2.- Reducción de la demanda específica de Energía.	3. Implementación de la eficiencia energética.	4. Recuperación de Energía.
<p>A). mejoras tecnológicas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> - extracción - conversión - transportación - abastecimiento <p>de la Energía.</p>		<ul style="list-style-type: none"> - uso de aislantes térmicos. - construcciones basadas en una arquitectura solar. - sustitución de unos tipos de energía por otros (como energía mecánica por calorífica, por ejemplo). - selección de los procesos y la tecnología adecuada de producción. 	<ul style="list-style-type: none"> - uso de procesos de ciclo combinado para la conversión de la energía. - tamaño adecuado de las plantas de producción de energía. - optimización de los sistemas de producción.. - cogeneración. 	<ul style="list-style-type: none"> - reduciendo el consumo de energía calorífica por medio de las acciones 1,2,3. - concatenación del uso de energía calorífica por parte de los materiales que fluyen a través de un proceso - recuperación de energía utilizando o no energía extra dentro o fuera de los procesos.
<p>B). mejoras en la tecnología de las plantas y su operación gracias a la organización de actividades para la optimización de la Energía.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - evitar las máquinas ociosas. - control de los tiempos y de las variables de operación de los procesos. 	<ul style="list-style-type: none"> - optimización de la energía desde el diseño de la forma de producir un material. - reciclaje de materiales. - uso de energía mecánica y no calorífica para secar. - cocinar a presión. - evaporación al vacío. 	<ul style="list-style-type: none"> - optimización del control de los procesos. - integración de tecnologías para el abastecimiento de la energía. 	<ul style="list-style-type: none"> - reduciendo el consumo de energía calorífica por medio de las acciones 1,2,3. - igualar la demanda de energía calorífica a la cantidad de calor que es posible recuperar en un proceso.
<p>C). cambios orientados hacia la demanda de Energía por parte de consumidores.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - revisión de la demanda real de cada forma de energía en cantidad y calidad. 	<ul style="list-style-type: none"> - tendencias de la moda: <ul style="list-style-type: none"> ropa: diseño de materiales textiles que no requieran lavarse muy seguido. coches: considerar el consumo de energía de acuerdo al tamaño y potencia del auto; más aerodinámicos y uso de transporte público. 	<ul style="list-style-type: none"> - cambios en la estructura de clasificación de los productos. - cambios macroeconómicos. 	

[14] H. Schaefer. 1993. RATIONAL USE OF ENERGY: Paths and Relisable Potential. International Journal of Global Energy Issues. Vol. 3. p.p. 117-125.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.3. CONCEPTO DE EFICIENCIA ENERGETICA.

El término **Eficiencia Energética** no es un concepto claramente definido, así, tradicionalmente se maneja desde dos puntos de vista:

- 1. Precios Eficientes:** Cuanto menor es el precio de la Energía comercial, mayor es su demanda pero menor es la Eficiencia Energética.
- 2. Administrativamente:** Se logra la Eficiencia Energética únicamente cuando la Tasa de Retorno a la Inversión es mayor o igual que cero, alternativamente, cuando es mayor o igual al Costo del Capital.

Sin embargo, no existe una definición de Eficiencia Energética universalmente aceptada. En general, la *Eficiencia Energética* es un término cualitativo que se refiere a la administración "inteligente" de la Energía, en la que el consumo de ésta se utiliza para la obtención de bienes y servicios. *Ser energéticamente eficiente* es reducir el consumo energético requerido para proveer una cantidad dada de bienes y servicios, o bien, aumentar dicha cantidad de bienes o servicios sin incrementar proporcionalmente el consumo energético.^[15]

Frecuentemente, dentro del sector manufacturero, la Eficiencia Energética se define empíricamente en términos del cambio en la **Intensidad Energética**, es decir, de la cantidad de Energía consumida (requerida) por unidad producida de Producto Interno Bruto (PIB), de un país, (concepto que también se maneja en el siguiente Capítulo).

[15] J. L. Preston, R. K. Adler & M. A. Schipper. 1992. Energy Efficiency in the Manufacturing Sector. Monthly Energy Review, Dec.

3.3.1. INTENSIDAD ENERGETICA.

La Intensidad Energética es el resultado de dividir el consumo anual total de Energía entre el Producto Interno Bruto (PIB) de un país:

$$\text{Intensidad Energética} = (\text{consumo energético})/(\text{PIB}) = [\text{Kcal}/\text{\$producido}]$$

donde:

Consumo Energético = f (grado de industrialización, población total, política de conservación, avance tecnológico y modernización, precios.)

Producto Interno Bruto (PIB) = f (grado de industrialización, dotación de recursos, población económicamente activa, especialización y grado de desarrollo.)

Típicamente, un decremento en el valor de la Intensidad Energética se interpreta como un incremento o mejora en la Eficiencia Energética y viceversa; ^[16] así, *cuanto menor es el valor de la Intensidad Energética de un país, mayor es la Eficiencia Energética de éste*, ya que hay mayor producción de riquezas con menor consumo energético. Sin embargo, aunque una mejora en la eficiencia energética conlleva necesariamente un decremento de la Intensidad Energética, ésta puede cambiar también por otros factores no relacionados con la Eficiencia Energética, y entre estos factores se encuentran:

[16] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

- 1. Cambios Estructurales:** La composición del sector manufacturero cambia como respuesta a la demanda de los bienes por los consumidores: mientras que algunos productos elevan su participación en la demanda global del mercado, otros la disminuyen.

Ejemplo: Si en el año X en una economía con tan solo dos sectores, el sector A produce 100 unidades con un consumo energético de 200,000 calorías, y el sector B produce 100 unidades con un consumo energético de 500,000 calorías, entonces la Intensidad Energética sectorial es de 2,000 y 5,000 cal/unidad respectivamente y la global es de 3,500 cal/unidad. Posteriormente, en el año X+5 el sector A produce 500 unidades con un consumo energético de 1×10^6 calorías y, el sector B sigue produciendo las mismas 100 unidades con el mismo consumo energético de 500,000 calorías, dando como resultado una Intensidad Energética sectorial exactamente igual a la de cinco años antes pero, una Intensidad Energética global de 2,500 cal/unidad.

En este caso, la Intensidad Energética individual de cada sector no cambió porque *no hubo una mejora en la Eficiencia Energética* y sin embargo, la Intensidad Energética global disminuyó en un 28.57% debido a la mayor participación del sector A en el mercado.

- 2. Cambios en el Consumo de Energía producida por el propio Sector Económico:** Si el energético que se obtiene como subproducto de un proceso de producción sirve para remplazar al energético que nos surte el Sector Energético (S.E.), el cambio en la relación de consumo entre ambos (*energético propio/energético S.E.*) puede provocar un cambio en la Intensidad Energética si ésta está determinada por el consumo del energético S.E., y al comparar estos cambios nos podemos dar cuenta del efecto de dicho energético sobre la Intensidad Energética.

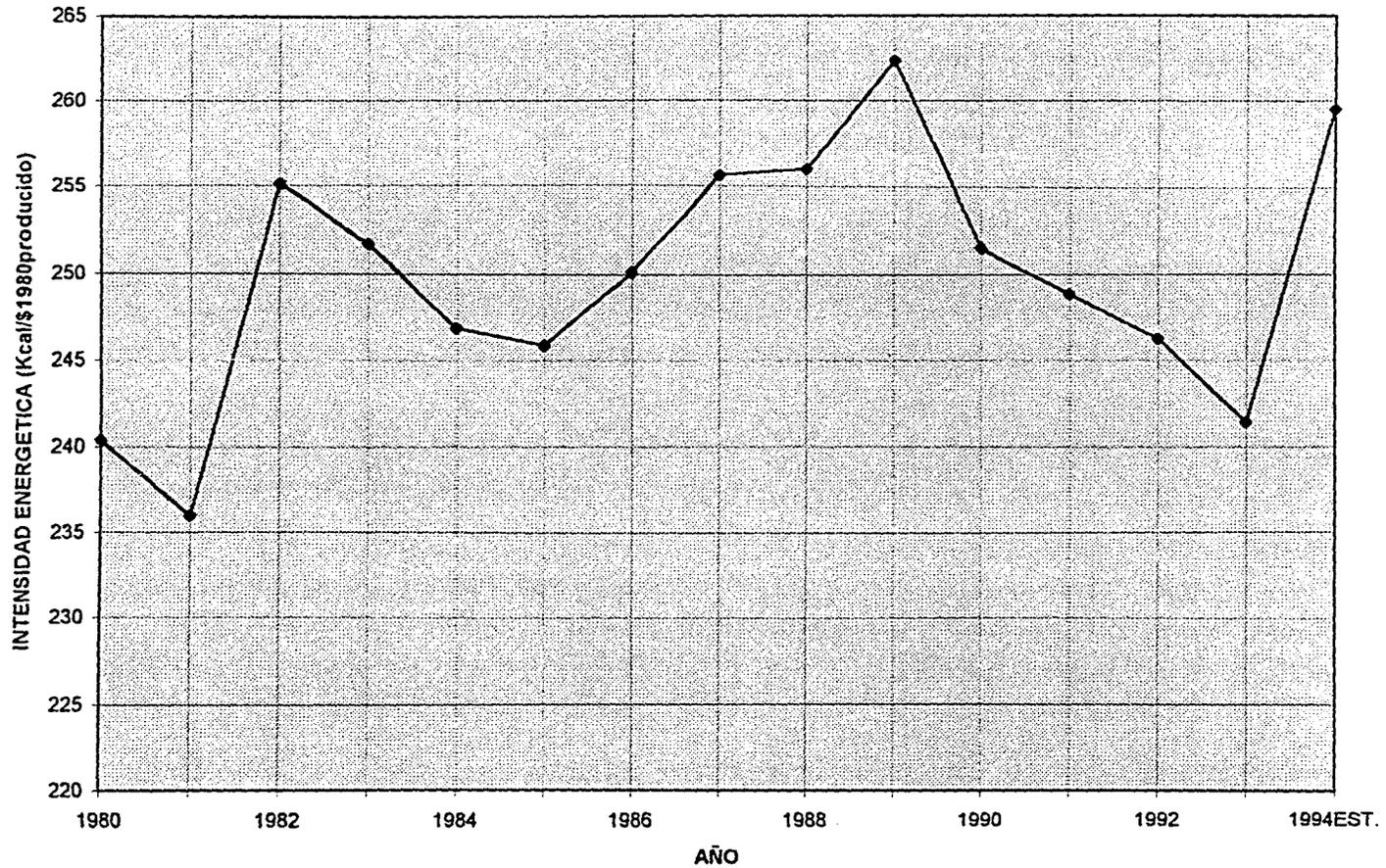
IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

En las LAMINAS 3.3.1.A., 3.3.1.B. y 3.3.1.C., que a continuación se presentan, se puede observar el desempeño errante de la Intensidad Energética de México en los últimos años, así como un comparativo con respecto al desempeño de algunos países desarrollados. Estos gráficos nos dan una clara idea de la Ineficiencia Energética con la que operamos en nuestro país con respecto a otros países del orbe.

En este comparativo podemos ver que para el período analizado, mientras países como Japón, Estados Unidos, Inglaterra, Francia, y Canadá han mostrado una disminución pequeña pero constante en su Intensidad Energética, nuestro país presenta ciertos altibajos y, en la mayor parte del tiempo tiene la mayor Intensidad Energética del grupo que se compara, lo cual se hace aún más evidente en la tercera lámina, donde se presentan las Tasas medias de crecimiento (Tmca) del rubro en cuestión y se observa que el país que abatió más su Intensidad Energética en el período 1974-1991 fue Japón, con una Tmca decreciente de -2.33%, seguido por Inglaterra, con una Tmca negativa de 1.69%, en tanto que la de México fue una Tmca positiva de 4.14%.

El abatimiento de la Intensidad Energética en los países industrializados que aquí se mencionan se ha debido a la aplicación de recursos económicos destinados a la investigación y desarrollo de tecnologías de punta, así como a la implementación de diversos programas de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía desde principios de la década de los 70's, en que se presentó la primera crisis petrolera mundial, ya que para ellos era necesario disminuir básicamente sus consumos petroleros por ser países importadores o de baja producción. Por el contrario, en México se abusó del descubrimiento de los yacimientos de la Costa del Golfo, disparándose el Consumo Energético pero, sin lograr un crecimiento económico adecuado, es decir, crecer más con menos Energía. El pico que se presenta en la LAMINA 3.3.1.B. para México en 1989 se debió a que siendo el año de inicio de la pasada administración, se seguía arrastrando el bajo crecimiento económico del país que se traía de las dos administraciones anteriores, pero se empezaba a impulsar nuevamente la explotación del petróleo, trayendo como consecuencia un PIB superior a los años precedentes, pero también un Consumo Energético que creció en mayor porcentaje que el que con el que se venía creciendo y con una tasa mayor a la del PIB.

DESEMPEÑO DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA EN MÉXICO, 1980-1994.

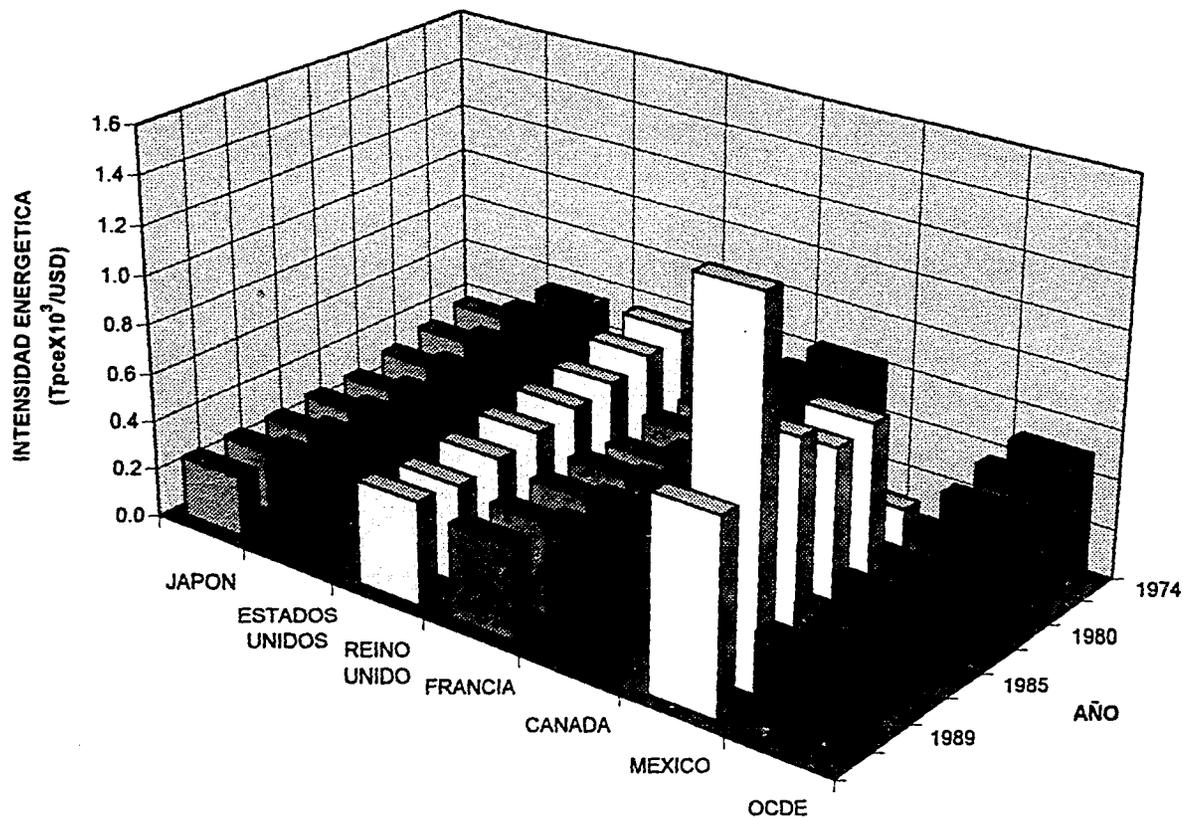


FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGÍA 1993, SEMIP.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

LAMINA 3.3.1.A.

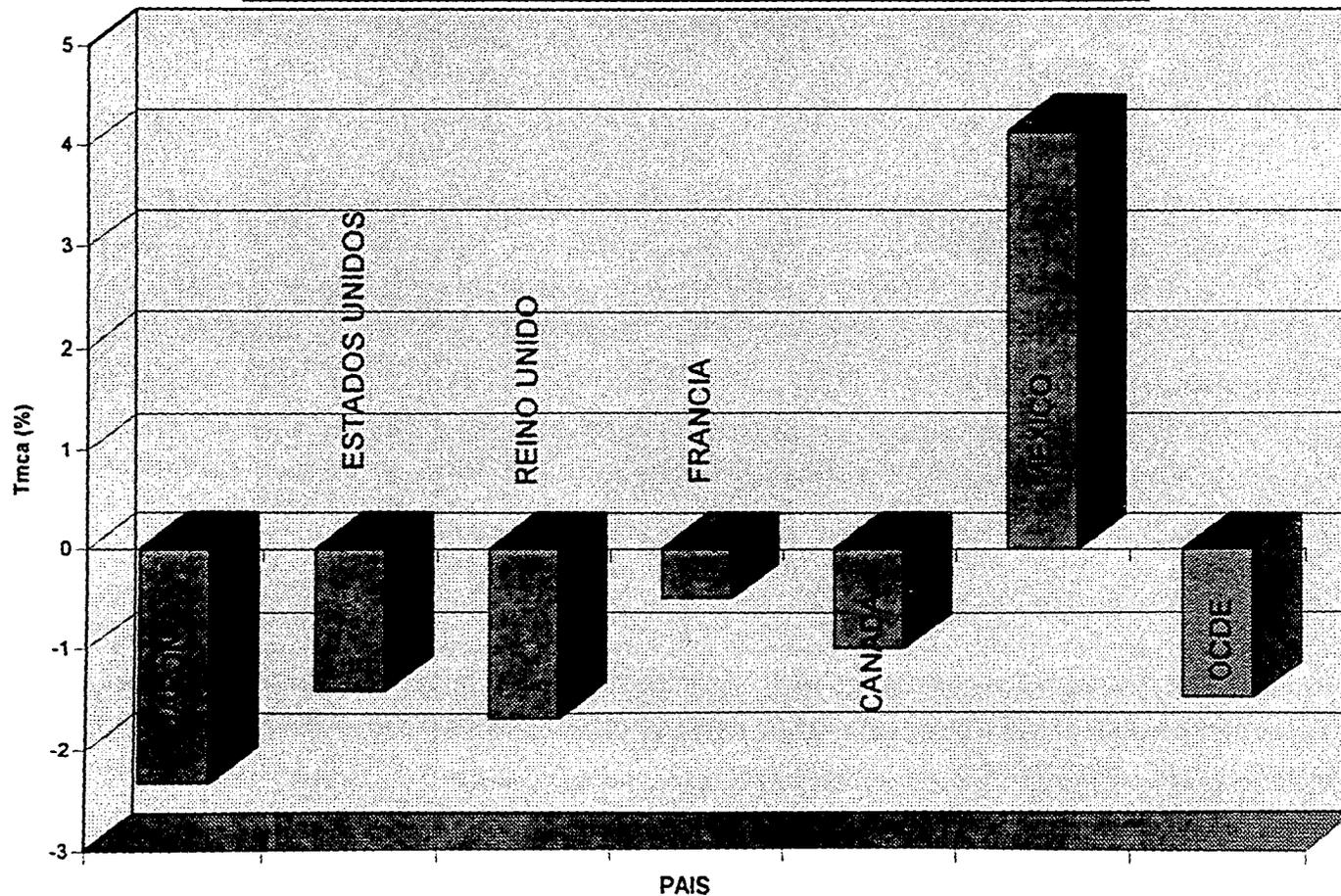
**COMPARATIVO DE LA INTENSIDAD ENERGETICA DE MEXICO CON ALGUNOS PAISES
DESARROLLADOS, 1974-1991.**



FUENTE: STRUCTURAL CHANGES AND ENERGY CONSUMPTION IN THE JAPANESE ECONOMY, 1975-1985.
IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

LAMINA 3.3.1.B.

**COMPARATIVO DE LA TASA MEDIA DE CRECIMIENTO ANUAL (Tmca) DE LA INTENSIDAD
ENERGETICA DE MEXICO Y ALGUNOS PAISES DESARROLLADOS, 1974-1991.**



FUENTE: STRUCTURAL CHANGES AND ENERGY CONSUMPTION IN THE JAPANESE ECONOMY, 1975-1985.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

LAMINA 3.3.1.C.

3.3.2. PRECIOS Y AHORRO ENERGETICO.

En el mundo actual, la gran mayoría de los Países en Desarrollo, y entre ellos México, tienen sistemas de subsidio a los precios de la Energía, es decir, el precio que los consumidores pagan por la Energía que consumen es muy bajo y en algunos casos inferior al costo de producción y distribución de la misma. De acuerdo con el World Development Report, en el año de 1992, las pérdidas totales por programas de subsidio en los Países en Desarrollo alcanzaron un monto de 150,000 millones de dólares, de los cuales 100,000 correspondían exclusivamente a subsidios en la Energía. Estos subsidios absorben una cantidad de recursos económicos y energéticos a escalas inimaginables.

El subsidiar los precios de la Energía es una política tanto económica como ambientalmente ineficiente, ya que los precios bajos motivan el aumento de la demanda de Energía y, por otro lado, reducen el monto de las utilidades reinvertibles para continuar aprovisionando de Energía a los consumidores, al mismo tiempo que no se permite el crecimiento de las reservas energéticas necesarias para el futuro.

En los Países en Desarrollo se consume alrededor de 20%, más electricidad que la que se consumiría si sus precios comerciales fueran realmente los equivalentes al costo marginal de producción. ^[17] Además, los precios bajos para la energía comercial también desmotivan a los inversionistas para invertir en tecnologías más modernas y limpias, con procesos de producción más eficientes.

"Desde el punto de vista social, todos los países deben contar con una Política de Precios en la que, los precios que se fijen para la Energía representen en forma real el costo de producción de la misma y el costo por la contaminación que del consumo de ella deriva. Así, tanto para los productores como para los consumidores, una buena política de precios para la Energía es requisito fundamental para alcanzar la Eficiencia Energética".

[17] William Chernowetz., loc.cit.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.4. EVOLUCION DE LA CONSERVACION Y LA EFICIENCIA ENERGETICAS.

Para principios de los años 70's, la mayoría de los Países Desarrollados tenían ya varias décadas de experiencia con precios bajos para la Energía y una gran cantidad de combustibles de reserva para producirla, lo que trajo como consecuencia un aumento desmedido en el consumo per cápita de Energía. En aquel tiempo, los gobiernos no le daban mayor importancia al consumo desmesurado de la Energía y no fue sino hasta el año de 1973, en que tuvo lugar la primera crisis del petróleo y los precios de los combustibles aumentaron de manera alarmante, que los gobiernos de los Países Desarrollados comenzaron realmente a preocuparse y reexaminaron las Políticas Energéticas vigentes hasta entonces. En la mayoría de estos países, la Conservación y Uso Eficiente de la Energía comenzó a cobrar verdadera importancia y, afortunadamente, contaban con una amplia variedad de recursos para implementar el "ahorro"; así por ejemplo, se comenzaron a utilizar las técnicas de aislamiento con el fin de reducir la cantidad de Energía necesaria para la calefacción y el aire acondicionado y, debido a la demanda de artículos electrodomésticos, éstos se tuvieron que fabricar de tal forma que funcionaran en forma más eficiente. En cuanto al transporte se refiere, las tecnologías ya existentes se utilizaron para la producción de vehículos nuevos con las subsecuentes mejoras para el uso de las gasolinas.

Para mediados de los años 80's, se vió que un porcentaje muy alto de las inversiones para la producción de bienes durante la última década, había sido destinado justamente a la producción de electrodomésticos y motores industriales que reflejaban el uso de las nuevas tecnologías de Ahorro de Energía.

Sin embargo, en los Países en Desarrollo, el cambio en favor de la Eficiencia Energética ha sido mucho más reacio, sólo algunos países, particularmente los que son importadores de petróleo, han tratado de mejorar y diversificar sus Sistemas de Abastecimiento de Energía y, cuando ha sido posible, han agregado mayor valor a sus recursos energéticos locales. Algunos han implantado "tarifas energéticas" con el fin de aliviar, por un lado, sus costos de producción, y de obligar a los consumidores a reducir sus niveles de consumo promedio por el otro. Pero aún así, en muchos de estos países (incluyendo el nuestro), la demanda energética per cápita sigue en

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

aumento y en muchos casos, en lugar de que la Intensidad Energética disminuya, ha seguido creciendo.

En estos países, los agentes económicos y, especialmente los grupos industriales, son los que se han comprometido e interesado más por el ahorro energético en el corto plazo; si ellos logran mayores ventajas en el mercado o bien, vislumbran un mayor y más claro progreso, entonces invierten más para hacer crecer su producción; por el contrario, si sus compañías se encuentran en una posición difícil, simplemente tratan de "sobrevivir" y de llevar a sus empresas a un "estado estable" por si se llegan a enfrentar a una situación de degradación del capital material.

Son cuatro los principales factores que influyen en la Ineficiencia Energética de los Países en Desarrollo:

1. El aumento de los precios de los combustibles en el mercado internacional no se refleja en el precio doméstico de la Energía porque los gobiernos no lo aplican.
2. Gran parte del consumo energético en los Países en Desarrollo no es doméstico, sino que se da en los Sectores Industrial y Comercial básicamente y que en muchos de los casos son manejados por Empresas del Estado sumamente ineficientes o, por industrias muy protegidas.
3. La administración de la Energía por parte de los Monopolios del Estado cuyos Programas para el Subsidio de la Energía inhiben el desarrollo de las condiciones adecuadas para alcanzar la Eficiencia Energética.
4. La falta de competencia en las estructuras del mercado aunada al subsidio a los precios de la Energía y que no permite el desarrollo de intermediarios que evalúen la Eficiencia Energética o busquen nuevas fuentes de financiamiento y de desarrollo de tecnologías.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

Por otro lado, los gobiernos de los Países en Desarrollo tienen muchas veces otras prioridades "antes" que la *Conservación de la Energía*, particularmente, el desarrollo y estímulo al crecimiento del cuerpo económico productivo.

Por estas razones, los programas de Conservación de la Energía en la mayoría de los Países en Desarrollo no han tenido la prioridad necesaria, especialmente en aquéllos que requieren de grandes inversiones, a pesar de las múltiples ventajas económicas que con dichos programas podrían conseguir en su desarrollo general.

Actualmente, es inevitable que en los Países en Desarrollo continúe aumentando el consumo de energía comercial para satisfacer los requerimientos y necesidades de sus habitantes por lo que éstos países se verán en la forzosa necesidad de implementar Programas de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, y tratar de cumplir con ellos y mejorarlos día con día.

En la Tabla 3.4. que se presenta a continuación se pueden observar las diferencias administrativas que caracterizan al Sector Energético de los Países en Desarrollo y de los Países Desarrollados en el año de 1993, mismas que derivan en la *ineficiencia o eficiencia energética* respectivamente.

TABLA 3.4.: Diferencias Administrativas del Sector Energético entre Países en Desarrollo y Países Desarrollados. ^[18]

	CONSUMO ENERGETICO PER CAPITA	PRECIOS ENERGIA	ESTRUCTURA DEL MERCADO	INSTITUCIONES QUE PROVEEN	BARRERAS DE INFORMACION
PAISES EN DESARROLLO	bajo	bajos	industrias protegidas	monopolios públicos	falta de información tecnológica y financiera
	alto crecimiento	subsidiados	monopolios públicos	controladas por reglamentos	
			en vías hacia la eficiencia y el financiamiento energético	mala contabilidad	
PAISES DESARROLLADOS	alto	basados en demanda del mercado	mercados competitivos	empresas públicas y privadas	falta de información sobre los mercados, tecnología e intermediarios financieros
	bajo crecimiento		fácil de entrar a la competencia y tener éxito	reglamentos transparentes	
				balance y supervisión	

^[18] H. Schaffer., loc.cit.

3.5. EFICIENCIA ENERGETICA Y MEDIO AMBIENTE.

Uno de los temas que en la actualidad tiene mayor relevancia para la población mundial en general, es el del Medio Ambiente y las Políticas Ecológicas de Mejora y Conservación Ambiental, debido al impacto que sobre nuestra salud y desarrollo como seres humanos tiene.

Es un hecho que el aumento en la producción y consumo de Energía es uno de los factores que más contribuye a la degradación del medio ambiente y, por ende, la Eficiencia Energética tiene ciertas implicaciones de orden ambiental.

La combustión ineficiente de los combustibles domésticos es un factor determinante del padecimiento de enfermedades respiratorias y otros problemas de salud serios en aquellas personas de bajos recursos; además, el nulo uso del carbón como combustible para la generación de Energía Eléctrica es la causa principal del deterioro de la calidad del agua y del aire. En adición a esto, la mala planeación de las ciudades, su acelerado crecimiento y la gran cantidad de automóviles que circulan todos los días por las avenidas de éstas, han contribuido también en gran medida al incremento de la contaminación atmosférica de las grandes metrópolis, como la Ciudad de México. En la siguiente tabla se pueden observar los valores promedio de los porcentajes de emisiones contaminantes con los que participa cada fuente emisora a nivel mundial y donde se ve que el transporte ocupa el primer sitio.

TABLA 3.5.: Participación Porcentual Mundial promedio a las emisiones contaminantes por tipo de Fuente. ^[19]

CONTAMINANTE	CO	HC's	NO_x	SO_x	PARTICULAS	COMPUESTOS ORGANICOS
FUENTE						
TRANSPORTE	66	42	64	3	6	49
COMBUSTION	12	10	30	27	22	9
INDUSTRIA	7	25	5	70	53	15
INCINERACION	4	2	0	0	2	0
OTROS	11	21	1	0	17	27
TOTAL	100	100	100	100	100	100

^[19] **ALTERNATIVAS PARA COMBUSTIBLES EN EL TRANSPORTE.** Agosto 1990. Comisión Petroquímica Mexicana. México.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

"En un gran número de estudios se ha demostrado que, la degradación del medio ambiente se puede reducir cambiando la viejas tecnologías de producción de las industrias por otras más modernas y que utilicen combustibles limpios como fuentes alternativas de Energía, además de la disminución de la Intensidad Energética de la actividad económica con mejores prácticas de consumo".

3.6. ARGUMENTOS A FAVOR DE LA CONSERVACION DE LA ENERGIA.

"La Conservación de la Energía, tiene por objeto tanto la orientación como al puesta en marcha de las acciones de las políticas económica, industrial y energética encaminadas a la administración de un Sistema de Consumo Energético con una cada vez mayor eficiencia, de tal forma que los servicios que se proporcionan a través de él a los consumidores alcancen un punto máximo cuando el consumo energético sea mínimo y con un costo económico mínimo también".

A continuación, se enumeran los argumentos de mayor peso y valor en favor de la Conservación de la Energía para México y los demás Países en Desarrollo:

1. Contribución al incremento de la productividad de toda la economía y ayuda para alcanzar mayor competitividad en los mercados internacionales.
2. Permite el incremento de la disponibilidad de los recursos energéticos locales no renovables al alargar la vida útil de las reservas de hidrocarburos, por lo que se convierte en una **fuentes de suministro energético adicional** a las tradicionales.
3. En lugar de construir nuevas instalaciones, se transfieren las disminuciones de consumo energético de los demandantes ya existentes a los nuevos demandantes, logrando costos muy inferiores para la empresa suministradora de Energía con respecto a los que incurriría si construyera fuentes adicionales de suministro.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

4. Otorga al país mayor flexibilidad para atender la oferta nacional de los energéticos, así como para mantener su plataforma de exportación.
5. Decremento del impacto del Sistema Energético sobre el medio ambiente.
6. Reducción de las tensiones en el Mercado Energético Mundial del futuro y su impacto sobre las economías de los países y su población.
7. Incremento en la flexibilidad de las inversiones en la producción y utilización de la *Energía*.
8. Reducción de las necesidades de inversión en tanto que el Sistema de Producción de Energía crece.
9. Control de los costos de la *Energía*, mejora en la Balanza de Pagos de los países y liberación de recursos de inversión hacia otras actividades prioritarias.
10. Paliativo en la contribución a la deuda de un país.
11. Aseguramiento de una "ganancia máxima" sobre los costos económicos de un sistema de producción, mejorando tanto la productividad de las empresas privadas como la de las empresas públicas (del gobierno).
12. Creación de mejores condiciones para el crecimiento económico y una rápida optimización de los ingresos públicos del país.
13. Mejora de la productividad de las empresas privadas y de todos aquéllos sectores que tienen relaciones con los mercados externos.
14. Promoción de la innovación tecnológica y de la disseminación de tecnologías eficientes.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.7. DESAFIOS PARA LOS PAISES EN DESARROLLO.

El más grande de los "desafíos" energéticos a los que los Países en Desarrollo tendrán que enfrentarse en el futuro es justamente el crecimiento de la Demanda de Energía. Por regla general, *la Energía constituye el "eje central" del Desarrollo Social y Económico de un país.* Los programas de demanda energética futura muestran de manera contundente cuáles son los "puntos débiles" que tendrán que ser superados debido a la concentración de las inversiones y gastos de abastecimiento energético. Dichos programas, también nos ayudan a visualizar en forma clara cuáles son las oportunidades que se tienen para lograr un *desarrollo económico* importante en los Países en Desarrollo basándose en una *Política de Uso Racional y Eficiente de la Energía* que, por supuesto, se encuentra estrechamente ligada la *Optimización del uso del Capital y al Avance Tecnológico.*

Los Países en Desarrollo presentan tres factores comunes que son los que determinan el crecimiento acelerado de la demanda energética; tales factores son:

- a) Altos índices de población,
- b) Desarrollo de equipos industriales, y
- c) Necesidad de transportar una gran cantidad de bienes y personas de un lugar a otro, y recorriendo largas distancias.

El desarrollo de estos países implica como principales desafíos a la Conservación Energética:

- a) Construcción de un gran número de viviendas y de edificios comerciales,
- b) Mayores capacidades de producción,
- c) Automóviles con desarrollo tecnológico más avanzado y nuevo, etc.

y, todos estos equipos y bienes, tendrán que construirse bajo un esquema de *alta Eficiencia Tecnológica* que garantice un *alto grado de Eficiencia Energética.*

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.7.1. PRINCIPALES BARRERAS PARA LA CONSERVACION ENERGETICA.

Los Programas de Conservación de la Energía enfrentan un gran número de obstáculos. Actualmente, los aspectos relacionados con las barreras y necesidades que pueden llegar a limitar la eficiencia energética, sencillamente son subestimados como para poder poner en marcha una buena Política de Conservación de la Energía en un país determinado. Esta es la razón por la cual es tan importante identificar desde un principio cuáles podrían ser aquellas barreras o necesidades, particularmente las relativas a tarifas impuestas, aspectos institucionales, reglamentaciones, así como aspectos de índole fiscal y de financiamiento; los cuales pueden afectar negativamente los esfuerzos realizados para la implementación de Programas de Uso Racional de la Energía.

Aquí, debemos hacer una clara diferencia entre las "barreras" que derivan de *situaciones históricas de las sociedades* y las "barreras" que resultan ser *obstáculos de orden institucional* que sólo se pueden resolver poniendo en marcha las medidas adecuadas para cada caso y sobre todo, con la firme intención de no interferir con ellas en ningún aspecto. Algunas barreras pueden ser más difíciles de derribar que otras, por lo que se requiere del planteamiento de objetivos consistentes para desarrollar en el largo plazo y sobre todo, de una clara determinación política.

Existen también otras limitaciones que son casos particulares de cada país, tales como el clima, su localización geográfica, su riqueza en cuanto a recursos minerales, y la existencia de equipos muy pesados ya instalados. Sin embargo, estas limitaciones no son preponderantes en el análisis situacional de los Países en Desarrollo. A continuación se enumeran los principales obstáculos para la Conservación de la Energía:

1. OBSTACULOS ECONOMICOS.

- a) Que los precios domésticos de la energía se encuentran subsidiados a tal grado, que resultan ser inferiores a los costos de producción.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

- b) La regulación de los precios de los servicios y de los productos manufacturados en un país dado se encuentra en manos de los administradores del estado.

2. OBSTACULOS INSTITUCIONALES.

- a) Falta de una regulación y legislación favorable para la Conservación de la Energía.
- b) Estructuras para la toma de decisiones inadecuadas tanto para el sector estatal como para la industria privada.
- c) Total desconocimiento de los beneficios que representa el Ahorro Energético así como de su potencial.
- d) Falta de estándares y procedimientos de certificación para lograr un sistema coherente de Eficiencia Energética.
- e) Insuficientes expertos técnicos capacitados en Eficiencia Energética dentro de las empresas y en el país en general.

3. OBSTACULOS FISCALES Y DE FINANCIAMIENTO.

- a) Ausencia de los mecanismos adecuados para el financiamiento de los Programas de Ahorro y Conservación de la Energía.
- b) Falta de incentivos fiscales y financieros para aquellos usuarios o usuarios potenciales de maquinaria y herramienta energéticamente eficientes.
- c) Insuficiencia de recursos financieros para la inversión en Programas de Conservación de Energía para aquellos rubros identificados por los auditores energéticos.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

4. OBSTACULOS TECNICOS.

- a) Falta de facilidades y equipos para la prueba y certificación de equipos y herramientas consumidoras de energía.
- b) Conocimiento muy pobre en cuanto a la medición y técnicas adecuadas para alcanzar la Eficiencia Energética.
- c) Ausencia de instituciones que promuevan y difundan las nuevas tecnologías.

En adición a todos los obstáculos mencionados en los párrafos precedentes, existe otro factor de radical importancia para lograr la esencia característica de la Conservación de la Energía; esta esencia es el ocupar un sitio con el mismo grado de importancia que tienen el resto de las prioridades económicas y sociales de la humanidad, y que en la mayoría de los países no se da.

"Al contrario de lo que la mayoría de la gente piensa, la Conservación de la Energía no es un tema que competa exclusivamente a los Sectores Energético e Industrial, sino que debe ser del interés y conocimiento de toda la población del mundo, pues su fin último es el de contribuir al diseño y desarrollo eficiente de las diferentes Economías del mundo, respetando su medio ambiente, necesidades energéticas, y progreso tecnológico".

Desgraciadamente, esta visión horizontal del Ahorro Energético y su importancia para el desarrollo de los aspectos cualitativos de los países, le confiere la seria desventaja de no ser un tema "espectacular" para la mayor parte de la humanidad y, es por ello que cuando se logra armar un programa exitoso de Ahorro y Conservación de la Energía con el que se han economizado miles de toneladas de hidrocarburos, los resultados obtenidos, en lugar de difundirse, quedan "archivados" al alcance sólo de los usuarios involucrados.

3.8. LA CONSERVACION DE LA ENERGIA EN OPERACION.

Para establecer una estrategia y poner en marcha un Programa Nacional de Conservación de la Energía; no nos encontramos restringidos a llevar a cabo sólo cierto tipo de acciones, sino que se pueden planear muchos y muy diversos tipos de acciones combinadas. De acuerdo con los contextos energético y económico de cada país, se pueden hacer modificaciones a la jerarquía general de las medidas recomendadas para lograr un Ahorro y Uso Eficiente de la Energía; tomando en cuenta las características propias de cada país, tales como:

- Análisis de la Demanda Energética Actual.
- Distribución relativa de la energía comercial y sus principales usos en los diferentes Sectores Económicos.
- Nivel de desarrollo económico.

Las acciones que debemos seguir son:

1. Las que nos lleven a la óptima selección de las Fuentes Primarias de Energía estimando sus tasas de agotamiento para conservar los recursos escasos.
2. Las tendientes a eliminar el desperdicio de Energía o a restringir el consumo en exceso por parte de los consumidores finales.
3. Las que favorezcan el uso de materiales y herramientas alternativaos en los equipos de producción (mejores y más avanzadas tecnologías), que ofrezcan el mismo bien o servicio con la misma calidad y cantidad, pero con un consumo de Energía menor.
4. Las que nos lleven a una mejora en la Eficiencia de las Fuentes Alternas de Energía.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

5. La creación de nuevas estructuras sociales que favorezcan la implementación y se encarguen del control y coordinación de los Programas de Conservación de la Energía, así como de la administración de los procedimientos necesarios para incentivar a la sociedad para lograr el Uso Racional de la Energía, utilizando en forma clara los medios de información adecuados.

Sin embargo:

- a) Con las medidas relativas al Ahorro de Energía en equipos, los efectos no se podrán ver en forma inmediata, sino gradualmente y de acuerdo al sistema utilizado o al ritmo de renovación/sustitución de los antiguos.
- b) En general, los efectos resultantes del Ahorro Energético no son inmediatos pues dependen del tiempo de transformación que necesite cada proceso, de la velocidad con que la actitud de la gente cambie en favor del Ahorro de Energía, así como del ajuste de las nuevas tecnologías y de la aplicación de estándares y regulaciones adecuados para cada caso.

Es por estas razones que, los resultados finales relativos a la Conservación de la Energía requieren de períodos de tiempo de avance relativamente largos, particularmente los esperados para los Sectores Residencial, Comercial y del Transporte; de tal forma que es hasta después de varios años que dichos Programas de Conservación de la Energía pueden ser juzgados y evaluados con base en los resultados reales, y no en forma previa de acuerdo con los objetivos que se pretenden alcanzar.

3.8.1. CONSERVACION DE LA ENERGIA EN MEXICO.

En México, el Ahorro y Conservación de la Energía, al igual que en el resto del mundo, es un tema de vital importancia tanto por las implicaciones que tiene para lograr hacer competitivos económicamente a los principales usuarios, que son los industriales, como por las implicaciones indirectas en un menor ritmo de crecimiento de la demanda para las empresas energéticas y la posibilidad de producir otros beneficios para el país, tales como la contribución a la disminución de los efluentes contaminantes derivados de los procesos de combustión.

En México, son muchas y muy diversas las empresas que han comenzado ya desde hace tiempo a realizar y promover una gran cantidad de actividades para el Ahorro de la Energía. Entre éstas, destacan las paraestatales Comisión Federal de Electricidad (CFE) y Petróleos Mexicanos (PEMEX) por un lado, y las privadas CELANESE, CONDUMEX y VITROTEC por otro. También las asociaciones profesionales, escuelas de ingeniería del país, institutos de investigación y desarrollo tecnológico y empresas de consultoría han jugado un papel importante.

Hace pocos años se creó la Comisión Nacional para el Ahorro de la Energía (CONAE) con el fin de promover e impulsar las actividades referentes al Ahorro de Energía y, se ha contado también con el apoyo y asesoría de la Comunidad Europea para dar un enfoque más profesional y amplio a las actividades que se realizan en el país en este campo.

La Comisión Feral de Electricidad (CFE) a través de organismos como el Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (PAESE) y del Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico (FIDE), ha realizado importantes programas en apoyo al ahorro en el consumo de electricidad en el país y que ha involucrado a diversos organismos tanto públicos como privados.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.8.2. EL CASO DE CELANESE MEXICANA EN EL AHORRO DE ENERGIA.

Celanese Mexicana, compañía transnacional del ramo de la Industria Química, es una de las compañías con mayor experiencia en el Ahorro y Conservación de la Energía, habiendo iniciado su *Programa de Uso Eficiente de la Energía* en el año de 1972 y sigue vigente hasta la fecha, haciendo mejoras continuas en base a cuatro estrategias que determinó seguir y que son:

- Reducir el desperdicio de Energía.
- Eficientar los Procesos hasta su Capacidad de Diseño.
- Modificaciones a los Procesos.
- Modernización de los Procesos.

con las siguientes bases:

- Convencimiento y Apoyo de la Dirección General.
- Seguimiento detallado de cada fase del Programa.
- Instalación de un Comité Central.
- Definición de objetivos y metas.
- Diseño de formatos para reportar progresos.
- Programación de reuniones periódicas para intercambio de experiencias.
- Difusión del material técnico a unidades operativas.

y dividido en tres etapas:

1. Corrección de ineficiencias.
2. Modificaciones menores a los procesos.
3. Modernización de equipos y procesos.

La prioridad para poner en marcha los proyectos se definió basándose en el siguiente enfoque:

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGÍA.

- a) Selección de equipos y procesos con base en un uso eficiente de la Energía.
- b) Aplicación de Balances estequiométricos de Masa y Energía a los procesos.
- c) Implantación de Control Distribuido en procesos y servicios.
- d) Operación de equipos a su máxima capacidad.
- e) Reutilización en cascada de flujos calientes.
- f) Rediseño de procesos y actualización de estándares de operación.
- g) Sustitución de calentamientos eléctricos por líquidos térmicos.
- h) Utilización de bombas de calor.
- i) Uso de equipo detector de puntos calientes.
- j) Eliminación de drenajes de Energía: torres de enfriamiento, chimeneas, venteos, etc.
- k) *"El mejor proyecto de reducción en el consumo de Energía es el de CERO desperdicio en los procesos productivos a través de la mejora continua de la calidad en la generación y uso de los servicios".*

Dentro del Programa de Uso Eficiente de la Energía, Celanese Mexicana ha llevado a cabo, entre otros, los siguientes eventos:

- Planificación energética adecuada a las necesidades del crecimiento.
- Eficientar la generación de los servicios.
- Determinación de los costos unitarios de servicios y su distribución a producto.
- Optimización de la medición de los insumos energéticos en base a estudios de costo-beneficio.
- Optimización de los procesos hasta su capacidad de diseño.
- Adiestramiento y concientización del personal a través de programas bien definidos.
- Control de mantenimiento predictivo y preventivo por medio de sistemas computarizados.
- Implementación de controles para manejar el consumo de energéticos como materia prima del proceso.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

En la siguiente Tabla se puede ver el número de proyectos implantados por División, la inversión requerida y el ahorro logrado de 1972 a 1990.

TABLA 3.8.2.: Proyectos de Ahorro Energético en Celanese Mexicana: Inversiones y Ahorros. 1972-1990.

	DIVISION QUIMICA	DIVISION FIBRAS	DIVISION EMPAQUE Y ENVASE	TOTAL CELMEX
No.PROYECTOS	444	862	319	1,625
INVERSION REQUERIDA (MN\$1980) = COSTO	41,519	89,381	20,279	151,179
AHORRO LOGRADO (MN\$1980) = BENEFICIO	147,691	209,176	49,599	406,466
RELACION COSTO/BENEFICIO	0.2809	0.4274	0.4082	0.3717

FUENTE: Resultados y Experiencias en la Implantación de un Programa de Uso Racional y Eficiente de la Energía. CELANESE MEXICANA S.A. México, 1991

Dentro de las actividades del programa que mayor impacto han tenido se encuentran:

- Eliminación de estaciones reductoras a través de sistemas cogenerativos.
- Optimización de la generación de servicios.
- Uso de gases y líquidos de descomposición como combustibles.
- Sustitución de calentamientos eléctricos por líquidos térmicos.
- Modernización de procesos.
- Optimización de la operación de las torres de destilación.

con los siguientes beneficios obtenidos:

- Mejor conocimiento de los procesos y mejor eficiencia operativa.
- Recuperación de desperdicios.
- Reducción del impacto del costo de la Energía en los costos de fabricación.
- Mejores condiciones en ambiente de trabajo y mejor aspecto de las plantas.
- Disminución de las contribuciones a la contaminación.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.9. COGENERACION.

Se llama **Cogeneración** a la producción combinada, simultánea o secuencial, de Energía Mecánica (Energía Eléctrica) y Calor (Energía Térmica) a partir de una fuente común de Energía, de tal forma que el desperdicio de una es la corriente de alimentación para la otra.

En la actualidad la Energía Eléctrica se está empezando a generar o bien, a ser reemplazada por **Sistemas de Cogeneración** instalados dentro de las mismas plantas de proceso. La importancia cada vez mayor de los ciclos de Cogeneración se debe principalmente a que permiten duplicar la eficiencia del proceso de generación de potencia con un subsecuente ahorro de *energéticos primarios*.

La mayor parte de las industrias de proceso manejan equipos mecánicos operados por motores eléctricos con Energía producida en plantas termoeléctricas por medio de generadores impulsados por turbinas de vapor. La eficiencia de conversión de la Energía de combustión de los energéticos primarios en los ciclos utilizados en las plantas termoeléctricas rara vez sobrepasa el 30% y, si consideramos las pérdidas por transmisión, distribución y operación de los motores, dicha eficiencia es inferior al 22%.^[20] Esto se debe a que no se aprovecha el vapor descargado por las turbinas, el cual necesariamente se tiene que condensar y eliminar su calor disipándolo a la atmósfera a través de torres de enfriamiento o de condensadores atmosféricos. Sin embargo, en las industrias de proceso es posible utilizar la Energía Térmica del vapor de baja presión descargado por las turbinas, permitiendo así elevar la eficiencia térmica del ciclo y haciendo atractiva la generación de fuerza motriz dentro de la planta para la operación del equipo de proceso, eliminando el consumo de Energía Eléctrica generada fuera de ésta.

Sin embargo, la Cogeneración no ha tenido el éxito deseado en la industria a pesar de sus ventajas por diversa razones, tales como que:

^[20] J.T. McMullan, R. Morgan & R.B. Murray. 1978. ENERGY AND RESOURCES. London: Edward Arnold Editions.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

1. Se requiere de una estrecha colaboración con la Compañía de Luz (CFE); particularmente cuando ésta debe adquirir los excedentes producidos a un precio "razonable", el que no necesariamente lo es para el productor privado, pues tiene que competir con los precios incrementales de la Compañía de Luz.
2. La Compañía de Luz debe integrar la corriente eléctrica producida en las plantas de proceso al sistema de distribución; debe contar con excedentes que le permitan satisfacer la demanda cuando las plantas de proceso suspendan la producción y, debe absorber los picos de la demanda que se puedan presentar durante los arranques de dichas plantas.
3. La eficiencia de los autoprodutores es baja si se considera que su capacidad instalada es inferior a los 50MW y que las pérdidas por transmisión son del orden del 1 al 3%.
4. Se debe demostrar que el kW/h producido es más barato que el que nos vende la Compañía de Luz.

Afortunadamente, en la mayoría de las industrias de proceso los requerimientos de Energía Térmica y Mecánica son muy superiores a los requerimientos de Energía Eléctrica, lo que permite instalar, a pesar de las restricciones anteriores, sistemas de Cogeneración eficientes. Algunas de las industrias en las que se puede aprovechar la Cogeneración por utilizar no sólo Energía Eléctrica sino también Térmica en sus procesos de producción son las industrias *cervecera, papelera, acerera, hulera y azucarera* entre otras.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3.9.1. CLASIFICACION DE LOS SISTEMAS DE COGENERACION.

En tanto que las **Tecnologías de Cogeneración** se refieren a la ingeniería de diseño y construcción de los **Sistemas de Cogeneración**, éstos son en realidad el resultado de la configuración física de dichas tecnologías, ya sean una o más.

3.9.1.1. CICLOS PRIMARIOS.

Se les llama **Ciclos Primarios** a los **Sistemas de Cogeneración** que utilizan la **Energía disponible del combustible** para generar primero **Energía Eléctrica** y luego, aprovechan el **Calor residual** para el proceso. Estos ciclos pueden ser de:

1) CICLO DE VAPOR.

Estos ciclos utilizan **carbón** como combustible y se pueden trabajar para producir vapor de baja presión, con condiciones de operación de 50 atm de presión y 500°C; o bien, para procesos que requieren vapor de alta presión, bajo condiciones de operación de 100 atm de presión y 510°C.

Turbinas de Vapor (Rankine): Son los impulsores más comunes en las plantas de proceso y utilizan la **Energía de vaporización del fluido expandido** dentro de ellas para el proceso. En una planta común dicha **Energía** sería desechada al medio a través de un condensador. El vapor utilizado debe ser sobrecalentado para evitar la incidencia de gotas de condensado sobre los álabes. Las turbinas que se utilizan pueden ser:

- **Turbina de Condensación:** Utilizada cuando la demanda de potencia es superior a la demanda de vapor de proceso de baja presión o cuando no se tiene vapor de alta presión disponible.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

- **Turbina de Contrapresión:** Se utiliza cuando la demanda de vapor de proceso excede a la demanda de vapor requerido para la generación de potencia. Estas turbinas tienen un costo inicial más bajo que las de condensación y un eficiencia térmica cercana al 80%, por lo que su uso se ha hecho más generalizado que el de las turbinas de condensación.
- **Turbina de Extracción:** Se utiliza cuando existe una demanda de vapor a una presión intermedia, particularmente cuando hay fluctuaciones en dicha demanda.
- **Turbina de Inducción (de presión mixta):** Se utilizan cuando existe un exceso de vapor a presión intermedia.

Las turbinas de extracción y de inducción permiten satisfacer las necesidades de vapor de proceso a uno o más niveles intermedios de presión sin tener que disponer de calderas operando a más de un nivel de presión. Los niveles de presión del vapor se pueden controlar por la turbina permitiendo mayor flexibilidad y optimización en la distribución entre Energía disponible para la operación de maquinaria y para calentamiento. Estos dos tipos de turbina necesariamente van ligados a una de condensación o a una de contrapresión pero no viceversa. Figuras 3.9.1.1.A. y 3.9.1.1.B.

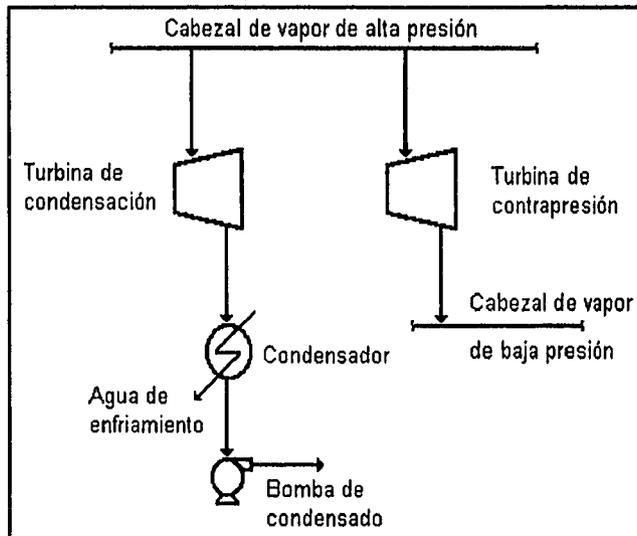


FIGURA 3.9.1.1.A.: Tipos básicos de Turbinas de Vapor.
FUENTE: [21]

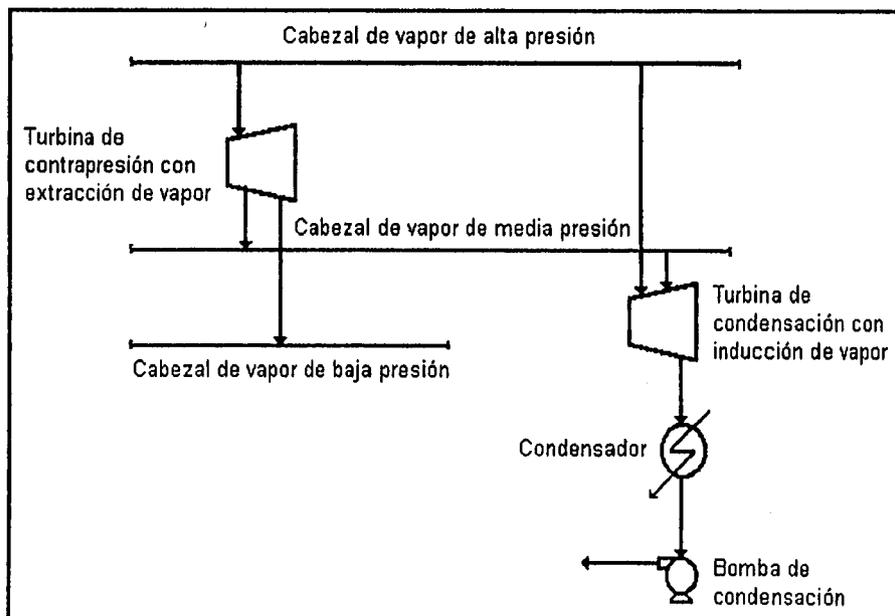


FIGURA 3.9.1.1.B.: Turbinas con Extracción e Inducción de Vapor.
FUENTE: [22]

[21] V. A. Bárcena Ibarra. 1993. Apuntes de Energéticos I. Facultad de Química, U.N.A.M.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

Además de que presentan mayor eficiencia en el consumo de Energía, las turbinas de vapor ofrecen las siguientes ventajas sobre los motores eléctricos que resultan de gran importancia al momento de seleccionar entre uno y otro:

- 1. Precio:** Cuanto mayores son la potencia que manejan y su peso, menor es su precio.
- 2. Flexibilidad de Operación:** Pueden operar a velocidades variables sin sufrir reducciones sensibles en su eficiencia termodinámica. Pueden soportar fácilmente sobrecargas temporales sin correr el riesgo de quemarse.
- 3. Confiabilidad en la Operación:** El suministro de fuerza motriz está menos sujeto a fallas imprevistas.
- 4. Seguridad:** Ofrecen seguridad absoluta en atmósferas explosivas.

De acuerdo a la forma en que se extrae la Energía del fluido motriz, las turbinas de vapor se pueden clasificar en:

- a) Turbinas de Impulso de Velocidad Simple:** La caída de presión tiene lugar únicamente en las toberas de los elementos estacionarios (una por etapa), recuperándose la Energía en los álabes de los elementos móviles. La máxima recuperación de trabajo se obtiene cuando la velocidad de los álabes móviles es aproximadamente la mitad de la velocidad del fluido motriz que incide sobre ellas.

Cuanto mayor es la cantidad de Energía a recuperar mayor es la velocidad y, debido a que hay un aumento excesivo de esfuerzos sobre el rotor, se requiere aumentar el número de etapas, reduciendo la presión en cada una de ellas.

[22] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

b) Turbinas de Impulso de Velocidad Compuesta: Utilizan dos filas de álabes móviles para la recuperación de Energía intercaladas con un juego de álabes fijos que permite dirigir el flujo del primer conjunto móvil al segundo.

La capacidad de absorción de Energía de las turbinas de velocidad compuesta es mayor que la de las turbinas de velocidad simple, por lo que requieren de menor número de etapas. Además, ofrecen la ventaja de enfriar con mayor rapidéz al fluído motriz al permitir mayor reducción de la presión en las toberas de la primera etapa.

c) Turbinas de Reacción: La caída de presión del fluído motriz se lleva a cabo en forma gradual a través de las toberas situadas tanto en los elementos fijos como en los móviles. La máxima eficiencia se obtiene cuando las caídas de presión en las toberas fijas y en las móviles son iguales y la velocidad de los álabes es igual a la del fluído motriz. Estas turbinas requieren mayor número de etapas que las de impulso para operar bajo las mismas condiciones.

Los ciclos de vapor utilizados en las plantas termoeléctricas y en las industrias de proceso consisten básicamente en una caldera generadora de vapor de alta presión, una o varias turbinas de vapor, un sistema de condensación, y un sistema de retorno de condensado.

El Ciclo de Vapor además de ser flexible y altamente confiable ofrece las siguientes ventajas:

- Máximo aprovechamiento del calor de proceso, reduciendo el consumo de combustible.
- Máxima recuperación del trabajo aprovechable de la expansión del vapor.
- Vapor de exportación para ser utilizado en operaciones satélite o fuera del límite de batería a costos marginales.
- Operación satisfactoria del proceso a capacidades reducidas con turbinas de velocidad controlada.

y se puede operar en dos formas que incrementan su eficiencia:

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

1. **Ciclo con Recalentamiento:** El vapor parcialmente expandido se extrae de una etapa intermedia de la turbina y se envía a un segundo sobrecalentador en la sección de convección de la caldera para ser reinyectado posteriormente a la turbina, haciendo que la eficiencia termodinámica aumente hasta en un 5% al aumentar la temperatura de alimentación del vapor que es expandido en la turbina, ya que el trabajo recuperado es directamente proporcional a la temperatura absoluta del vapor. Además se evita la formación de condensados en las últimas etapas de expansión, aumentando la eficiencia mecánica. Figura 3.9.1.1.C.

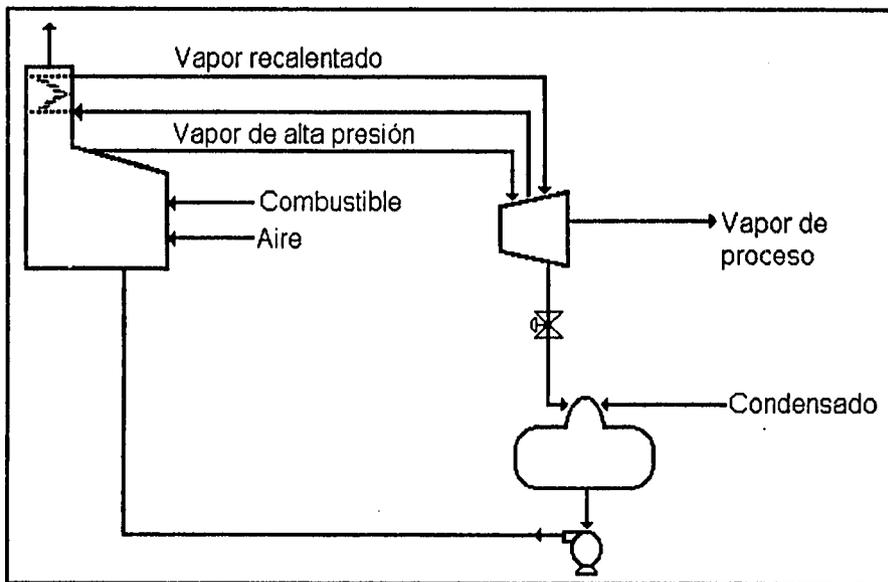


FIGURA 3.9.1.1.C.: Ciclo con Recalentamiento de Vapor a Presión Intermedia.
FUENTE: [23]

2. **Ciclo Regenerativo:** Se extrae vapor de la turbina a diferentes niveles de presión y se utiliza para precalentar la corriente de agua de alimentación a la caldera, logrando un aumento en la eficiencia de hasta el 10%. La mayor reducción del consumo de combustible primario se logra en la primera extracción, disminuyendo el efecto incremental con cada extracción adicional. Figura 3.9.1.1.D.

[23] ibid.

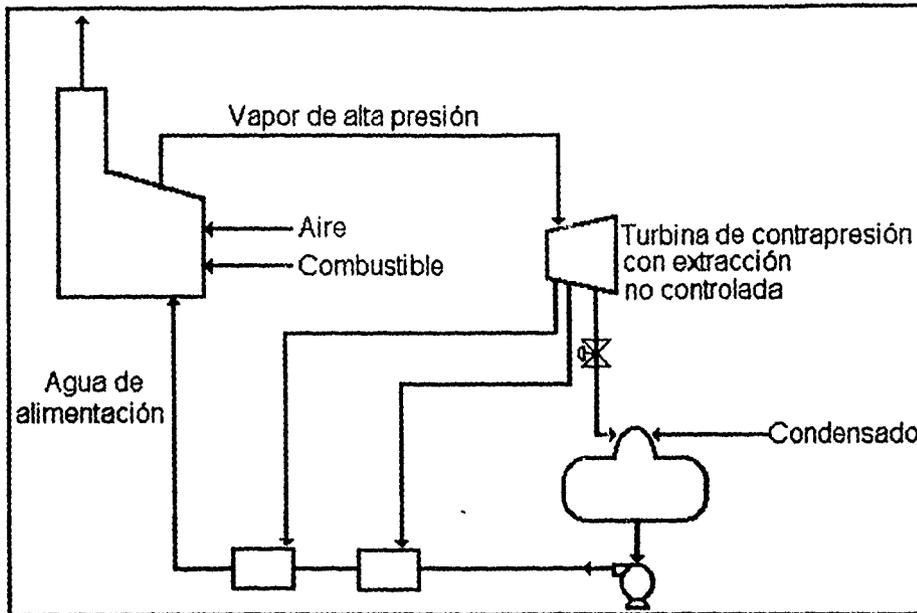


FIGURA 3.9.1.1.D.: Ciclo Regenerativo con Extracción de Vapor para precalentar el Agua de Alimentación a la Caldera.

FUENTE: [24]

2) CICLO DE GAS.

Estos ciclos utilizan gas natural como combustible. El gas que se extrae de la turbina se encuentra dentro del rango de temperatura típica de 482°C a 593°C; y es la fuente de recuperación de calor para el proceso industrial o para procesos suplementarios de calentamiento.

Turbinas de Gas (Brayton): Están basadas en el mismo principio de operación que las turbinas de vapor, consistente en dirigir una corriente de gases calientes de combustión hacia los álabes de un rotor, haciendo que éste gire.

[24] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

El aire que se utiliza en la combustión primero es comprimido en un compresor centrífugo o axial y enviado luego a las cámaras de combustión donde se inyecta y quema el combustible. Los gases de combustión se dirigen a través de toberas hacia las paletas del rotor de la turbina. Aproximadamente las dos terceras partes de la Energía recuperada por el expansor se utilizan en el compresor y, el tercio restante representa la potencia disponible. Las turbinas de gas pueden ser:

- **Turbina de un Eje:** Operan a velocidad constante debido a que, aunque puede haber una ligera reducción respecto a la velocidad de diseño, la eficiencia termodinámica disminuye con rapidéz. Figura 3.9.1.1.E1.

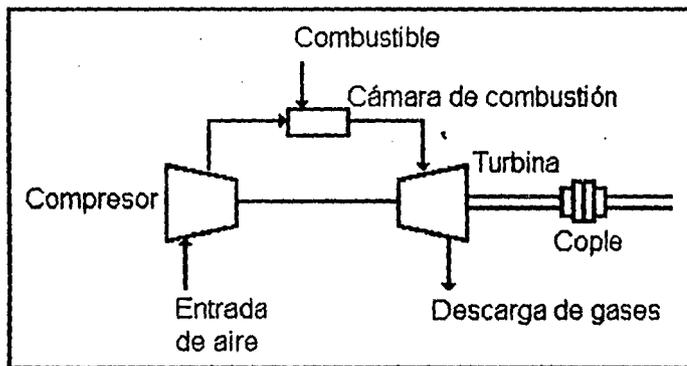


FIGURA 3.9.1.1.E1.: Turbina de Gas de un solo Eje. Ciclo Simple.
FUENTE: [25]

- **Turbina de dos Ejes:** Se distingue por la falta de interconexión mecánica entre el sistema de generación de gas y el expansor que proporciona la potencia requerida por el equipo al que acciona. La turbina de doble eje es más eficiente que la de un solo eje, pero su costo es ligeramente superior. Figura 3.9.1.1.E2.

[25] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

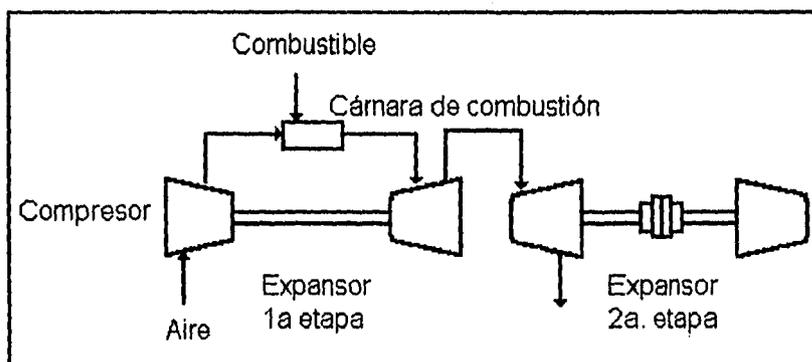


FIGURA 3.9.1.1.E2: Turbina de Gas de Doble Eje.

FUENTE: [26]

Para medir el comportamiento de una turbina de gas se utilizan dos criterios:

1.- La Eficiencia Térmica se relaciona con los costos de operación, ya que relaciona el consumo de Energía necesaria para producir la potencia requerida. El aumento en la temperatura de los gases admitidos al expansor resultará en un aumento en la eficiencia térmica del ciclo y en la potencia específica.

2.- La potencia generada por unidad de gasto de aire está directamente relacionada con el costo del equipo. Cuanto mayor es la potencia específica de la turbina, mayor es el volumen de aire que se requiere comprimir para su operación y mayores sus dimensiones, elevando su costo inicial.

Tanto la eficiencia del ciclo como la potencia específica se encuentran directamente relacionadas con las eficiencias del compresor de aire y del expansor, de la relación de compresión y de la relación entre la temperatura de los gases de combustión y la temperatura ambiente.

Al aumentar la temperatura del aire que se alimenta al compresor disminuye el trabajo obtenido, ya que, como el compresor axial maneja volúmenes prácticamente

[26] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

constantes, el flujo másico de aire a la turbina es inversamente proporcional a la temperatura absoluta del aire admitido al compresor. Por consiguiente, la máquina que se elija, debe ser seleccionada en base a la temperatura media de los días más calurosos del año para obtener mayor rendimiento durante los días más fríos.

El objetivo de la cámara de combustión es aumentar el volumen de los gases expandidos en la turbina, por lo que el combustible más eficiente es el que genere mayor volumen de éstos. Además, el combustible que se utilice no debe producir cenizas que se puedan depositar en los álabes de la turbina ni contener polvo que la pueda erosionar.

- En las turbinas de dos ejes, se puede elevar la potencia específica del 30% al 50% si se extraen los gases en una etapa intermedia del expansor y se recalientan en un segundo quemador, pero la eficiencia térmica disminuye hasta en un 2% provocando un aumento de hasta el 10% en el consumo de combustible. Figura 3.9.1.1.E3.

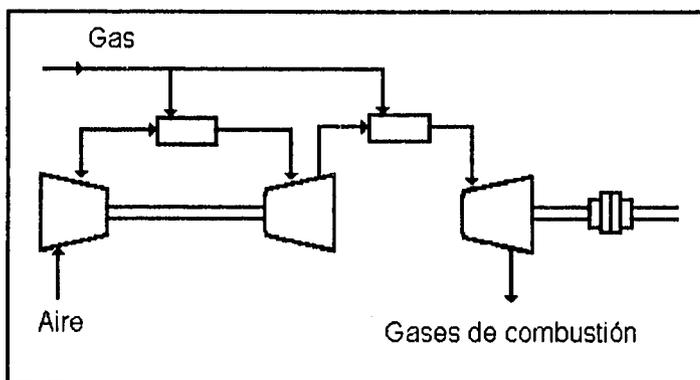


FIGURA 3.9.1.1.E3: Ciclo de Gas con Doble Eje y recalentamiento.
FUENTE: [27]

Los Ciclos de Gas son Ideales para la producción de Energía Eléctrica en los picos de la demanda debido a su rápido arranque y bajo costo inicial.

[27] ibid.

3) CICLO COMBINADO.

Se llama Ciclo Combinado a la integración eficaz de una o más turbinas de gas con el ciclo de vapor, y es el sistema más eficiente para las plantas de proceso. Los Ciclos Combinados se clasifican en cuatro categorías de acuerdo con el tipo de generador de vapor y su posición dentro del ciclo en relación a la turbina de gas:

1. **Turbina de gas seguida de una caldera de recuperación de calor sin quemador auxiliar:** Es el más sencillo. Se coloca una caldera de recuperación de calor que aprovecha los gases de escape de la turbina a una temperatura aproximada de 600°C para producir vapor de alta presión (40kg/cm²) que se utilizará en la operación de una turbina de vapor, generalmente con extracción.

Todo el combustible es alimentado a la cámara de combustión de la turbina de gas y la caldera depende 100% de aquella para su operación. La eficiencia de este ciclo alcanza el 35% cuando se utiliza para la producción de potencia únicamente, pero aumenta cuando el vapor de escape se utiliza en el proceso en lugar de ser condensado. Sin embargo, la relación potencia/vapor de proceso es alta por lo que su aplicación industrial puede ser de mayor beneficio para aquellos procesos con una demanda de potencia elevada. Figura 3.9.1.1.F.

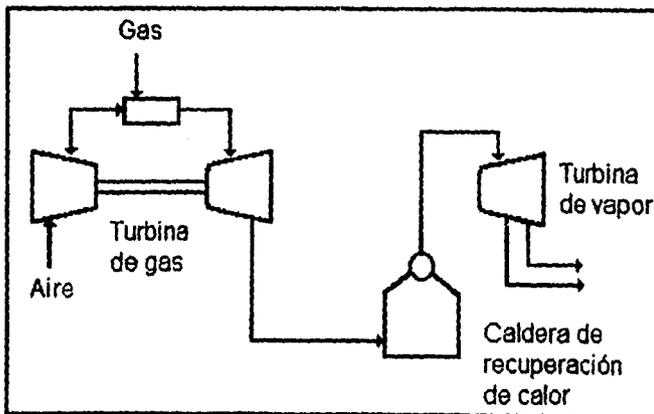


FIGURA 3.9.1.1.F.: Ciclo Combinado con Caldera de Recuperación de Calor sin Quemador Auxiliar.

FUENTE: [28]

[28] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

2. Turbina de gas seguida de una caldera de recuperación de calor con quemador auxiliar: Se puede utilizar esta configuración para consumir el oxígeno residual proveniente del escape de la turbina de gas. El quemador auxiliar se coloca en el ducto que conecta a la turbina de gas con la caldera.

Este arreglo permite elevar al doble la producción de vapor e incrementar a 50% la contribución de la turbina de vapor para generar potencia. El aumento en la temperatura de los gases de escape permite generar vapor de hasta 100kg/cm^2 y 510°C . Figura 3.9.1.1.G.

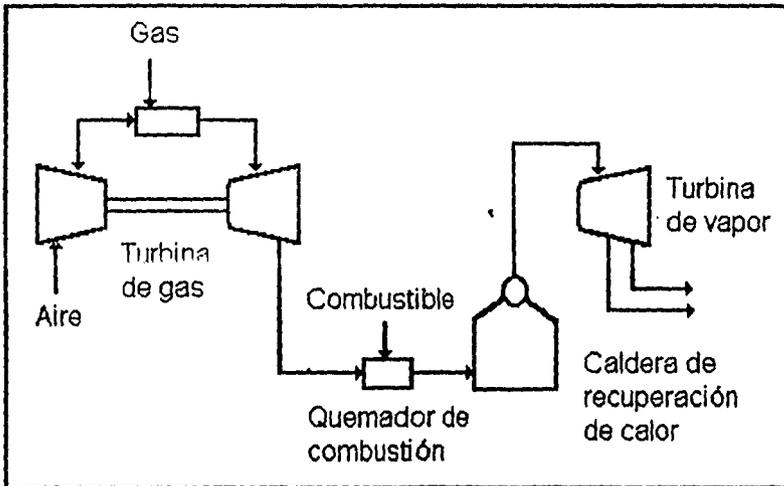


FIGURA 3.9.1.1.G.: Ciclo Combinado con Caldera de Recuperación de Calor con Quemador Auxiliar.

FUENTE: ^[29]

3. Turbina de gas seguida de una caldera convencional: Se alimenta la corriente de gases de escape proveniente de la turbina de gas directamente a una caldera convencional de tubos de agua y se aprovecha así la fracción de oxígeno residual contenido en los gases de escape de la turbina para calentar el condensado de

^[29] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

recuperación y volver a generar vapor. Debido a que las turbinas de gas operan con un exceso de 300-400% de oxígeno respecto al teórico, los gases de escape pueden soportar la combustión de tres o cuatro veces la cantidad de combustible alimentado a la turbina de gas. La mayor parte del combustible es quemado en la caldera produciendo mayor cantidad de vapor. La turbina de vapor podrá proporcionar hasta el 70% u 80% de la potencia total requerida mientras que la turbina de gas proporcionará la diferencia. Figura 3.9.1.1.H.

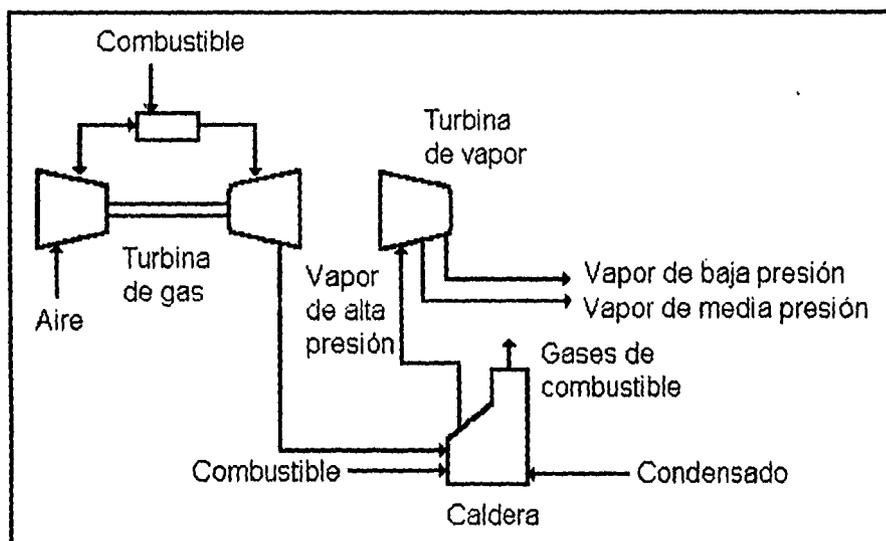


FIGURA 3.9.1.1.H.: Ciclo Combinado con Caldera Convencional.
FUENTE: [30]

Los ciclos combinados con caldera convencional empleando ciclo regenerativo para la producción de vapor alcanzan eficiencias de hasta el 42% en generación de Energía Eléctrica y superior al 80% para la recuperación de Energía Térmica del vapor para plantas de proceso.

[30] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

4. Caldera a presión alimentando a una Turbina de gas: Se coloca la caldera (generador de vapor) presurizada entre el compresor de aire y la turbina de gas, en lugar de la cámara de combustión. El compresor de aire actúa como ventilador de tiro forzado, presurizando la caldera, donde se quema todo o parte del combustible requerido, pudiéndose quemar la diferencia en un quemador auxiliar. Los gases de combustión parcialmente enfriados en la caldera se envían a la turbina de gas. El presurizar la caldera implica un aumento del coeficiente de transmisión de calor, obteniendo una reducción considerable de su tamaño y costo.

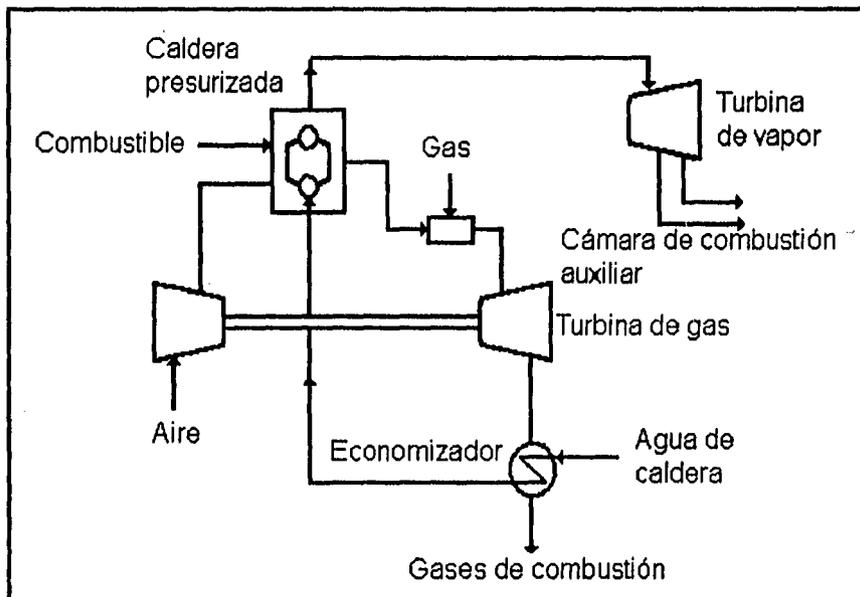


FIGURA 3.9.1.1.I.: Ciclo Combinado con Caldera Presurizada.
FUENTE: ^[31]

Las ventajas del Ciclo Combinado sobre el Ciclo de Vapor son:

- Mayor relación de potencia generada contra vapor producido.

^[31] ibid.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

- Mayor eficiencia térmica.
- Permite arranques y paros mucho más rápidos, alcanzando su capacidad en 30 minutos.
- Menor consumo de agua de enfriamiento.
- Menores problemas de contaminación ambiental.
- Menor costo de inversión por kW instalado

3.9.1.2. CICLOS SECUNDARIOS.

Se les llama **Ciclos Secundarios** a los Sistemas de Cogeneración que utilizan la Energía Térmica disponible del combustible para primero en el proceso y, posteriormente, los gases calientes se utilizan para generar vapor y producir Energía Eléctrica.

3.9.2. FACTORES QUE DETERMINAN LA SELECCION DEL SISTEMA.

Estos factores son:

- El proceso industrial.
- Las condiciones climatológicas.
- El combustible o fuente de calor disponible.
- Las restricciones por contaminación ambiental.
- La relación Energía Eléctrica/Calor a proceso.

3.9.3. CONDICIONES PARA LA COSTEABILIDAD DE LA COGENERACION.

Los factores que influyen en la costeabilidad de un Sistema de Cogeneración dentro de un proceso industrial son:

- Disponibilidad de combustible y/o calor de desecho.
- Necesidad de mucho vapor a proceso.
- Tener equipo sustituible.
- Tener una curva anual de utilización que determina la Energía anual consumida lo más horizontalmente uniforme, ya que para ser económicamente viable, la planta de cogeneración debe operar a su máxima capacidad.

3.9.4. BENEFICIOS Y PROBLEMAS DE LA COGENERACION.

Los *beneficios* más importantes que se obtienen con los Sistemas de Cogeneración son:

- Se requiere poco combustible (haciendo más rentable el mecanismo).
- La inversión es baja, ya que se requiere invertir sólo en las instalaciones de generación y no en muchos equipos auxiliares como los condensadores, torres de enfriamiento y sistemas de bombeo.
- Se duplica la eficiencia respecto a una planta termoeléctrica convencional.
- Se reduce la contaminación debido a que la Energía rechazado o desechada es menor.
- Se reducen los requerimientos de las líneas de transmisión.
- Se elimina casi cualquier contingencia por variaciones de voltaje.
- Como consecuencia de los puntos anteriores, se producen considerables ahorros económicos. Mientras más caro sea el combustible utilizado, mayores serán los ahorros con el Sistema de Cogeneración.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

Los *problemas* más importantes a los que se enfrentan los Sistemas de Cogeneración, aún cuando se haya probado su factibilidad técnica-económica son:

- Recursos financieros limitados.
- Establecimiento de la tarifa de compra-venta de la Energía Eléctrica, ya que cuando haya excedentes de ésta se deberá vender a la Compañía de Luz y, cuando la demanda sea mayor que la producción la deberá comprar a la misma.
- Impacto en la calidad del agua y del aire.
- Al ser más complejo el sistema, se requiere de personal más preparado que hay que capacitar.

3.9.5. LA COGENERACION EN MEXICO.

Actualmente, la Cogeneración de Energía Eléctrica en México se caracteriza por un inversión muy pobre, plantas obsoletas y una mínima participación del sector privado.

De acuerdo con datos de la SEMIP, en 1993 se tenían apenas alrededor de 300 empresas participando en la producción de electricidad a través de la Cogeneración con un potencial de 3,100MW y una eficiencia de operación en el rango del 35 al 40% de su capacidad nominal con tecnologías de los años 70's en su mayoría, siendo económicamente rentables y eficientes solamente 6 de los 300 proyectos.^[32] Estas industrias pertenecen a los sectores siderúrgico y metalúrgico, azucarero, de la celulosa y el papel, químico y petroquímico, textil, minero, alimentos, bebidas y tabaco, así como del cemento y cal.

^[32] Fideicomiso para financiar 13 Proyectos de Líneas de Transmisión. 4 de Julio de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 38.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

De las 300 empresas participantes, 222 operaban plantas microhidroeléctricas, obsoletas en su mayoría. Las 78 industrias restantes exceden los 3,000kW de capacidad instalada y de ellas, los principales contribuyentes eran las del sector químico y petroquímico, con 424 y 409kW respectivamente.

La causa principal por la que los inversionistas privados mexicanos no daban el "sí" a la Cogeneración es porque el precio del kWh en nuestro país es muy bajo comparado con los precios internacionales (aproximadamente de la mitad), por lo que tampoco los empresarios extranjeros quieren invertir en este ramo en México, pues no resultaría un negocio rentable.

A pesar de lo anterior y gracias a las modificaciones hechas en 1993 a la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica están alentado a los industriales para contar con plantas propias para la Cogeneración de electricidad, permitiéndoles reducir sus costos de operación y contar con un abasto seguro de Energía. Actualmente existen en nuestro país cerca de 2,300 empresas con posibilidad de implementar plantas de Cogeneración dentro de sus instalaciones con un potencial de 20,000MW que requerirían una inversión cercana a los 10,000MMUSD.^[33]

Durante el primer semestre de 1994 se otorgó el primer permiso de Cogeneración a la empresa Industrias Monterrey S.A. El primer proyecto de Cogeneración de Energía Eléctrica en México después de cuarenta años, estará ubicado en Nuevo León, Monterrey, y comenzará a operar en Septiembre de 1996. Las compañías Industrias Monterrey S.A., Electricité de France, y Southern Electricity, destinarán 225MMUSD para la construcción y operación de esta planta, que tendrá una capacidad de 225MW. Este primer proyecto representará un ahorro para el gobierno mexicano de cerca de 70MMN\$ en las próximas dos décadas.^[34]

^[33] México, con mayores atractivos para invertir en el Sector Energético 12 de Julio de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 37.

^[34] ¿Cuáles, son los avances del "Paquete Ecológico"? 21 de Julio de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 34.

IMPORTANCIA DEL USO RACIONAL Y EFICIENTE DE LA ENERGIA.

de 100 grupos empresariales, nacionales y extranjeros, los que enviaron sus cartas de intención para participar en la licitación internacional hecha por la Comisión Federal de Electricidad (CFE) en 1994. ^[35] Esta planta tendrá un costo estimado de 660MMUSD y será construída bajo el esquema de productor independiente (nueva modalidad de la Ley del Servicio Público de Energía Eléctrica) para comenzar sus operaciones en el año de 1997. La Mérida III contará con una planta generadora de Energía Eléctrica, obras de transmisión y transformación, así como un gasoducto para el abastecimiento del combustible; y contará con dos módulos de ciclo combinado con una capacidad de 220MW cada uno

También Celanese Mexicana construirá una planta de Cogeneración en su Complejo de Querétaro. Esta planta tendrá una capacidad instalada de 69MW y un costo aproximado de 70MMUSD. Esta planta trabajará a base de turbinas de vapor. ^[36]

^[35] Próximamente la Convocatoria para la Planta Mérida III: SEMIP. 23 de Julio de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 38.

^[36] Construirá CELANESE una Planta de Cogeneración en Querétaro. 4 de Agosto de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 31.

CAPITULO 4.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

4.1. INTRODUCCION.

"La demanda de Energía es una consecuencia del desarrollo y de los cambios de las estructuras sociales debida a la facilidad, comodidad y gran cantidad de servicios que con ella podemos obtener tales como la calefacción de los hogares, el transporte (público y privado), la Energía Eléctrica, la Energía para la industria de la transformación y hasta para las comunicaciones; y la manera en que todos estos servicios y otros que se irán sumando a esta lista en el futuro serán satisfechos, depende en gran medida del desarrollo tecnológico que logremos". ^[37]

En las últimas tres décadas, los países en desarrollo han cuadruplicado el uso de la Energía y duplicado el consumo energético por habitante y, a pesar de ello, en el mismo lapso, el ingreso per cápita ha disminuído notablemente y las economías nacionales se han visto en serios problemas de deuda externa, deterioro ambiental y pérdida en la competitividad y reducción del poder adquisitivo personal. ^[38] Entre éstas economías se encuentra la de nuestro país.

^[37] Se Cuadruplicó el Consumo de Energía, 19 de Noviembre de 1993. EL SOL DE MEXICO. p.p. 5B.

^[38] ibid.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

En los albores del siglo XXI, aún existen comunidades en las que viven millones de personas en todo el mundo que no tienen el beneficio de la electricidad que es sin duda, el energético más representativo del progreso.

Se espera que en los próximos tres años, los países en vías de desarrollo entre los que se encuentra México, eleven su demanda energética en un 14% aproximadamente, siendo tres veces el incremento porcentual que mostrarán los países desarrollados.^[39]

La única estrategia recomendable para el logro del progreso sostenido de los países en desarrollo no se encuentra del lado de la oferta, sino que se basa necesariamente en el Uso Racional de la Energía por parte de los consumidores.

Existen varios análisis a nivel internacional que pronostican un importante aumento durante las próximas décadas en la demanda de petróleo, a pesar de que desde 1979, todo el crecimiento del consumo mundial de Energía se ha dado alrededor de otros combustibles como son el gas natural, el carbón, las Energías Hidroeléctrica y Nucleoeléctrica, mientras que el consumo de petróleo ha permanecido prácticamente estable.

De acuerdo con dichos estudios, el consumo mundial de Petróleo aumentará en 16 millones de barriles diarios (mbd) del presente hasta el año 2005, y tan sólo en el presente año, la demanda mundial de petróleo será superior a los 800,000 barriles diarios que se esperaban, provocando una importante competencia entre los países productores de éste energético para cubrir la demanda mundial; por ejemplo, los países miembros de la OPEP deberán duplicar su producción actual de 25mbd con inversiones de entre 80,000 y 90,000 millones de dólares durante los próximos 25 años para poder cubrir la demanda mundial en el años 2020's; y además, en muchos países se legislarán más impuestos a la Energía con el fin de alcanzar los objetivos ambientales y recaudar más ingresos fiscales.^[40] Se cree también que a pesar de los efectos de dichas políticas fiscales, se registrará un acelerado crecimiento

^[39] Prevén Repunte de la Demanda Mundial. 24 de Mayo de 1993. EL NACIONAL. p.p.24.

^[40] ibid.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

económico en Asia y algunos países de América Latina que generará mejores condiciones de vida y por supuesto, mayor consumo energético.

Por otro lado, la Agencia Internacional de Energía (AIE) asegura que el consumo de Petróleo en los países actualmente integrantes de la OCDE (excepto México), aumentará en más del 20%, desde 38 mbd hasta más de 45 en el año 2010, por lo que éstos países nuevamente dependerán de los países productores al importar hasta el 70% del total de su consumo petrolífero. La AIE asegura también que el precio de los crudos importados aumentará más del 30% en términos reales, lo que provocaría una dependencia mayor de los países de la OCDE de las importaciones.^[41]

Además, la AIE considera improbable que los impuestos a la Energía logren la disminución de las emisiones de CO₂ a los niveles que se tenían en 1990 ya que, incluso un gravámen de hasta 300 dólares por tonelada importada ejercería un efecto sumamente modesto sobre los precios de los energéticos, por lo que ***para lograr los objetivos de reducción de emisiones contaminantes se deberá recurrir a nuevas normatividades, medidas de conservación y desarrollo de nuevas tecnologías.***

En lo que a México se refiere, en los últimos cinco años, la demanda interna de Energía Primaria se ha incrementado en un promedio anual del 4% mientras que a nivel mundial dicha tasa ha sido tan sólo del 2% anual.

Este consumo de Energía Primaria promedia 2.4 millones de barriles diarios de combustible, de los que aproximadamente el 71% es petróleo, 21% gas natural y el resto son carbón, Energía Nuclear, Hidroeléctrica y Geotérmica.

PEMEX se está preparando para el incremento de la demanda de energéticos que se encuentra en puerta ampliando sus Programas de Exploración para censar nuevos yacimientos de reservas de petróleo y gas natural para su posterior explotación.^{[42], [43]} Aparentemente, durante el período de 1995-2000, las inversiones

^[41] ibid.

^[42] Destinará PEMEX la mitad de su Presupuesto a Exploración y Producción. 13 de Enero de 1994. EL ECONOMISTA. p.p.30.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

nacionales en el rubro de la Energía alcanzarán los 5,000 millones de dólares con el fin de producir combustibles más limpios, mejorando así la calidad del combustóleo o sustituirlo por gas natural. Hasta 1994, PEMEX había invertido 2,000 millones de dólares en el mejoramiento de la calidad de las gasolinas y el diesel.

En cuanto al resto de los energéticos se refiere, México está tratando de dar cada vez mayor apoyo para el desarrollo de nuevos proyectos que beneficien al país en su totalidad y eviten las importaciones masivas de Energía.

En el presente Capítulo, se pretende mostrar cuál podría ser el desempeño de la Demanda Energética en México durante los próximos 25 años bajo la suposición de diversos posibles esquemas de crecimiento económico. Esta proyección comprende únicamente lo que sería el consumo interno y por lo tanto, a los resultados que aquí se presentan habría que añadir en un momento dado las proyecciones de la cantidad de Energía destinada a la exportación, ya que ésta representa actualmente y lo hará también en el futuro, una de las principales fuentes de ingresos económicos para nuestro país.

^[43] Frena PEMEX la Caída de Reservas con Nuevos Esquemas de Trabajo. 26 de Mayo de 1994.
EL ECONOMISTA. p.p.28.

4.2 PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

En las siguientes páginas se presentan los resultados numéricos y gráficos obtenidos de las proyecciones que se realizaron para estimar la Demanda Futura de Energía en nuestro país durante los próximos 25 años.

Es importante resaltar que las proyecciones que aquí se presentan surgen del comportamiento histórico del Consumo Energético Nacional durante la pasada década y la que vivimos actualmente, y de algunas suposiciones hechas con base en las cifras oficiales de crecimiento económico para el futuro inmediato de nuestro país. Sin embargo debemos recordar que en el correr de la historia han sido muchas y muy variadas las proyecciones y suposiciones que se han hecho alrededor de los futuros de los energéticos en todo el mundo, considerando siempre las condiciones que se viven en ese momento (como pueden ser altas o bajas en los precios de los energéticos, condiciones socio-políticas como las guerras, condiciones económicas, etc.), pero dichas condiciones siempre son cambiantes, para bien o para mal, por lo que no siempre, o mejor dicho nunca, esas proyecciones se cumplen con exactitud y muchas veces, la realidad futura, cuando llega, ni siquiera se asemeja a lo estimado unos años antes.^[44]

Para estas proyecciones se tomó como base un modelo econométrico simple en el que la Demanda Futura de Energía se representa como una función dependiente de dos variables: el Producto Interno Bruto (PIB), que representa la fuerza directriz de las necesidades energéticas que van apareadas al crecimiento económico nacional; y, el efecto histórico tendencial del Consumo de Energía. Este modelo, surge de la *relación de elasticidad* entre la demanda de Energía y, el PIB y el Consumo Energético Histórico, representándose como:

^[44] TRAGEDY OR FARCE?, Expectations for Oil, then and now. A compilation from the files of Michael C. Lynch. 1994. Boston, USA.: Massachussets Institute of Technology.

$$E_{Et} = [\Delta(E_t) / E_t] / [\Delta(PIB_t) / PIB_t] [\Delta(E_{t-1}) / E_{t-1}] \quad ;$$

$$\Rightarrow E_{Et} = [d(E_t) / E_t] / [d(PIB_t) / PIB_t] [d(E_{t-1}) / E_{t-1}] \quad ;$$

$$\Rightarrow E_{Et} = [\ln(E_t)] / [\ln(PIB_t)] [\ln(E_{t-1})] \quad ; \quad \dots (A)$$

donde:

E_{Et} : Elasticidad de la Demanda de Energía en el año "t" con respecto al PIB y al desempeño histórico del consumo (demanda) energético.

entonces, la ecuación logarítmica que representa esta relación está dada por:

$$\ln(E_t) = \alpha + \beta[\ln(PIB_t)] + \gamma[\ln(E_{t-1})] \quad ; \quad \dots (1)$$

donde:

E_t : Demanda (Consumo) anual de Energía en el año "t".

PIB_t : Producto Interno Bruto anual nacional en el año "t".

E_{t-1} : Demanda (Consumo) anual de Energía en el año precedente "t-1".

α, β, γ : Coeficientes de relación.

de tal forma que al aplicar un método de *regresión múltiple* (LAMINAS 4.1. y 4.2.) se determinaron los valores de los coeficientes α, β , y γ , y se observó que entre β y γ , que determinan el peso de cada una de las variables independientes consideradas sobre el resultado final, es β quien resulta ser la mayor y por lo tanto, es el PIB el que determina de manera preponderante la Demanda Futura de Energía (E_t).

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

Para la Ecuación (1), la regresión múltiple, nos da un coeficiente de correlación $r^2 = 0.91866$, el cual nos indica que la aproximación con los valores reales es suficientemente buena, y nos permite reescribir la ecuación que nos servirá como **MODELO 1** de la siguiente manera:

$$\ln(E_t) = 3.1013798 + 0.7222613[\ln(\text{PIB}_t)] + 0.3034674[\ln(E_{t-1})] \quad \dots (2)$$

Si ahora analizamos por separado el efecto de las dos variables independientes sobre E_t utilizando las relaciones de elasticidad simplificadas (B) y (C) y las respectivas Ecuaciones (3) y (4) a las que dan lugar:

$$\begin{aligned} E_{Et} &= [\Delta(E_t) / E_t] / [\Delta(\text{PIB}_t) / \text{PIB}_t] \quad ; \\ \Rightarrow E_{Et} &= [d(E_t) / E_t] / [d(\text{PIB}_t) / \text{PIB}_t] \quad ; \\ \Rightarrow E_{Et} &= [\ln(E_t)] / [\ln(\text{PIB}_t)] \quad ; \quad \dots (B) \end{aligned}$$

$$[\ln(E_t)]_1 = (\alpha)_1 + (\beta)_1[\ln(\text{PIB}_t)] \quad ; \quad \dots (3)$$

y

$$\begin{aligned} E_{Et} &= [\Delta(E_t) / E_t] / [\Delta(E_{t-1}) / E_{t-1}] \quad ; \\ \Rightarrow E_{Et} &= [d(E_t) / E_t] / [d(E_{t-1}) / E_{t-1}] \quad ; \\ \Rightarrow E_{Et} &= [\ln(E_t)] / [\ln(E_{t-1})] \quad ; \quad \dots (C) \end{aligned}$$

$$[\ln(E_t)]_2 = (\alpha)_2 + (\gamma)_2[\ln(E_{t-1})] \quad ; \quad \dots (4)$$

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

nos damos cuenta que la regresión múltiple nos da valores muy bajos de los coeficientes de correlación r^2 , siendo éstos de 0.88534 y 0.79895 respectivamente para cada ecuación (LAMINA 4.2.). Estas Ecuaciones (3) y (4) se reescribirían cada una como lo indican las Ecuaciones (5) y (6), mismas que se utilizan como MODELO 2 y MODELO 3 respectivamente.

$$[\ln(E_t)]_1 = 4.2070972 + 1.0449052[\ln(\text{PIB}_t)] \quad ; \quad \dots (5)$$

$$[\ln(E_t)]_2 = 7.3046601 + 0.790552[\ln(E_{t-1})] \quad ; \quad \dots (6)$$

Posteriormente, se hicieron los cálculos de las proyecciones utilizando los tres modelos correspondientes a las Ecuaciones (2), (5) y (6) con el Escenario 4 propuesto (Tabla 4.2.) y, los gráficos obtenidos con estos resultados, que se muestran en las LAMINAS 4.3. y 4.4., nos muestran fundamentalmente dos cosas:

1. **MODELO 2:** Confirma que el PIB es el principal factor para determinar la Demanda Futura de Energía del MODELO 1, e incluso, obtenemos valores de demanda energética muy similares, aunque superiores, a los que obtenemos considerando ambas variables (PIB y E_{t-1} MODELO 1), pero, si lo consideramos como única variable independiente, esta demanda será monótonicamente creciente conforme el PIB aumente (LAMINA 4.3.) y cada vez mayor a la proyección obtenida con el MODELO 1. Consecuentemente, la Intensidad Energética (LAMINA 4.4.) será también siempre creciente y superior a la del MODELO 1
2. **MODELO 3:** También nos confirma que el peso de E_{t-1} sobre el MODELO 1 es menor que el del PIB, pero que si lo consideramos como variable independiente única, la Demanda Futura de Energía llegaría a un estado de estancamiento prácticamente inmediato y, entonces sí, la Intensidad Energética en relación al

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

crecimiento económico propuesto (PIB, Tabla 4.2.) sería monótonicamente decreciente pero, esto no puede ser real porque de los datos históricos inmediatamente supondríamos que al haber crecimiento económico necesariamente la Demanda Energética debe ser mayor.

Por estas razones y por los resultados que arroja la regresión múltiple en cuanto al coeficiente de correlación r^2 , es que finalmente se tomó el MODELO 1 (Ecuación (2)), como el óptimo para llevar a cabo la proyección matemática motivo de este capítulo. Para ello se consideran cuatro escenarios de crecimiento económico (PIB), tomando como base la información oficial más reciente. Estos cuatro escenarios se muestran a continuación en la Tabla 4.2.

TABLA 4.2.: CRECIMIENTO ECONOMICO PORCENTUAL PROPUESTO (PIB).

AÑO	ESCENARIO 1 OPTIMISTA	ESCENARIO 2 SEMI-OPTIMISTA	ESCENARIO 3 PESIMISTA	ESCENARIO 4 PROMEDIO
1995	-1.00%	-3.00%	-5.00%	-3.00%
1996	3.00%	2.00%	1.00%	2.00%
1997	4.00%	4.00%	3.00%	3.67%
1998	4.00%	4.00%	3.00%	3.67%
1999	4.00%	4.00%	3.00%	3.67%
2000	5.00%	4.00%	3.00%	4.00%
2001	5.00%	4.00%	3.00%	4.00%
2002	5.00%	4.00%	3.00%	4.00%
2003	5.00%	4.00%	3.00%	4.00%
2004	5.00%	4.00%	3.00%	4.00%
2005	5.50%	4.00%	3.00%	4.17%
2006	5.50%	4.00%	3.00%	4.17%
2007	5.50%	4.00%	3.00%	4.17%
2008	5.50%	4.00%	3.00%	4.17%
2009	5.50%	4.00%	3.00%	4.17%
2010	6.00%	4.00%	3.00%	4.33%
2011	6.00%	4.00%	3.00%	4.33%
2012	6.00%	4.00%	3.00%	4.33%
2013	6.00%	4.00%	3.00%	4.33%
2014	6.00%	4.00%	3.00%	4.33%
2015	6.50%	4.00%	3.00%	4.50%
2016	6.50%	4.00%	3.00%	4.50%
2017	6.50%	4.00%	3.00%	4.50%
2018	6.50%	4.00%	3.00%	4.50%
2019	6.50%	4.00%	3.00%	4.50%
2020	7.00%	4.00%	3.00%	4.67%

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

y los resultados obtenidos de las proyecciones con cada uno de éstos escenarios se encuentran en las tablas de las LAMINAS 4.6. - 4.9., y en los gráficos de las LAMINAS 4.10. y 4.10.1.

Mientras que el gráfico de la LAMINA 4.10. nos muestra el crecimiento exponencial de la Demanda Energética nacional durante los próximos 25 años, el gráfico de la LAMINA 4.10.1. nos muestra que, a pesar de que el MODELO 1 es el óptimo para representar el crecimiento de la Demanda Energética en función del crecimiento económico y el comportamiento histórico de la propia demanda, la Intensidad Energética, aunque en los primeros años es decreciente, a partir del año 1999 comenzaría a crecer nuevamente para alcanzar valores ligeramente superiores al de 1994 en el año 2020; y lo ideal es que la Intensidad Energética sea siempre decreciente. **La razón de esto es que la Intensidad Energética es una medida de la Eficiencia Energética de un país, así, cuanto menor es la Intensidad Energética, mayor es la Eficiencia y, si un país es capaz de crecer económicamente, pero no es capaz de disminuir su Consumo Energético para lograr ese crecimiento, entonces no es energéticamente eficiente.** Para lograr dicha Eficiencia Energética, el crecimiento de la Demanda Energética debe ser inferior al crecimiento económico del país, y de acuerdo con los resultados obtenidos con el MODELO 1 y plasmados en las tablas de las LAMINAS 4.6. - 4.9., la Tasa media de crecimiento anual del período 1995-2020 ($Tmca_{1995-2020}$) para la Demanda Energética es superior a la del PIB en los cuatro escenarios propuestos; el mejor caso quizás sería el del escenario 3 (escenario pesimista), donde ambas tasas son prácticamente iguales.

El MODELO 1 nos indica que, en un escenario optimista del PIB, la Demanda de Energía en el año 2020 sería satisfecha con 5,565.6 Petacalorías ($3,664.7172 \times 10^6$ bpce) (LAMINA 4.6.), esto es, casi cuatro veces la Demanda Energética de 1994; mientras que en un escenario pesimista, con bajo crecimiento económico, dicha demanda alcanzaría las 2,870.1 Petacalorías ($1,889.842 \times 10^6$ bpce) (LAMINA 4.8.), es decir, dos veces más que la demanda de 1994 y la mitad que con el escenario optimista. Un escenario promedio nos llevaría en el año 2020 a una Demanda Energética de 2.75 veces la demanda de 1994 (LAMINA 4.9.).

MODELO ECONOMETRICO PARA DETERMINAR LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

MODELO (1): $\ln(E_t) = \alpha + \beta[\ln(\text{PIB}_t)] + \gamma[\ln(E_{t-1})]$

donde: E_t : Demanda Nacional de Energía en el año "t".

PIB: Producto Interno Bruto nacional en el año "t".

E_{t-1} : Demanda Nacional de Energía en el año precedente "t-1".

α, β, γ : Coeficientes de regresión.

[INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)]

DATOS HISTORICOS.

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1980)	INTENSIDAD ENERGETICA (kcal/\$producido)	ln(DEMANDA.ENERGIA) _t	ln(PIB) _t	ln(DEMANDA.ENERGIA) _{t-1}
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6107	29.1284	34.5049
1981	1.1475E+15	4.8622E+12	236.0123	34.6764	29.2125	34.6107
1982	1.2328E+15	4.8317E+12	255.1446	34.7480	29.2062	34.6764
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	251.7430	34.6917	29.1633	34.7480
1984	1.1840E+15	4.7961E+12	246.8620	34.7077	29.1988	34.6917
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7292	29.2244	34.7077
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7082	29.1862	34.7292
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7481	29.2045	34.7082
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7619	29.2169	34.7481
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.8197	29.2499	34.7619
1990	1.3259E+15	5.2715E+12	251.5280	34.8209	29.2933	34.8197
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	248.8513	34.8458	29.3290	34.8209
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	246.2879	34.8631	29.3566	34.8458
1993	1.3619E+15	5.6412E+12	241.4215	34.8477	29.3611	34.8631
1994 ^{ESTIMADO}	1.4850E+15	5.7260E+12	259.5140	34.9348	29.3760	34.8477
Tmca	2.3421%	1.7843%	0.5480%			

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.1.

REGRESION MULTIPLE PARA EL CÁLCULO DE LOS COEFICIENTES α, β, γ .

MODELO (1): $\ln(E_t) = \alpha + \beta[\ln(\text{PIB}_t)] + \gamma[\ln(E_{t-1})]$

REGRESION MULTIPLE, alfa = 0.95

$\gamma = 0.303467424824859$	$\beta = 0.722261298984648$	$\alpha = 3.10137980632953$
$\sigma_\gamma = 0.136883968783156$	$\sigma_\beta = 0.171871245110388$	$\sigma_\alpha = 2.72021768177942$
$r^2 = 0.91865632963208$	$\sigma_{E_t} = 0.0264548031424262$	
$F = 67.7611171571413$	$g.lib. = 12$	
suma.cuadrados = 0.094846	suma residuos cuadrados = 0.008398	

MODELO (2): $\ln(E_t) = \alpha_1 + \beta_1[\ln(\text{PIB}_t)]$

REGRESION MULTIPLE, alfa = 0.95

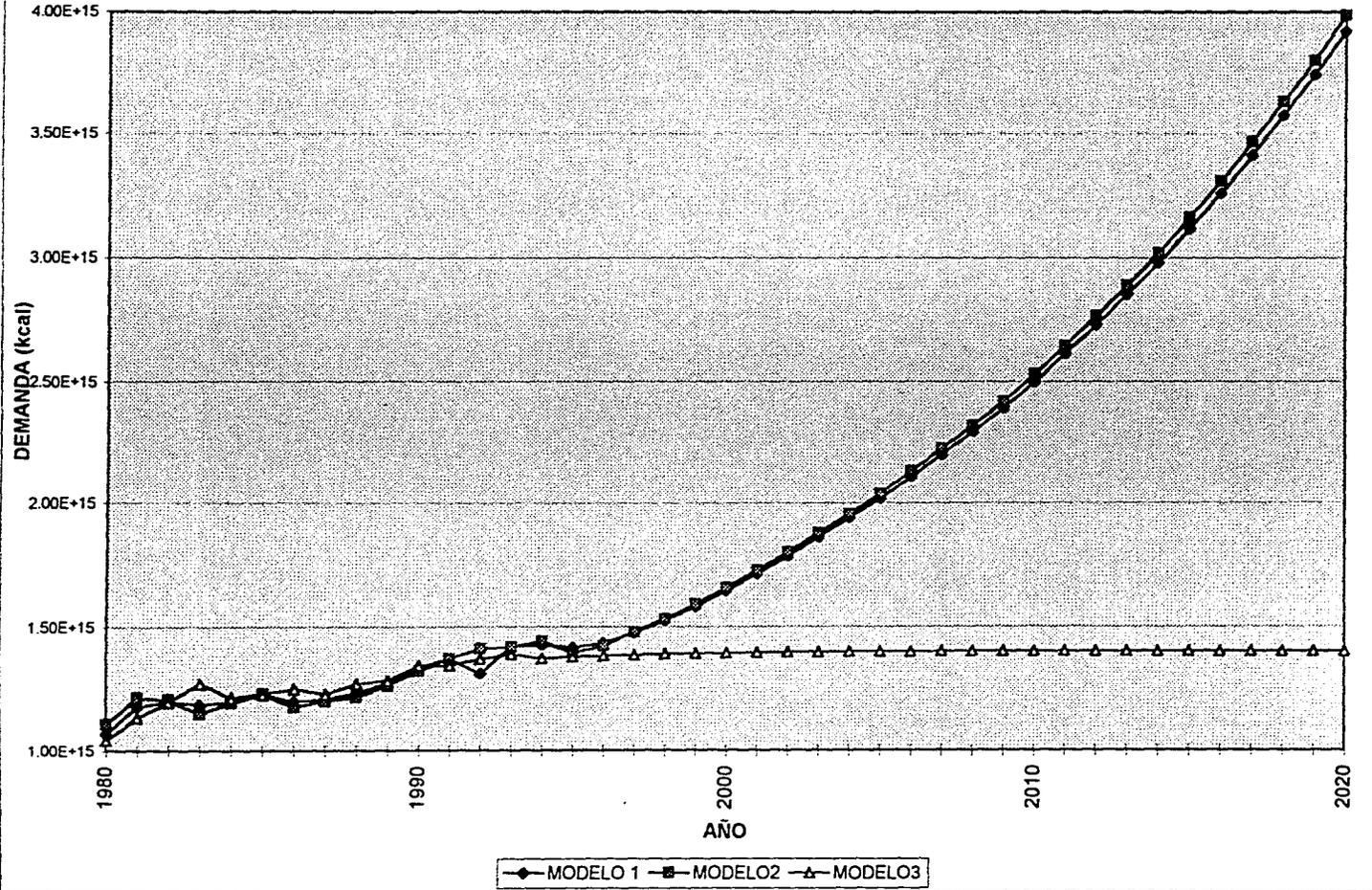
$\beta_1 = 1.044905277$	$\alpha_1 = 4.20709724$
$\sigma_{\beta_1} = 0.104293414$	$\sigma_{\alpha_1} = 3.05029549$
$r^2 = 0.885339666$	$\sigma_{E_t} = 0.03017645$
$F = 100.3783548$	$g.lib. = 13$
suma.cuadrados = 0.091406372	suma residuos cuad. = 0.01183804

MODELO (3): $\ln(E_t) = \alpha_2 + \gamma_2[\ln(E_{t-1})]$

REGRESION MULTIPLE, alfa = 0.95

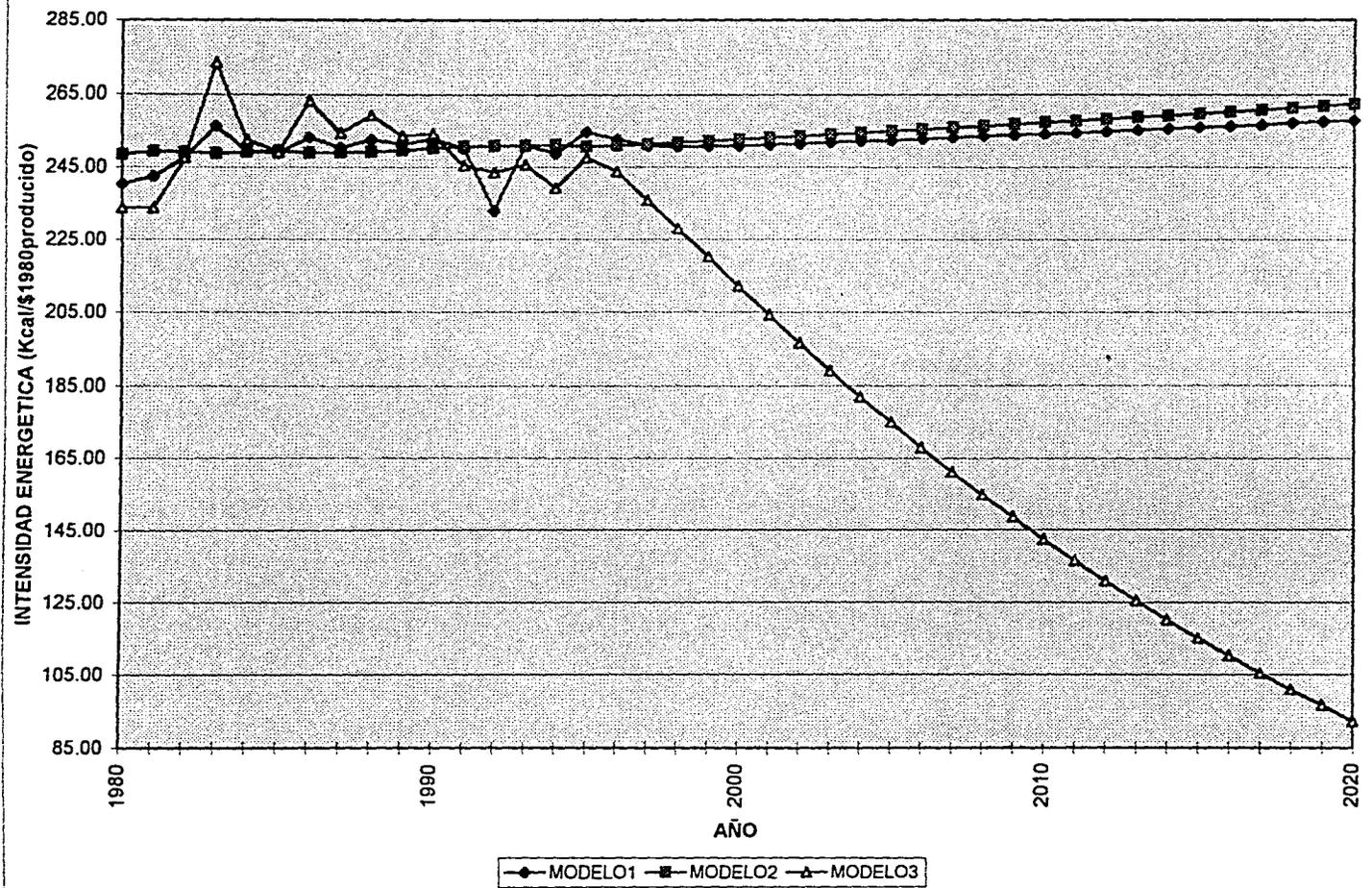
$\gamma_2 = 0.790552204$	$\alpha_2 = 7.30466009$
$\sigma_{\gamma_2} = 0.109990193$	$\sigma_{\alpha_2} = 3.82095623$
$r^2 = 0.798947892$	$\sigma_{E_t} = 0.03995912$
$F = 51.65985439$	$g.lib. = 13$
suma.cuadrados = 0.082486904	suma residuos cuad. = 0.02075751

COMPARATIVO GRAFICO DE LOS MODELOS 1, 2, Y 3 PARA LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA UTILIZANDO EL ESCENARIO 4.



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

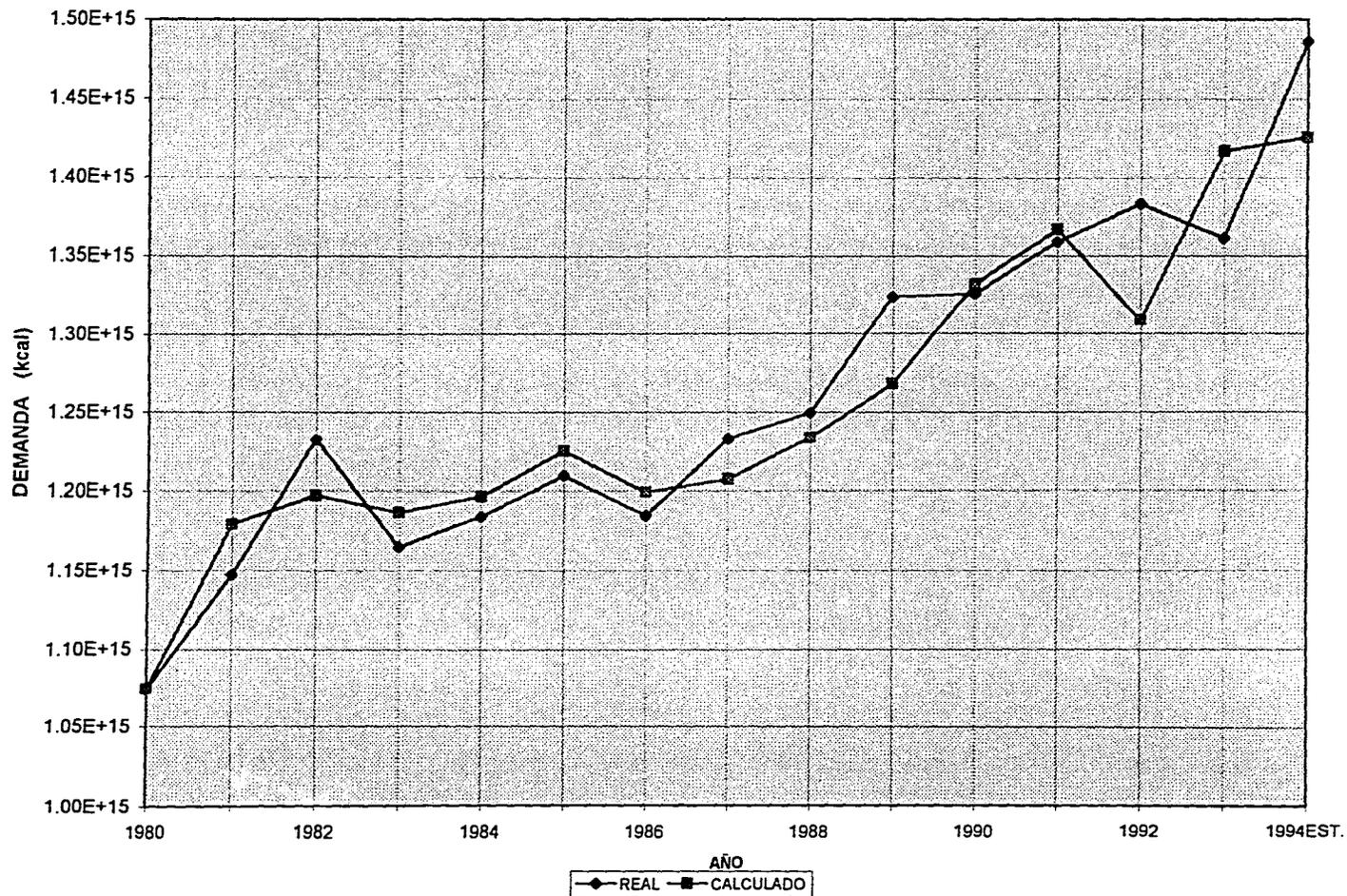
**COMPARATIVO GRAFICO DE LOS MODELOS 1, 2, Y 3 PARA LA INTENSIDAD ENERGETICA
UTILIZANDO EL ESCENARIO 4.**



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.4.

DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA EN MEXICO 1980-1994. (MODELO 1).



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

MODELO 1, ESCENARIO 1: OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -1%

$$\ln(E_t) = 3.10137981 + 0.722261299[\ln(\text{PIB}_t)] + 0.303467425[\ln(E_{t-1})]$$

$$[\text{INTENSIDAD ENERGÉTICA} = (\text{DEMANDA NACIONAL DE ENERGÍA})/(\text{PIB})]$$

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGÍA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1980)	INTENSIDAD ENERGÉTICA (kcal/Producto)	ln(DEMANDA.ENERGÍA) _t CALCULADO	(DEMANDA.ENERGÍA) _t CALCULADA (kcal)	INTENSIDAD ENERGÉTICA CALC. (kcal/Producto)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6108	1.0747E+15	240.41951
1981	1.1475E+15	4.8622E+12	236.0123	34.7037	1.1783E+15	242.53981
1982	1.2328E+15	4.8317E+12	255.1446	34.7191	1.1976E+15	247.85377
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	251.7430	34.7098	1.1866E+15	256.33693
1984	1.1840E+15	4.7961E+12	246.8820	34.7184	1.1967E+15	249.53223
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7417	1.2250E+15	248.95501
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	250.1461	34.7206	1.1994E+15	253.26824
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7275	1.2077E+15	250.37352
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7486	1.2334E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7765	1.2684E+15	251.30386
1990	1.3269E+15	5.2715E+12	261.5280	34.8255	1.3320E+15	252.67829
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	248.8513	34.8516	1.3672E+15	250.26426
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	246.2879	34.8078	1.3687E+15	233.02267
1993	1.3819E+15	5.8412E+12	241.4215	34.8876	1.4174E+15	251.26019
1994 ESTIMADO	1.4862E+15	5.7262E+12	259.5140	34.8937	1.4281E+15	248.04844
1995		5.6687E+12	253.2572	34.9004	1.4356E+15	253.25716
1996		5.8388E+12	251.6983	34.9238	1.4696E+15	251.69835
1997		6.0724E+12	250.7446	34.9592	1.5226E+15	250.74456
1998		6.3152E+12	260.7087	34.9683	1.5833E+15	250.70869
1999		6.5679E+12	260.9509	35.0385	1.6482E+15	250.95092
2000		6.8963E+12	260.6109	35.0859	1.7283E+15	250.61094
2001		7.2411E+12	260.8226	35.1356	1.8162E+15	250.82263
2002		7.6031E+12	251.2019	35.1858	1.9096E+15	251.20191
2003		7.9833E+12	251.6328	35.2353	2.0089E+15	251.63283
2004		8.3824E+12	252.0800	35.2869	2.1130E+15	252.07999
2005		8.8435E+12	252.1997	35.3409	2.2303E+15	252.19967
2006		9.3299E+12	252.5837	35.3950	2.3566E+15	252.58371
2007		9.8430E+12	263.0487	35.4514	2.4908E+15	253.04871
2008		10.3844E+12	263.6390	35.5068	2.6326E+15	253.63901
2009		10.9555E+12	264.0377	35.5623	2.7831E+15	254.03789
2010		11.6128E+12	264.2056	35.6213	2.9520E+15	254.20558
2011		12.3096E+12	264.6380	35.6812	3.1345E+15	254.63801
2012		13.0482E+12	266.1516	35.7415	3.3293E+15	255.15162
2013		13.8311E+12	266.6907	35.8019	3.5365E+15	255.69073
2014		14.6609E+12	266.2384	35.8623	3.7567E+15	256.23841
2015		15.6139E+12	266.4541	35.9261	4.0043E+15	256.45413
2016		16.6288E+12	266.9366	35.9910	4.2725E+15	256.93560
2017		17.7097E+12	267.4988	36.0561	4.5602E+15	257.49876
2018		18.8608E+12	268.0877	36.1214	4.8677E+15	258.08774
2019		20.0869E+12	268.6855	36.1867	5.1962E+15	258.68554
2020		21.4928E+12	268.9499	36.2554	5.5656E+15	259.94991
Tmca 1985-2020		5.48%	0.09%	0.95%	5.67%	0.09%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.6.

MODELO 1, ESCENARIO 2: SEMI-OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -3%

$$\ln(E_t) = 3.10137981 + 0.722261299[\ln(\text{PIB}_t)] + 0.303467425[\ln(E_{t-1})]$$

INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1990)	INTENSIDAD ENERGETICA (kcal/producido)	ln(DEMANDA ENERGIA) CALCULADO	(DEMANDA ENERGIA) CALCULADA (kcal)	INTENSIDAD ENERGETICA CALC. (kcal/producido)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6108	1.0747E+15	240.41561
1981	1.1475E+15	4.6622E+12	236.0123	34.7037	1.1793E+15	242.53981
1982	1.2328E+15	4.8317E+12	255.1446	34.7191	1.1976E+15	247.85377
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	251.7430	34.7099	1.1866E+15	256.33693
1984	1.1340E+15	4.7961E+12	246.8620	34.7184	1.1967E+15	249.52323
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7417	1.2250E+15	248.95501
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7206	1.1994E+15	253.26824
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7275	1.2077E+15	250.37352
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7486	1.2334E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7765	1.2684E+15	251.30366
1990	1.3259E+15	5.2715E+12	251.5280	34.8255	1.3320E+15	252.67829
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	248.8513	34.8516	1.3672E+15	250.26426
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	246.2879	34.8078	1.3087E+15	233.02267
1993	1.3619E+15	5.6412E+12	241.4216	34.8976	1.4174E+15	251.26019
1994 PROYECTADO	1.4960E+15	5.7280E+12	259.5140	34.8937	1.4281E+15	240.04844
1995		5.5542E+12	24.6968	34.8857	1.4146E+15	254.69678
1996		5.6653E+12	252.6831	34.8975	1.4315E+15	252.68308
1997		5.8919E+12	250.8471	34.8994	1.4780E+15	250.84710
1998		6.1276E+12	250.5453	34.8675	1.5352E+15	250.54528
1999		6.3727E+12	250.7066	35.0073	1.5877E+15	250.70661
2000		6.6276E+12	251.0089	35.0478	1.6638E+15	251.00876
2001		6.8927E+12	251.3540	35.0883	1.7328E+15	251.35404
2002		7.1684E+12	251.7128	35.1290	1.8044E+15	251.71279
2003		7.4552E+12	252.0760	35.1697	1.8793E+15	252.07600
2004		7.7534E+12	252.4409	35.2103	1.9573E+15	252.44093
2005		8.0635E+12	252.8068	35.2510	2.0385E+15	252.80676
2006		8.3860E+12	253.1732	35.2917	2.1231E+15	253.17323
2007		8.7215E+12	253.5403	35.3323	2.2112E+15	253.54027
2008		9.0703E+12	253.9078	35.3730	2.3030E+15	253.90785
2009		9.4331E+12	254.2760	35.4137	2.3986E+15	254.27596
2010		9.8105E+12	254.6446	35.4543	2.4982E+15	254.64461
2011		10.2029E+12	255.0138	35.4950	2.6019E+15	255.01379
2012		10.6110E+12	255.3835	35.5357	2.7099E+15	255.38351
2013		11.0354E+12	255.7538	35.5763	2.8224E+15	255.75376
2014		11.4769E+12	256.1246	35.6170	2.9395E+15	256.12455
2015		11.9359E+12	256.4969	35.6577	3.0615E+15	256.49588
2016		12.4134E+12	256.8677	35.6984	3.1886E+15	256.86775
2017		12.9099E+12	257.2402	35.7390	3.3209E+15	257.24015
2018		13.4263E+12	257.6131	35.7797	3.4588E+15	257.61310
2019		13.9634E+12	257.9866	35.8204	3.6024E+15	257.98658
2020		14.5219E+12	258.3606	35.8610	3.7519E+15	258.36061
Tmca 1985-2020		3.92%	0.06%	0.11%	3.98%	0.06%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.7.

MODELO 1, ESCENARIO 3: PESIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -5%

$$\ln(E_t) = 3.10137981 + 0.722261299[\ln(\text{PIB}_t)] + 0.303467425[\ln(E_{t-1})]$$

$$[\text{INTENSIDAD ENERGÉTICA}] = (\text{DEMANDA NACIONAL DE ENERGÍA})/(\text{PIB})$$

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGÍA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE 1980)	INTENSIDAD ENERGÉTICA (kcal/producción)	ln(DEMANDA ENERGÍA) _t CALCULADO	(DEMANDA ENERGÍA) _t CALCULADA (kcal)	INTENSIDAD ENERGÉTICA CALC. (kcal/producción)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6108	1.0747E+15	240.41951
1981	1.1475E+15	4.8522E+12	236.0123	34.7037	1.1793E+15	242.53981
1982	1.2328E+15	4.8317E+12	255.1446	34.7191	1.1976E+15	247.65377
1983	1.1663E+15	4.6289E+12	251.7430	34.7098	1.1866E+15	256.33893
1984	1.1640E+15	4.7951E+12	246.8620	34.7184	1.1967E+15	249.52323
1985	1.2086E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7417	1.2250E+15	248.95501
1986	1.1646E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7206	1.1994E+15	253.26824
1987	1.2329E+15	4.8736E+12	255.5913	34.7276	1.2077E+15	250.37352
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7488	1.2334E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7766	1.2684E+15	251.30386
1990	1.3559E+15	5.3715E+12	251.5280	34.8256	1.3320E+15	252.67829
1991	1.3594E+15	5.4527E+12	248.8513	34.8516	1.3672E+15	250.28426
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	245.2879	34.8078	1.3087E+15	233.02267
1993	1.3619E+15	5.8412E+12	241.4216	34.8876	1.4174E+15	251.26019
1994-estimado	1.4960E+15	5.7260E+12	259.5160	34.8937	1.4261E+15	249.04644
1995		5.4397E+12	256.1748	34.8706	1.3935E+15	256.17484
1996		5.4941E+12	263.6848	34.8708	1.3938E+15	253.68476
1997		5.6589E+12	261.6246	34.8922	1.4239E+15	251.62457
1998		5.8287E+12	261.1936	34.9200	1.4641E+15	251.19364
1999		6.0035E+12	261.2540	34.9498	1.5084E+15	251.25403
2000		6.1837E+12	261.4636	34.9802	1.5550E+15	251.46352
2001		6.3692E+12	261.7185	35.0108	1.6032E+15	251.71849
2002		6.5602E+12	261.9876	35.0414	1.6531E+15	251.98749
2003		6.7570E+12	262.2609	35.0721	1.7049E+15	252.26095
2004		6.9586E+12	262.5360	35.1027	1.7576E+15	252.53598
2005		7.1666E+12	262.8117	35.1334	1.8123E+15	252.81169
2006		7.3836E+12	263.0878	35.1640	1.8687E+15	253.08762
2007		7.6051E+12	263.3643	35.1947	1.9269E+15	253.36429
2008		7.8333E+12	263.6411	35.2253	1.9868E+15	253.64107
2009		8.0683E+12	263.9182	35.2560	2.0487E+15	253.91816
2010		8.3103E+12	264.1966	35.2866	2.1124E+15	254.19555
2011		8.5596E+12	264.4732	35.3173	2.1782E+15	254.47325
2012		8.8164E+12	264.7512	35.3479	2.2460E+15	254.75125
2013		9.0809E+12	265.0296	35.3786	2.3158E+15	255.02955
2014		9.3533E+12	265.3082	35.4092	2.3880E+15	255.30816
2015		9.6339E+12	265.5871	35.4399	2.4623E+15	255.58707
2016		9.9230E+12	265.8663	35.4705	2.5389E+15	255.86628
2017		10.2206E+12	266.1468	35.5012	2.6180E+15	256.14580
2018		10.5273E+12	266.4266	35.5318	2.6995E+15	256.42563
2019		10.8431E+12	266.7058	35.5625	2.7835E+15	256.70576
2020		11.1684E+12	266.9862	35.5931	2.8701E+15	256.98620
TMCB 1985-2020		2.92%	0.01%	0.08%	2.93%	0.01%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.8.

MODELO 1, ESCENARIO 4: PROMEDIO CON (PIB₁₉₉₅) = -3%

$$\ln(E_t) = 3.10137981 + 0.722261299[\ln(\text{PIB}_t)] + 0.303467425[\ln(E_{t-1})]$$

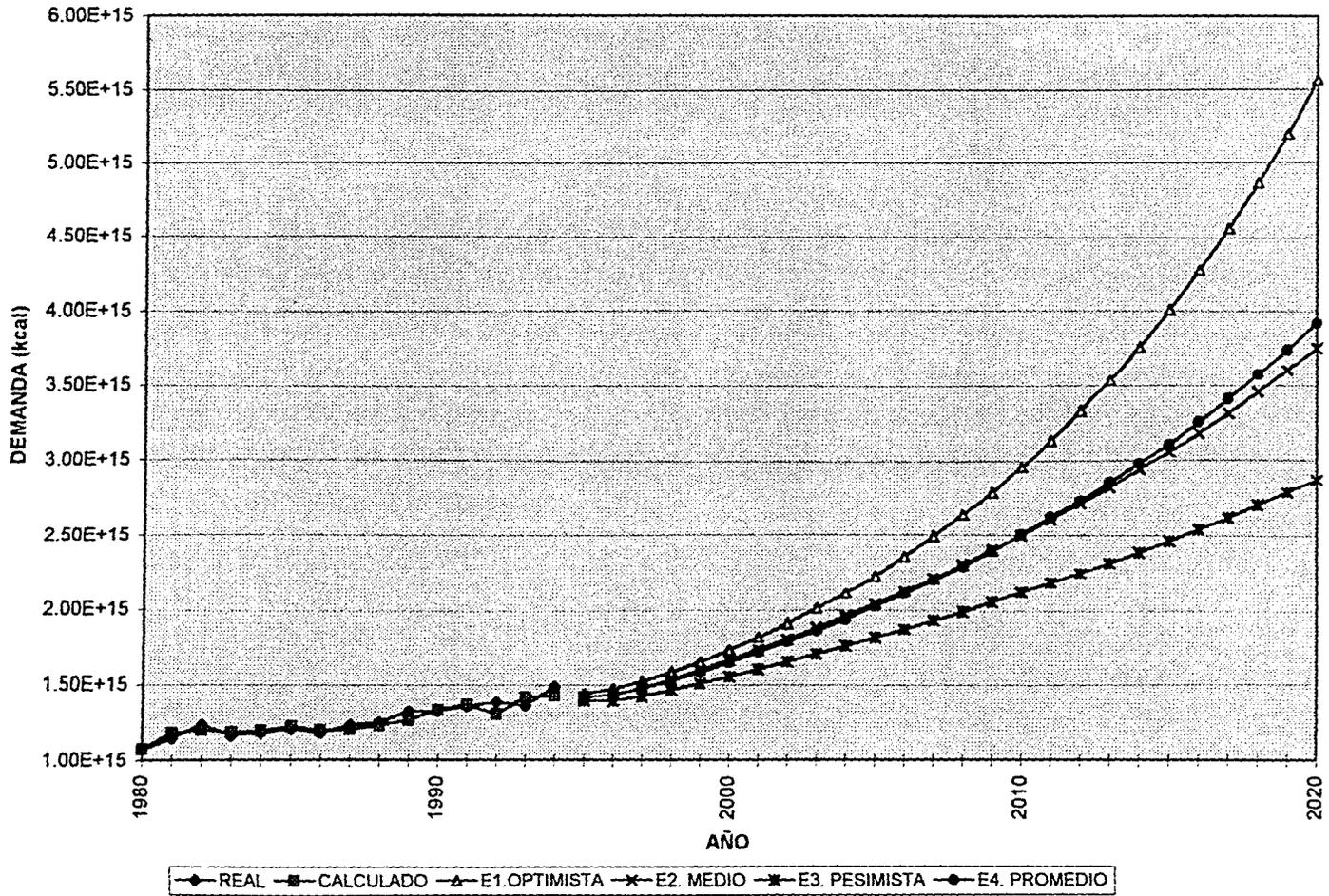
[INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)]

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1990)	INTENSIDAD ENERGETICA (kcal/produccio)	ln(DEMANDA ENERGIA) CALCULADO	(DEMANDA ENERGIA) CALCULADA (kcal)	INTENSIDAD ENERGETICA CALC. (kcal/produccio)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	2.34002	34.6108	1.0747E+15	240.41951
1981	1.1475E+15	4.8622E+12	2.90123	34.7037	1.1793E+15	242.53961
1982	1.2328E+15	4.9317E+12	2.51446	34.7191	1.1976E+15	247.85377
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	2.17430	34.7098	1.1866E+15	256.33693
1984	1.1640E+15	4.7561E+12	2.468620	34.7184	1.1967E+15	249.52323
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	2.458764	34.7417	1.2250E+15	248.95501
1986	1.1546E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7206	1.1994E+15	253.26824
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7275	1.2077E+15	250.37352
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7486	1.2334E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7765	1.2684E+15	251.30386
1990	1.3259E+15	5.2715E+12	251.8280	34.8255	1.3320E+15	252.67828
1991	1.3594E+15	5.4527E+12	248.8513	34.8516	1.3672E+15	250.28426
1992	1.3932E+15	5.6160E+12	246.2879	34.8078	1.3087E+15	233.02267
1993	1.3519E+15	5.6412E+12	241.4218	34.8876	1.4174E+15	251.26019
1994 Promedio	1.4960E+15	5.7252E+12	259.5140	34.8937	1.4726E+15	249.04844
1995	5.5542E+12	254.6968	34.8857	1.4146E+15	254.09678	
1996	5.6653E+12	252.6831	34.8975	1.4315E+15	252.66304	
1997	5.6732E+12	251.0686	34.9272	1.4745E+15	251.06661	
1998	6.0888E+12	250.8132	34.9622	1.5271E+15	250.81320	
1999	6.3122E+12	250.3684	34.9988	1.5842E+15	250.66836	
2000	6.5647E+12	251.0267	35.0383	1.6475E+15	251.02667	
2001	6.8273E+12	251.2978	35.0786	1.7157E+15	251.29783	
2002	7.1004E+12	251.6340	35.1191	1.7867E+15	251.63397	
2003	7.3844E+12	251.9902	35.1598	1.8608E+15	251.99022	
2004	7.6798E+12	252.3630	35.2004	1.9360E+15	252.35295	
2005	8.0000E+12	252.6034	35.2423	2.0208E+15	252.60341	
2006	8.3336E+12	252.9452	35.2845	2.1080E+15	252.94520	
2007	8.6811E+12	253.3151	35.3268	2.1991E+15	253.31514	
2008	9.0432E+12	253.6340	35.3692	2.2942E+15	253.69403	
2009	9.4203E+12	254.0760	35.4115	2.3935E+15	254.07605	
2010	9.8281E+12	254.3510	35.4550	2.4988E+15	254.35098	
2011	10.2537E+12	254.7121	35.4988	2.6117E+15	254.71211	
2012	10.6977E+12	255.0999	35.5427	2.7290E+15	255.09966	
2013	11.1609E+12	255.4961	35.5866	2.8516E+15	255.49614	
2014	11.6442E+12	255.8955	35.6306	2.9797E+15	255.89545	
2015	12.1682E+12	256.1903	35.6757	3.1122E+15	256.18025	
2016	12.7157E+12	256.5671	35.7212	3.2623E+15	256.55713	
2017	13.2879E+12	256.9625	35.7668	3.4145E+15	256.96245	
2018	13.8859E+12	257.3769	35.8124	3.5739E+15	257.37690	
2019	14.5108E+12	257.7946	35.8581	3.7408E+15	257.79458	
2020	15.1664E+12	258.0972	35.9049	3.9201E+15	258.09719	
Tmca ₁₉₉₅₋₂₀₂₀		4.11%	0.05%	0.12%	4.16%	0.05%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

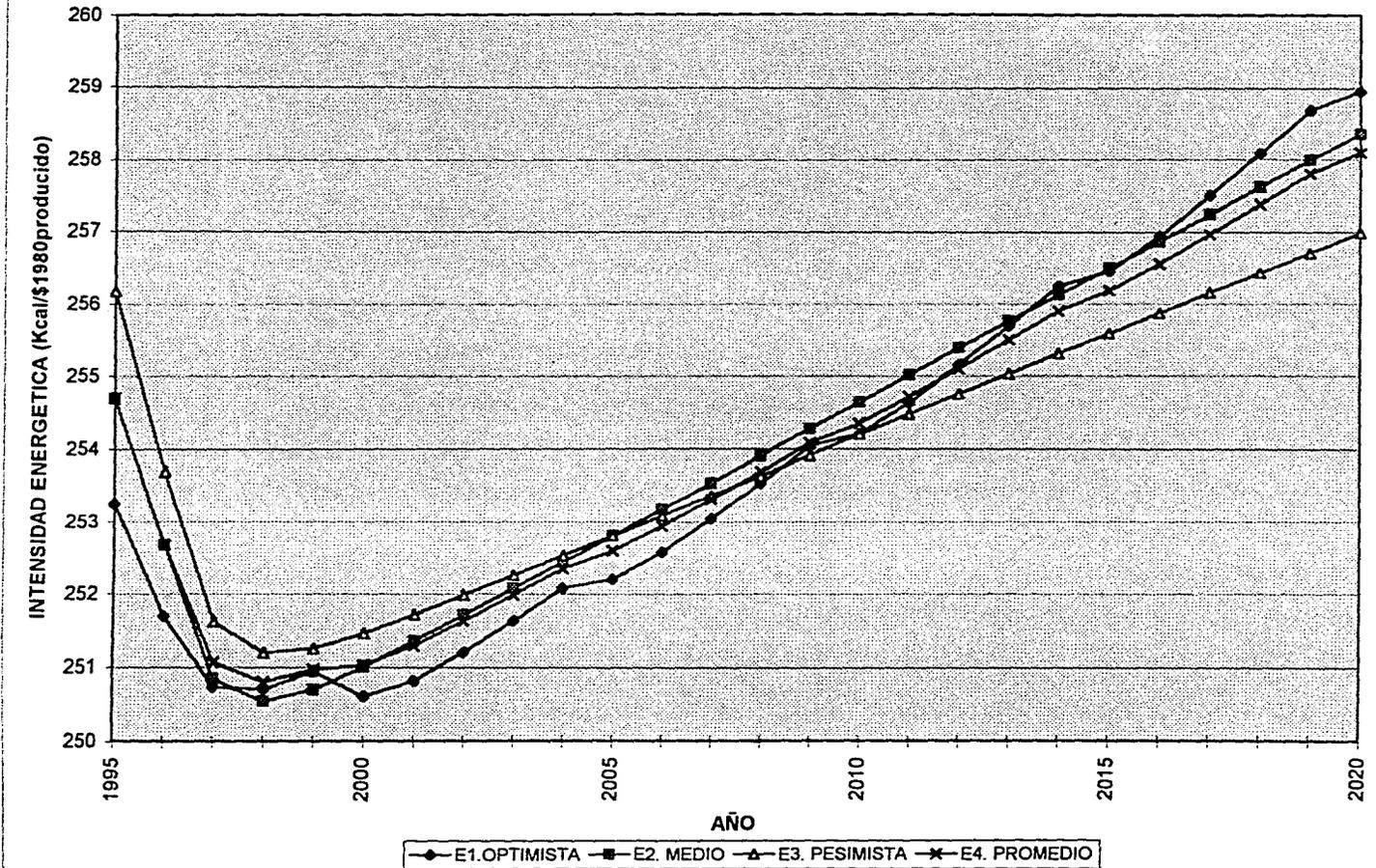
LAMINA 4.9.

DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA Y PROYECCIONES HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 1).



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

PROYECCIONES DE LA INTENSIDAD ENERGÉTICA HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 1).



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.10.1.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

De acuerdo con estudios realizados por científicos del mundo, la Intensidad Energética que debe alcanzar Latinoamérica para el año 2020 es de 0.22Tpece/1000USD. ^[45] Si tomamos este valor como objetivo para nuestro país y decimos que en la Ecuación (2) γ en el año 2020 debe ser igual a 0.22 (ya que es γ el factor histórico de la demanda energética); entonces, la Tasa media de crecimiento anual de γ para el futuro se determina a partir del valor obtenido de γ en el MODELO 1 y nuestro valor objetivo, dando como resultado: $(Tmca_{1995-2020})_{\gamma} = -1.23\%$, de tal forma que la Ecuación (2) se reescribe como:

$$\ln(E_t) = 3.1013798 + 0.7222613[\ln(PIB_t)] + (\gamma)_3[\ln(E_{t-1})] \dots (7)$$

donde:

$$(\gamma)_3 = (\gamma)_{t-1}[(1 + (Tmca_{1995-2020})_{\gamma})] \dots (8)$$

donde:

$(\gamma)_{t-1}$: Coeficiente de la Demanda Energética del año precedente y que para 1995 es igual a 0.3034674 que se obtuvo en la regresión múltiple del MODELO 1.

Con las Ecuaciones (7) y (8), se forma el **MODELO 4**, con el que se hicieron nuevamente las proyecciones de la Demanda Energética y los resultados obtenidos se encuentran registrados en las tablas de las LAMINAS 4.11. - 4.14. y los gráficos de las LAMINAS 4.15. y 4.15.1. En las tablas mencionadas se puede observar que el efecto decreciente del coeficiente de $(\gamma)_3$ sobre el MODELO 1 permite alcanzar la Intensidad

^[45] ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION IN THE DEVELOPING WORLD. A World Bank Policy Paper. 1993. Washington, D.C.: The World Bank.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

Energética objetivo para el año 2020 con una $(Tmca_{1995-2020})_{y3} = -1.23\%$, y la Demanda Energética para los cuatro escenarios propuestos (que son los mismos que en el MODELO 1) presenta una $Tmca$ siempre inferior a la del PIB, con lo que nos aseguramos de que además de tener crecimiento económico, seamos energéticamente eficientes.

Ahora bien, si comparamos el gráfico de la LAMINA 4.10. (MODELO 1), con el gráfico de la LAMINA 4.15. (MODELO 4), inmediatamente se ve la disminución en la tendencia exponencial de las curvas de la Demanda Energética de uno al otro y, lo mismo ocurre para el caso de la Intensidad Energética representada en los gráficos de las LAMINAS 4.10.1. y 4.15.1.; en este último, se observa el decrecimiento lineal de la Intensidad Energética.

Con el **MODELO 4**, un escenario optimista del PIB, la Demanda de Energía en el año 2020 sería satisfecha con 3,880.5 Petacalorías ($2,555.1487 \times 10^6$ bpce) (LAMINA 4.11.), que representan 2.72 veces la Demanda Energética de 1994 y tan sólo el 69.7% de la demanda requerida con el MODELO 1 para el mismo crecimiento económico y, una Intensidad Energética del 72.5% que la de 1994 y del 69.7% que la que tendríamos con el MODELO 1. En un escenario pesimista, con bajo crecimiento económico, la Demanda Energética alcanzaría las 2,016.43 Petacalorías ($1,327.7357 \times 10^6$ bpce) (LAMINA 4.13.), es decir, 1.4 veces más que la demanda de 1994 y el 70.26% que con el MODELO 1 para el mismo escenario, y con la misma Intensidad Energética que en el escenario optimista del MODELO 4. Con el escenario de crecimiento económico promedio y el MODELO 4, para el año 2020 la Demanda Energética sería casi de 1.93 veces la demanda de 1994 con la misma Intensidad Energética que en los dos casos anteriores (LAMINA 4.14.).

MODELO 4, ESCENARIO 1: OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -1%

[INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)]
 (Tmca)_{Int. Ener 1994-2020} = -1.23%

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kca)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1980)	INTENSIDAD ENERGETICA (kca)/producido	ln(DEMANDA ENERGIA) _K CALCULADO	(DEMANDA ENERGIA) _K CALCULADA (kca)	INTENSIDAD ENERGETICA CALC. (kca)/producido
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6109	1.0747E+15	240.41951
1981	1.1475E+15	4.8623E+12	236.0123	34.7037	1.1793E+15	242.53981
1982	1.2378E+15	4.8317E+12	255.1446	34.7191	1.1976E+15	247.85377
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	251.7430	34.7099	1.1866E+15	256.33693
1984	1.1840E+15	4.7961E+12	246.8620	34.7184	1.1967E+15	249.52323
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7417	1.2250E+15	249.95501
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7206	1.1994E+15	253.76824
1987	1.2379E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7275	1.2077E+15	250.37352
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7486	1.2334E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7765	1.2684E+15	251.30386
1990	1.3259E+15	5.2716E+12	251.5280	34.8255	1.3320E+15	252.67829
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	248.8513	34.8516	1.3672E+15	250.38426
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	246.2879	34.8079	1.3087E+15	233.02267
1993	1.3519E+15	5.6412E+12	241.4215	34.8876	1.4174E+15	251.26019
1994 ESTIMADO	1.4860E+15	5.7260E+12	250.5140	34.8837	1.4261E+15	249.04844
1995		5.6687E+12	245.9864	34.8713	1.3944E+15	245.98644
1996		5.8388E+12	242.9621	34.8895	1.4168E+15	242.96208
1997		6.0724E+12	239.9749	34.9153	1.4572E+15	239.97490
1998		6.3152E+12	237.0245	34.9422	1.4969E+15	237.02445
1999		6.5679E+12	234.1103	34.9690	1.5376E+15	234.11028
2000		6.8963E+12	231.2319	35.0054	1.5946E+15	231.23194
2001		7.2411E+12	228.3890	35.0418	1.6538E+15	228.38898
2002		7.6031E+12	225.5810	35.0783	1.7151E+15	225.58098
2003		7.9833E+12	222.8075	35.1147	1.7787E+15	222.80760
2004		8.3824E+12	220.0681	35.1511	1.8447E+15	220.06812
2005		8.8435E+12	217.3624	35.1923	1.9222E+15	217.36242
2006		9.3299E+12	214.6900	35.2334	2.0030E+15	214.68999
2007		9.8430E+12	212.0504	35.2746	2.0872E+15	212.05042
2008		10.3844E+12	209.4413	35.3158	2.1749E+15	209.44330
2009		10.9555E+12	206.8682	35.3569	2.2663E+15	206.86823
2010		11.6128E+12	204.3248	35.4028	2.3728E+15	204.32482
2011		12.3596E+12	201.8127	35.4487	2.4842E+15	201.81268
2012		13.0482E+12	199.3314	35.4946	2.6005E+15	199.33143
2013		13.8311E+12	196.8807	35.5405	2.7231E+15	196.88069
2014		14.6509E+12	194.4801	35.5864	2.8510E+15	194.48007
2015		15.6139E+12	192.0682	35.6370	2.9980E+15	192.06822
2016		16.6288E+12	189.7078	35.6876	3.1546E+15	189.70777
2017		17.7097E+12	187.3753	35.7382	3.3184E+15	187.37634
2018		18.8608E+12	185.0716	35.7889	3.4906E+15	185.07160
2019		20.0868E+12	182.7962	35.8395	3.6718E+15	182.79617
2020		21.4928E+12	180.5487	35.8847	3.8606E+15	180.54873
Tmca ₁₉₉₄₋₂₀₂₀		5.48%	-1.23%	0.12%	4.18%	-1.23%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.11.

MODELO 4, ESCENARIO 2: SEMI-OPTIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -3%

[INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)]
(Tmca)_{Int. Ener. 1994-2020} = -1.23%

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1990)	INTENSIDAD ENERGETICA (kcal/\$producido)	ln(DEMANDA ENERGIA) CALCULADO	(DEMANDA ENERGIA) CALCULADA (kcal)	INTENSIDAD ENERGETICA CALC. (kcal/\$producido)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	2.34002	34.9108	1.0747E+15	240.41951
1981	1.1475E+15	4.6622E+12	2.50123	34.7037	1.1793E+15	242.53981
1982	1.2328E+15	4.8317E+12	2.51446	34.7191	1.1976E+15	247.85377
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	2.17430	34.7058	1.1866E+15	256.33693
1984	1.1840E+15	4.7961E+12	2.06820	34.7184	1.1967E+15	249.52323
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	2.56764	34.7417	1.2250E+15	248.95501
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	2.01451	34.7206	1.1994E+15	253.26624
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	2.55913	34.7275	1.2077E+15	250.37352
1988	1.2500E+15	4.8637E+12	2.55945	34.7496	1.2334E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	2.623811	34.7765	1.2584E+15	251.30386
1990	1.3259E+15	5.2715E+12	2.515280	34.8255	1.3320E+15	252.67829
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	2.488513	34.8516	1.3672E+15	250.28426
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	2.462879	34.8078	1.3087E+15	233.02267
1993	1.3619E+15	5.6412E+12	2.414215	34.8876	1.4174E+15	251.26019
1994ESTIMADO	1.4866E+15	5.7260E+12	2.55140	34.8837	1.4261E+15	249.04444
1995		5.9542E+12	2.453864	34.8509	1.3663E+15	245.98644
1996		5.8653E+12	2.423621	34.8563	1.3765E+15	242.96208
1997		5.8919E+12	2.393749	34.8851	1.4139E+15	239.87490
1998		6.1276E+12	2.370245	34.9120	1.4534E+15	237.02445
1999		6.3727E+12	2.341103	34.9388	1.4919E+15	234.11028
2000		6.6276E+12	2.312319	34.9657	1.5325E+15	231.23194
2001		6.8927E+12	2.283890	34.9925	1.5742E+15	228.38888
2002		7.1684E+12	2.255810	35.0194	1.6171E+15	225.58098
2003		7.4552E+12	2.228075	35.0462	1.6611E+15	222.80750
2004		7.7534E+12	2.200681	35.0731	1.7063E+15	220.06812
2005		8.0635E+12	2.173524	35.0999	1.7527E+15	217.36242
2006		8.3860E+12	2.146900	35.1268	1.8004E+15	214.68999
2007		8.7215E+12	2.120504	35.1536	1.8494E+15	212.05042
2008		9.0703E+12	2.094433	35.1805	1.8997E+15	209.44330
2009		9.4331E+12	2.068682	35.2073	1.9514E+15	206.86823
2010		9.8105E+12	2.043248	35.2342	2.0045E+15	204.32482
2011		10.2025E+12	2.018127	35.2610	2.0591E+15	201.81268
2012		10.6110E+12	1.993314	35.2879	2.1151E+15	199.33143
2013		11.0354E+12	1.968807	35.3147	2.1727E+15	196.88069
2014		11.4769E+12	1.944601	35.3416	2.2316E+15	194.46007
2015		11.9359E+12	1.920632	35.3684	2.2925E+15	192.06522
2016		12.4134E+12	1.897078	35.3953	2.3549E+15	189.70777
2017		12.9099E+12	1.873763	35.4221	2.4190E+15	187.37534
2018		13.4263E+12	1.850716	35.4490	2.4848E+15	185.07160
2019		13.9634E+12	1.827962	35.4758	2.5524E+15	182.79617
2020		14.5219E+12	1.805487	35.5027	2.6219E+15	180.54873
Tmca 1995-2020		3.92%	-1.23%	0.07%	2.64%	-1.23%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.12.

MODELO 4, ESCENARIO 3: PESIMISTA CON (PIB₁₉₉₅) = -5%

[INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)]

(Tmca)_{Int. Ener. 1994-2020} = -1.23%

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kca)	PIB X 10 ¹³ (MILLONES DE \$1980)	INTENSIDAD ENERGETICA (kca/Rproduco)	ln(DEMANDA.ENERGIA) _k CALCULADO	(DEMANDA.ENERGIA) _k CALCULADA (kca)	INTENSIDAD ENERGETICA CALC. (kca/Rproduco)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6108	1.0747E+15	240.41951
1981	1.1475E+15	4.8622E+12	236.0123	34.7037	1.17929E+15	242.53981
1982	1.2328E+15	4.8317E+12	255.1446	34.7191	1.19766E+15	247.85377
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	251.7430	34.7058	1.18556E+15	256.33653
1984	1.1840E+15	4.7961E+12	246.8620	34.7184	1.19674E+15	249.52373
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7417	1.22496E+15	249.95501
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7206	1.1994E+15	253.26824
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7275	1.2077E+15	260.37352
1988	1.2500E+15	4.8837E+12	255.9445	34.7486	1.23341E+15	252.55576
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7.65	1.26838E+15	251.30386
1990	1.3259E+15	5.2715E+12	251.5280	34.8595	1.33199E+15	252.67829
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	248.8513	34.8516	1.36723E+15	250.28426
1992	1.3832E+15	5.6160E+12	245.2879	34.8078	1.30866E+15	233.02267
1993	1.3619E+15	5.6412E+12	241.4215	34.8876	1.41741E+15	251.26019
1994 ESTIMADO	1.4860E+15	5.7260E+12	259.5140	34.8537	1.42605E+15	249.04844
1995		5.4397E+12	245.9864	34.8300	1.33809E+15	245.98644
1996		5.4941E+12	242.9621	34.8276	1.33486E+15	242.96208
1997		5.6589E+12	239.9749	34.8448	1.358E+15	239.97490
1998		5.8287E+12	237.0246	34.8620	1.38154E+15	237.02445
1999		6.0035E+12	234.1103	34.8792	1.40549E+15	234.11028
2000		6.1837E+12	231.2319	34.8964	1.42986E+15	231.23184
2001		6.3692E+12	228.3890	34.9135	1.45465E+15	228.38998
2002		6.5602E+12	225.5810	34.9307	1.47987E+15	225.58098
2003		6.7570E+12	222.8075	34.9479	1.50552E+15	222.80760
2004		6.9598E+12	220.0681	34.9651	1.53162E+15	220.06812
2005		7.1686E+12	217.3624	34.9823	1.55817E+15	217.36242
2006		7.3836E+12	214.6900	34.9995	1.58519E+15	214.68999
2007		7.6051E+12	212.0504	35.0167	1.61267E+15	212.05042
2008		7.8333E+12	209.4433	35.0339	1.64063E+15	209.44330
2009		8.0683E+12	206.8682	35.0510	1.66907E+15	206.86823
2010		8.3103E+12	204.3248	35.0682	1.6988E+15	204.32482
2011		8.5596E+12	201.8127	35.0854	1.72744E+15	201.81268
2012		8.8164E+12	199.3314	35.1026	1.75739E+15	199.33143
2013		9.0809E+12	196.8807	35.1198	1.78785E+15	196.88069
2014		9.3533E+12	194.4601	35.1370	1.81885E+15	194.46007
2015		9.6339E+12	192.0692	35.1542	1.85038E+15	192.06922
2016		9.9230E+12	189.7078	35.1714	1.88245E+15	189.70777
2017		10.2206E+12	187.3763	35.1885	1.9151E+15	187.37634
2018		10.5273E+12	185.0716	35.2057	1.9483E+15	185.07160
2019		10.8431E+12	182.7962	35.2229	1.98207E+15	182.79617
2020		11.1684E+12	180.5487	35.2401	2.01643E+15	180.54873
Tmca 1995-2020		2.92%	-1.23%	0.06%	1.65%	-1.23%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.13.

MODELO 4, ESCENARIO 4: PROMEDIO CON (PIB₁₉₉₅) = -3%

[INTENSIDAD ENERGETICA = (DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA)/(PIB)]

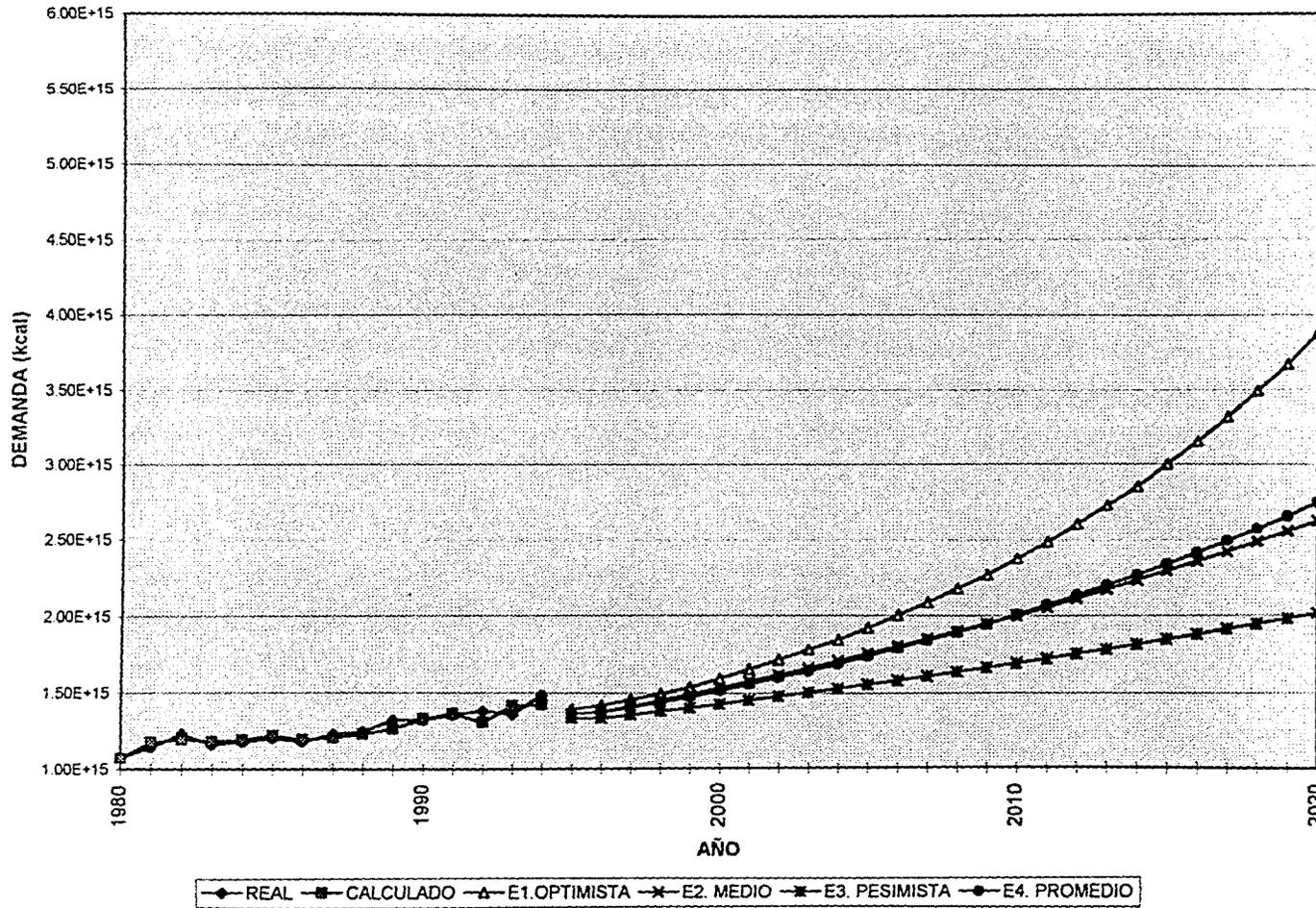
(Tmca)_{Int. Ener. 1994-2020} = -1.23%

AÑO	DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA (kcal)	PIB X 10 ¹² (MILLONES DE \$1980)	INTENSIDAD ENERGETICA (kcal/\$ producido)	ln(DEMANDA ENERGIA) _t CALCULADO	(DEMANDA ENERGIA) _t CALCULADA (kcal)	INTENSIDAD ENERGETICA CALC. (kcal/\$ producido)
1980	1.0746E+15	4.4701E+12	240.4002	34.6108	1.0747E+15	240.4195124
1981	1.1475E+15	4.8622E+12	236.0123	34.7037	1.17928E+15	242.6398096
1982	1.2028E+15	4.8317E+12	249.1446	34.7191	1.19756E+15	247.8537746
1983	1.1653E+15	4.6289E+12	251.7430	34.7098	1.18656E+15	256.336933
1984	1.1840E+15	4.7961E+12	246.8620	34.7184	1.19674E+15	249.5232303
1985	1.2098E+15	4.9204E+12	245.8764	34.7417	1.22496E+15	248.9550102
1986	1.1846E+15	4.7357E+12	250.1451	34.7206	1.1994E+15	253.2662429
1987	1.2329E+15	4.8236E+12	255.5913	34.7275	1.2077E+15	250.3735234
1988	1.2500E+15	4.6837E+12	265.9445	34.7486	1.23341E+15	252.5557637
1989	1.3243E+15	5.0472E+12	262.3811	34.7765	1.25838E+15	251.3038561
1990	1.3254E+15	5.2715E+12	251.5280	34.8255	1.33199E+15	252.6782867
1991	1.3594E+15	5.4627E+12	248.8513	34.8516	1.36723E+15	250.2842648
1992	1.3817E+15	5.6160E+12	246.2879	34.8078	1.30866E+15	233.0226724
1993	1.3619E+15	5.6412E+12	241.4215	34.8976	1.41741E+15	251.2601858
1994 (Promedio)	1.4666E+15	5.7250E+12	259.6140	34.8937	1.42606E+15	249.0484427
1995	5.5542E+12	2.45.9864	34.8508	1.36626E+15	245.98644	
1996	5.6653E+12	2.2.9621	34.8583	1.37645E+15	242.96208	
1997	5.8732E+12	2.39.8749	34.8820	1.43943E+15	239.87490	
1998	6.0889E+12	2.37.0246	34.9056	1.44319E+15	237.02445	
1999	6.3122E+12	2.34.1103	34.9293	1.47776E+15	234.11028	
2000	6.5647E+12	2.31.2318	34.9562	1.51797E+15	231.23184	
2001	6.8273E+12	2.28.3890	34.9830	1.55928E+15	228.38898	
2002	7.1004E+12	2.25.5810	35.0099	1.60171E+15	225.58098	
2003	7.3844E+12	2.22.8076	35.0367	1.6453E+15	222.80760	
2004	7.6798E+12	2.20.0681	35.0636	1.69008E+15	220.06812	
2005	8.0002E+12	2.17.3624	35.0920	1.73891E+15	217.36242	
2006	8.3336E+12	2.14.6900	35.1205	1.78915E+15	214.68999	
2007	8.6811E+12	2.12.0504	35.1490	1.84084E+15	212.05042	
2008	9.0432E+12	2.09.4433	35.1775	1.89403E+15	209.44330	
2009	9.4203E+12	2.06.8682	35.2060	1.94875E+15	206.86823	
2010	9.8261E+12	2.04.3248	35.2360	2.00813E+15	204.32482	
2011	10.2537E+12	2.01.8127	35.2660	2.06933E+15	201.81268	
2012	10.6977E+12	1.99.3314	35.2960	2.13239E+15	199.33143	
2013	11.1609E+12	1.96.8807	35.3260	2.19737E+15	196.88069	
2014	11.6442E+12	1.94.4601	35.3561	2.26433E+15	194.46007	
2015	12.1682E+12	1.92.0692	35.3877	2.33313E+15	192.06922	
2016	12.7157E+12	1.89.7078	35.4193	2.41227E+15	189.70777	
2017	13.2879E+12	1.87.3763	35.4510	2.49883E+15	187.37634	
2018	13.8859E+12	1.85.0716	35.4826	2.59688E+15	185.07160	
2019	14.5108E+12	1.82.7862	35.5143	2.69751E+15	182.78617	
2020	15.1884E+12	1.80.5487	35.5476	2.74226E+15	180.54873	
Tmca 1995-2020		4.11%	-1.23%	0.08%	2.83%	-1.23%

PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.14.

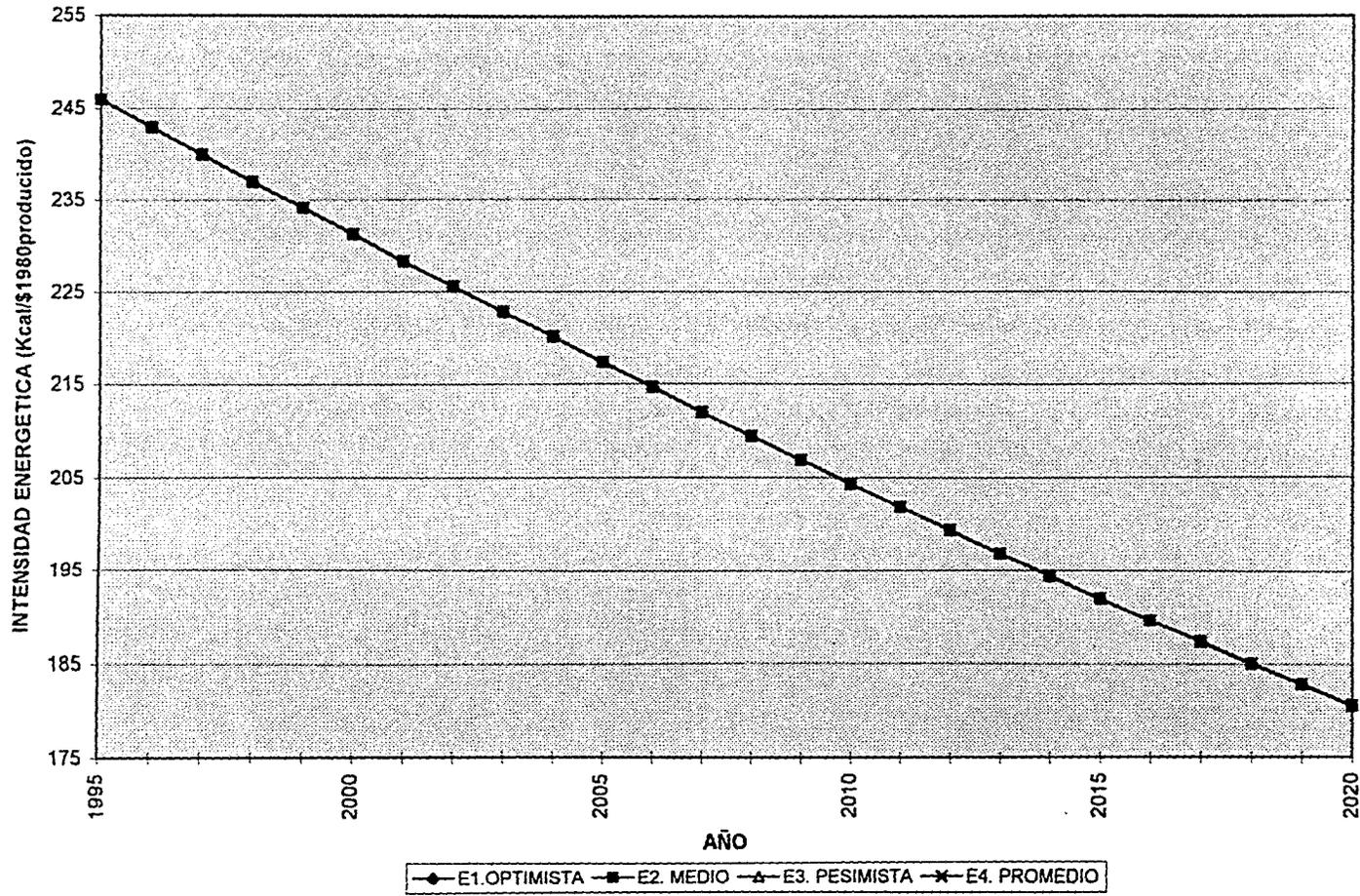
DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA Y PROYECCIONES HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 4).



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA.

LAMINA 4.15.

PROYECCIONES DE LA INTENSIDAD ENERGETICA HASTA EL AÑO 2020. (MODELO 4).



PROYECCION DE LA DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

LAMINA 4.15.1.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

Finalmente, se obtuvieron los diferencias de los valores proyectados para la Demanda Energética obtenidos con los MODELOS 1 y 4 para los escenarios 1, 2 y 3 de la siguiente manera:

$$(DELTA1)_{MODELO1} = (E_i)_{ESCENARIO1} - (E_i)_{ESCENARIO2} ; \dots (9)$$

$$(DELTA2)_{MODELO1} = (E_i)_{ESCENARIO2} - (E_i)_{ESCENARIO3} ; \dots (10)$$

$$(DELTA1)_{MODELO4} = (E_i)_{ESCENARIO1} - (E_i)_{ESCENARIO2} ; \dots (11)$$

$$(DELTA1)_{MODELO4} = (E_i)_{ESCENARIO2} - (E_i)_{ESCENARIO3} ; \dots (12)$$

y los resultados obtenidos se graficaron para obtener el gráfico de la LAMINA 4.16.

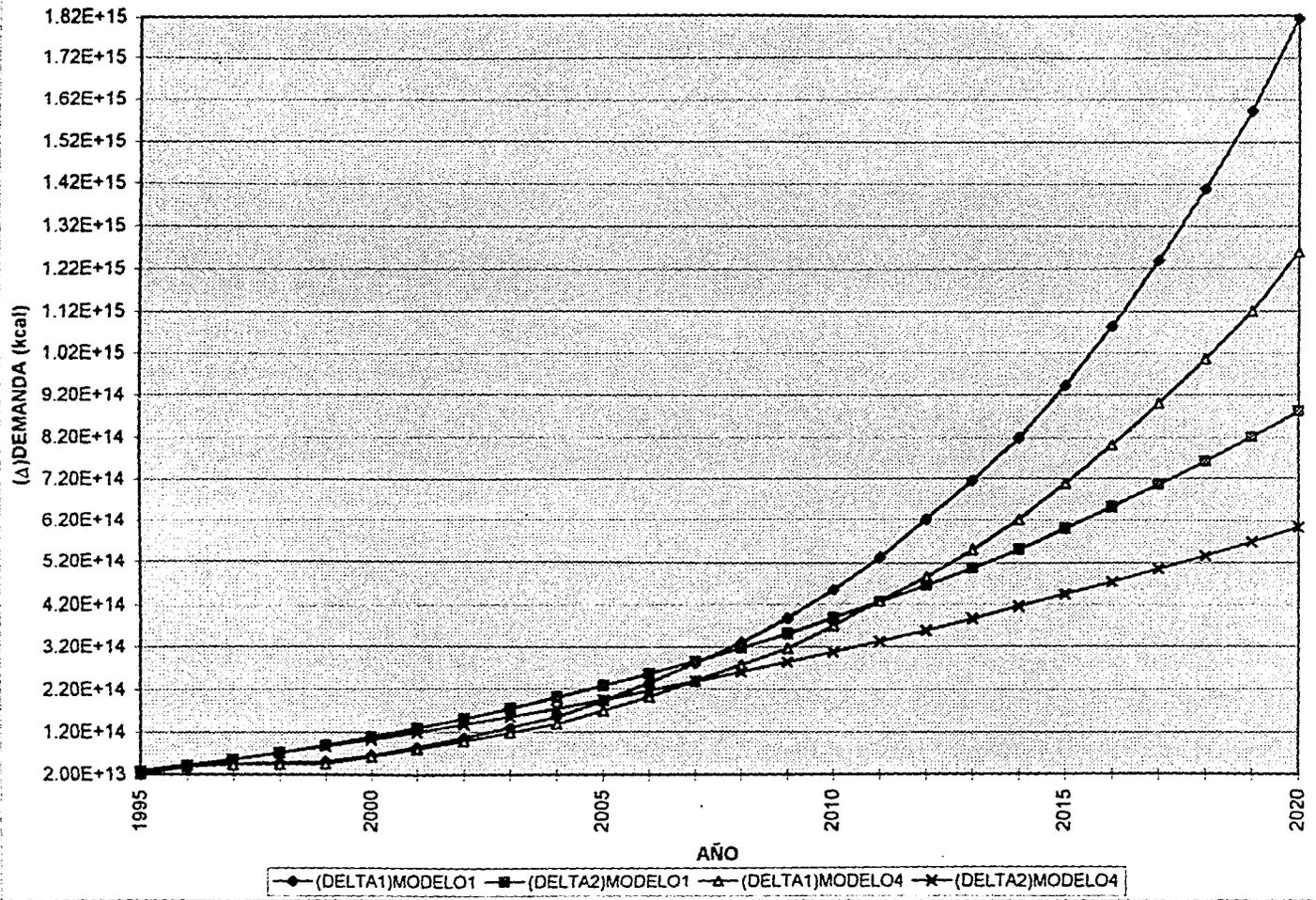
En esta última lámina, podemos observar que existen varios puntos en los que las curvas de los diferencias de la Demanda Energética se intersectan unas con otras, pero existen cuatro puntos bien definidos que son:

- AÑO 2005: cruce de $(DELTA1)_{MODELO1}$ con $(DELTA2)_{MODELO4}$.
- AÑO 2007: cruce de $(DELTA1)_{MODELO1}$ con $(DELTA2)_{MODELO1}$.
- AÑO 2007: cruce de $(DELTA1)_{MODELO4}$ con $(DELTA2)_{MODELO4}$.
- AÑO 2011: cruce de $(DELTA2)_{MODELO1}$ con $(DELTA1)_{MODELO4}$.

DEMANDA FUTURA DE ENERGIA EN MEXICO.

Estos puntos nos podrían indicar que en el período de los años 2005-2011, en que se estima un PIB promedio superior al 4% (Tabla 4.2.), posiblemente se logre el equilibrio entre el crecimiento económico y la demanda energética. Además, este dato es importante, ya que de acuerdo con los economistas del país, para lograr un verdadero crecimiento económico y con las fuentes de trabajo necesarias para absorber a la población económicamente activa que año con año se suma a la ya existente, se requiere de un PIB anual cercano al 5%.

DIFERENCIAS EN EL PRONOSTICO DE LA DEMANDA NACIONAL DE ENERGIA AL AÑO 2020.



CAPITULO 5.

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS: ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

5.1. EL SISTEMA INSUMO-PRODUCTO DE LEONTIEF.

El Sistema Insumo-Producto fue desarrollado por Wassily Leontief y, es un modelo matemático que constituye un instrumento de gran importancia para la organización e integración de un sistema nacional de estadísticas económicas. Este modelo, que registra la actividad económica de un país, *tiene como propósito el poder analizar por medio de algunas variables macroeconómicas cuál es el proceso de producción de un país, y se hace para períodos anuales.*

El modelo, utiliza matrices denominadas *Insumo-Producto* en las que se presentan los flujos de bienes y servicios que cada Sector de la Economía Nacional requiere para funcionar adecuadamente y lo que genera para el funcionamiento de las otras Ramas; es decir, *pretende explicar las magnitudes de las corrientes Interindustriales en función de los niveles de producción de cada sector, registrando las principales transacciones de bienes y servicios realizadas por los agentes económicos de un país, proporcionando información directa sobre su estructura económica, como pueden ser:*

EFEECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

1. Disponibilidad de distintos productos clasificados por las industrias que los generan.
2. Destino de la producción bruta, hacia bienes de consumo intermedio y final.
3. Estructura de costos de las diversas actividades.
4. Compras que cada sector de la economía realiza para elaborar sus productos.
5. Valor agregado que representan los pagos a los factores de la producción.

Sin embargo, la razón por la que es más útil este modelo de Insumo-Producto es porque, al cuantificar la interdependencia de las diversas ramas de la actividad económica de un país, podemos evaluar la forma en que se alterarían las relaciones intersectoriales y la producción bruta como consecuencia de las modificaciones hechas a cualquiera de los componentes de la demanda final en una rama dada. Esto es, ***"cualquier cambio en la demanda de los bienes de consumo, de inversión o de la exportación de un sector económico, repercutirá sobre sí mismo y sobre los demás sectores al modificarse sus requerimientos de producción"***.

Cabe mencionar que, mientras no exista ningún cambio en las tecnologías, las demandas intermedias son dependientes y consecuencia directa de la demanda final.

Las principales suposiciones que se hacen en este modelo de Insumo-Producto de Leontief son:

1. Linealidad en su estructura y precios relativos fijos.
2. Cada rama produce únicamente una mercancía o un conjunto de bienes homogéneos con una misma estructura de insumos y, no hay sustitución entre bienes de sectores diferentes.
3. Los insumos que cada sector utiliza son proporcionales única y exclusivamente al nivel de la producción de dicho sector.
4. Existe igualdad contable entre los ingresos y los egresos de cada uno de los sectores económicos, por lo que el total de cada fila de la matriz debe ser exactamente igual al total de su correspondiente columna para un sector dado.

**EFEECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

El modelo Insumo-Producto, es una Matriz de doble entrada en la que cada uno de los sectores de la economía está representado por un vector fila que registra la producción según el origen de sus costos y, un vector columna que registra el destino de la producción según entidad usuaria y tipo de mercancía producida. En el Esquema 5.1. se representa la estructura del modelo de Leontief.

ESQUEMA 5.1.: Estructura del Modelo Insumo-Producto de Wassily Leontief.

		DISTRIBUCION DE LA PRODUCCION		
		DEMANDA INTERMEDIA	DEMANDA FINAL	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION
COMPOSICION DE INSUMOS	INSUMOS INTERMEDIOS	$X_{11} \dots X_{12} \dots X_{1j} \dots X_{1n}$ $X_{21} \dots X_{22} \dots X_{2j} \dots X_{2n}$ $X_{i1} \dots X_{i2} \dots X_{ij} \dots X_{in}$ $X_{n1} \dots X_{n2} \dots X_{nj} \dots X_{nn}$	F_1 F_2 F_i F_n	X_1 X_2 X_j X_n
	INSUMOS PRIMARIOS	$Z_1 \dots Z_2 \dots Z_j \dots Z_n$	L	
	INSUMOS TOTALES	$X_1 \dots X_2 \dots X_j \dots X_n$		

donde:

X_{ij} : cantidad del artículo "i" (insumo intermedio) que consume la industria "j".

X_j : producción total de la industria "j". " Valor Bruto de la Producción via productos.

EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

- X_j : insumos totales de la industria "j". Valor Bruto de la Producción vía insumos.
- F_i : cantidad del artículo "i" disponible para la demanda.
- Z_j : insumos primarios (importaciones y valor agregado bruto) de la industria "j".
- L : submatriz que contiene los insumos primarios de la demanda final de toda la industria "j".

y las principales relaciones dentro de la matriz están dadas por:

(1) La producción total de la industria "i" es igual a la suma de las ventas intermedias a las "n" ramas del sector económico más la demanda final (consumo privado y gobierno):

$$X_i = \left(\sum_{k=1}^n X_{ik} \right) + F_i \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, n. \quad \dots (1)$$

(2) Los insumos totales de la industria "j" son el resultado de sumar los insumos intermedio (compras hechas a otros sectores de la economía) más los insumos primarios (importaciones y valor agregado):

$$X_j = \left(\sum_{k=1}^n X_{kj} \right) + Z_j \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad \dots (2)$$

y, al igualar las ecuaciones (1) y (2), obtenemos que:

$$\left(\sum_{i=1}^n F_i \right) = \left(\sum_{j=1}^n Z_j \right) = L \quad ; \quad i = j = 1, 2, \dots, n. \quad \dots (3)$$

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

5.2. AGREGACION DE LA MATRIZ INSUMO - PRODUCTO.

El modelo de la matriz Insumo-Producto agrupa todas las transacciones en diferentes grupos o conjuntos de acuerdo a los agentes económicos que intervienen, a las funciones que éstos cumplen dentro de la economía, al tipo de mercancía que resulta de su actividad y a la clase de factor que se utiliza en el proceso productivo de la economía de un país.

En primer término, se tiene una clasificación en la que se definen tres agentes económicos básicos en cualquier economía: **sectores productivos, hogares y gobierno**; y se completa con un **sector externo** en el que se registran las relaciones comerciales del país en cuestión con el resto del mundo. Así pues, el esquema divide la actividad económica en transacciones relacionadas con la producción, los hogares y el gobierno, y la inversión.

Para los objetivos que con este trabajo se pretenden alcanzar, nos hemos basado en la Matriz Insumo-Producto para México, del año de 1980. Esta matriz, está basada en la de 1978, creada por la Secretaría de Programación y Presupuesto (SPP) de entonces, la cual contenía 72 sectores de producción participantes de los movimientos económicos del país.

En el Esquema 5.2. se representa la estructura de la Matriz Insumo - Producto que se utilizó. En este esquema, podemos distinguir tres secciones o sub-matrices principales:

Matriz I: Es la matriz de transacciones intersectoriales y, muestra las relaciones de producción existentes entre las distintas actividades de la economía en que se clasifica a los agentes productivos.

Matriz II: Es la matriz de la demanda final por sector económico.

Matriz III: Es la matriz de distribución del ingreso según factores y clasificada por sector económico que los utiliza.

EFFECTO DE LOS PRECIOS

DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

La suma total de cada renglón (X_i : producción total de la industria "i", que es igual a la suma de las ventas intermedias y finales), debe ser exactamente igual a la suma total de cada columna (X_j : insumos totales de la industria "j", que es la suma de los consumos intermedios y la remuneración a los factores productivos), y miden respectivamente, el valor de la producción según las ventas y según los costos de los insumos.

Es importante señalar que:

1. Los valores de la Matriz Insumo-Producto tienen unidades monetarias debido a que es la única manera de obtener agregados por suma de producciones diferentes. Por esta razón es que no se pueden utilizar unidades físicas de producción.
2. Se utilizan como base de referencia los Precios del Productor y no los del Comprador, debido a que con los primeros se excluyen en forma total los servicios de comercio y transporte en los productos y en los insumos, eliminando diferencias de precios debidas a la existencia o no de intermediación en las transacciones.

EFEECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

Para los fines del presente trabajo, se utiliza una Matriz agregada o reducida de la Matriz Insumo-Producto de 1980 para México. En esta Matriz agregada, los 72 sectores de la economía mexicana de la Matriz I (de transacciones intersectoriales) del Esquema 5.2., se agruparon en 19 ramas homogéneas, con lo que la matriz intersectorial queda de tamaño 20X20. Al incluir las matrices reducidas II y III del Esquema 5.2. (de demanda final y de distribución del ingresos respectivamente) el tamaño total de la matriz agregada que estudiaremos es de 27X27.

Los dos principales criterios utilizados para la agregación de la matriz son:

1. Destacar aquellos sectores económicos cuyo consumo porcentual anual de Energía (Anexo A: Panorama Energético Nacional) es elevado, como es el caso de los sectores:
 - Minería.
 - Extracción de Petróleo y Gas Natural.
 - Azúcar y subproductos.
 - Papel y Cartón.
 - Refinación de Petróleo.
 - Petroquímica básica e Industria Química.
 - Vidrio y subproductos.
 - Cemento.
 - Electricidad, Gas y Agua.

2. Agrupar al resto de los sectores económicos en diversas ramas de acuerdo al giro de sus productos.

Así, en la Tabla 5.2.1. se enumeran las ramas que se utilizarán para nuestro análisis y el o los sectores económicos de la Matriz Insumo-Producto de 1980 que comprende a cada una de ellas y, en hojas posteriores se presenta la LAMINA 5.1. que contiene la matriz agregada a partir de la cual se hicieron todas las operaciones necesarias para el análisis motivo del presente capítulo.

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

TABLA 5.2.1.: Equivalencias de Ramas en la Matriz Agregada a analizar vs. Sectores Económicos de la Matriz Insumo - Productos de 1980 para México.

RAMA NUMERO	SECTOR ECONOMICO AGREGADO	SECTOR ECONOMICO ORIGINAL
1	agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca.	1 - 4
2	<i>minería (excluido el petróleo).</i>	5, 7 - 10
3	<i>extracción de petróleo y gas natural.</i>	6
4	productos alimenticios, bebidas y tabaco.	11 - 15, 17 - 23
5	<i>azúcar y subproductos.</i>	16
6	textiles, prendas de vestir e industria del cuero.	24 - 28
7	industria de la madera y sus productos.	29, 30
8	<i>papel y cartón.</i>	31
9	<i>refinación de petróleo.</i>	33
10	<i>petroquímica básica e industria química.</i>	34 - 42
11	<i>vidrio y sus productos.</i>	43
12	<i>cemento.</i>	44
13	productos de minerales metálicos y no metálicos.	45 - 50
14	otras industrias manufactureras.	32, 51 - 59
15	construcción.	60
16	<i>electricidad, gas y agua.</i>	61
17	servicios comerciales.	62, 63
18	<i>comunicaciones y transportes.</i>	64, 65
19	otros servicios.	66 - 72
20	TOTAL DE INSUMOS NACIONALES	73
21	total de importaciones	74
22	TOT. INSUMOS NACIONALES E IMPORTADOS	75
23	valor agregado bruto	76
24	remuneración de asalariados.	A
25	superávit bruto de explotación.	B
26	impuestos indirectos netos de subsidios.	C
27	TOT. VALOR BRUTO PROD. Y DEMANDA FINAL.	77

5.3. APLICACION DEL ANALISIS DE LA MATRIZ .

El Modelo Insumo-Producto, es un instrumento de planificación que permite evaluar los efectos resultantes de la aplicación de ciertas acciones o políticas a variables económicas específicas, de tal forma que podemos analizar:

1. Los cambios en la Producción por variaciones en la Demanda Final.
2. El impacto de estímulos para fomentar las Exportaciones de determinados Sectores.
3. Las consecuencias de políticas restrictivas a las Importaciones.
4. Aspectos relacionados con la redistribución del ingreso per cápita.
5. Impacto de cambios en los precios de algún sector sobre el resto de los sectores económicos.

5.4. CALCULO DE LA OFERTA Y LA DEMANDA POR SECTORES ECONOMICOS.

5.4.1. INDICADORES BASICOS DEL SISTEMA MATRICIAL INSUMO - PRODUCTO.

Existen tres *indicadores básicos* con los cuales se pueden evaluar los efectos que sufre todo el Sistema Matricial Insumo-Producto derivados de los cambios que, como consecuencia de las interrelaciones existentes entre los diferentes Sectores de la Economía Nacional, se presentan en la Demanda Final de un Sector dado. Estos cambios en la Demanda Final de un Sector ocasionan modificaciones no solo en los requerimientos de producción de bienes y servicios de dicho Sector, sino también a través de todas las demás Ramas de la Economía. Estos indicadores son:

**EFEECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

1.- COEFICIENTES TECNICOS O DE INSUMO - PRODUCTO.

Resultan de dividir los *Insumos Primarios e Intermedios* (nacionales e importados) entre el *Valor Bruto de la Producción*. Estos **Coefficientes Técnicos**, miden el impacto directo de los cambios en la Demanda Final de un Sector expresando qué cantidad de productos intermedios (propios y provenientes de las demás Ramas) y qué Factores de la Producción^L se requieren para obtener una unidad de producción en cada una de las Ramas que componen la Matriz.

El Modelo de Leontief supone que, para un período dado, los Coeficientes Técnicos son **constantes** sin importar el valor que tome la Producción Total, por lo que se puede hablar de **rendimientos fijos a escala**. Los Coeficientes Técnicos para cualquier Sector "j"; se definen como:

$$a_{ij} = (X_{ij} / X_j) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (4)$$

$$b_j = (Z_j / X_j) \quad ; \quad j = 1, 2, \dots n. \quad \dots (5)$$

donde:

a_{ij} : cantidad demandada del *insumo intermedio* "i" para elaborar una unidad de la producción del Sector "j".

b_j : cantidad de *insumos primarios* requeridos para producir la misma unidad de la producción "j".

X_{ij} : cantidad del artículo "i" que consume la industria "j".

X_j : insumos totales de la industria "j".

Z_j : insumos primarios de la industria "j". Incluye a las Importaciones y al Valor Agregado Bruto del Sector "j".

^L **FACTORES DE LA PRODUCCION:** Son los integrantes del Valor Bruto de la Producción: Remuneración a Asalariados, Superávit Bruto de Explotación e Impuestos Indirectos Netos de Subsidios.

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

Al igualar las Ecuaciones (4) y (5) se obtiene que:

$$(Z_j / X_j) = (b_j / a_{ij}) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (6)$$

Ahora, si sustituimos la Ecuación (4) en la Ecuación (2) (haciendo $k = i$), tenemos que:

$$Z_j = (X_{ij} / a_{ij}) - \left(\sum_{i=1}^n X_{ij} \right) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (7)$$

y al sustituir la Ecuación (5) en la Ecuación (2) (haciendo $k = i$):

$$Z_j = \left(\sum_{i=1}^n X_{ij} \right) / \left[(1 / b_j) - 1 \right] \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (8)$$

e igualando las Ecuaciones (6) y (7):

$$\left[1 / (1 - b_j) \right] \left[\sum_{i=1}^n X_{ij} \right] = (X_{ij} / a_{ij}) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (9)$$

de tal forma que la suma de ambos coeficientes (a_{ij} y b_j) nos indica la importancia que tienen cada uno de ellos (como insumos intermedios, importaciones y valor agregado bruto), en la producción bruta del Sector "j", y finalmente:

$$\left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right) + b_j = (X_j / X_j) = 1 \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (10)$$

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

2.- COEFICIENTES DE REQUISITOS DIRECTOS E INDIRECTOS.

Además de los *Coefficientes Técnicos* que se utilizan para determinar los niveles de producción de cada Sector de la Economía y conocer los efectos directos que tiene un cambio dado en la Demanda Final sobre cada uno de esos Sectores, para poder estudiar cuál es efecto total de dicho cambio se utilizan los ***Coefficientes de Requisitos Directos e Indirectos***, con los que se puede determinar la cantidad de insumos necesarios para producir una *unidad de demanda final nacional*.

El impacto *directo* de los cambios que pueda sufrir la Demanda Final de un Sector dado, se hace evidente en el movimiento similar que se da en el Valor Bruto de Producción de ese Sector y, por consiguiente, en los ajustes que sufren sus insumos (cuantificados por los Coeficientes Técnicos).

Posteriormente, se presentan las repercusiones *indirectas* sobre los demás Sectores de la Economía como consecuencia de las modificaciones sufridas por los insumos del Sector que recibió el impacto directo. A su vez, se producen alteraciones en el Valor Bruto de Producción de los Sectores afectados indirectamente, las cuales también implican cambios en la producción de las Ramas que los abastecen debido a la gran interrelación existente entre los diversos Sectores Económicos.

• En resumen, *"se presenta una reacción en cadena cuyo impacto más fuerte lo sufre la Rama o Sector cuya Demanda Final se ve afecta directamente y, dicho impacto se va suavizando cada vez más hasta llegar a los Sectores productores de los insumos del Sector en el que se originaron los cambios"*.

Los Coeficientes de Requisitos Directos e Indirectos se obtienen al invertir los Coeficientes Técnicos y restarlos de una matriz unitaria.

Cuando sustituimos la Ecuación (4) en la Ecuación (1), y haciendo $X_{ik} = X_{ij}$, se obtiene que:

EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

$$X_i = \sum_{j=1}^n [a_{ij} X_j] + F_i \quad ; \quad i = 1, 2, \dots n. \quad \dots (11)$$

y así, conociendo los Coeficientes Técnicos (a_{ij}) y la Demanda Final (X_i), para cada uno de los Sectores, podemos formar un "sistema de ecuaciones de equilibrio" cuya solución nos permitirá saber cuáles son los valores de la producción necesarios para satisfacer las Demandas Finales así como los Insumos requeridos por cada Sector. Este sistema de ecuaciones se puede representar en forma matricial como:

$$X = A(X) + F \quad ; \quad \dots (12)$$

donde:

$A = a_{ij}$: Matriz de Coeficientes Técnicos.

$X = X_i$: Vector de Producción Sectorial (de tamaño $n \times 1$).

$F = F_i$: Vector de la Demanda Final (de tamaño $n \times 1$).

ahora, al despejar X de la Ecuación (12), se tiene que:

$$X(1 - A) = F \quad ; \quad \dots (13)$$

donde "1" representa a la *matriz identidad* I por lo que, la Ecuación anterior queda como:

$$X(I - A) = F \quad ; \quad \dots (14)$$

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

luego:

$$X = [(I - A)^{-1}] F ; \quad \dots (15)$$

y si:

$$[(I - A)^{-1}] = R = (r_{ij}) ; \quad \dots (16)$$

entonces:

$$X = R F ; \quad \dots (17)$$

donde:

$R = [(I - A)^{-1}]$: Matriz de Coeficientes de Requisitos Directos e Indirectos.

r_{ij} : Producción que el Sector "i" necesita generar a causa de las repercusiones intersectoriales que provoca un incremento unitario en la Demanda Final del Sector "j".

Si ahora sustituimos la Ecuación (5) en la Ecuación (17) haciendo $X_j = X$, se obtiene que:

$$Z_j = b_j R_j F ; \quad \dots (18)$$

$$R_j = r_{ij} = (r_{i1}, r_{i2}, r_{i3}, \dots, r_{in}) ; \quad \dots (19)$$

y con éstas Ecuaciones podemos determinar los insumos primarios correspondientes a un incremento dado en la Demanda Final.

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

3.- INDICES DE INTERDEPENDENCIA.

Estos *índices* resultan del análisis de cada uno de los elementos r_{ij} de la Matriz de Coeficientes de Requisitos Directos e Indirectos $R = (I - A)^{-1}$. De esta manera:

(1) El aumento que se necesita en la producción del Sector "i" para poder satisfacer la Demanda Final de cada uno de los Sectores "j", se puede representar como:

$$R^*_i = \sum_{j=1}^n r_{ij} = r_{i1} + r_{i2} + r_{i3} + \dots + r_{in} ; \quad \dots (20)$$

(2) El incremento total en la producción de toda la Economía necesario para hacer frente a un incremento unitario de la Demanda Final del Sector "j", se puede representar como:

$$R^*_j = \sum_{i=1}^n r_{ij} = r_{1j} + r_{2j} + r_{3j} + \dots + r_{nj} ; \quad \dots (21)$$

y, utilizando los índices R^*_i y R^*_j podemos obtener los *promedios normalizados* que sirven para poder "comparar" las relaciones intersectoriales de la Economía Nacional. Los *promedios normalizados* corresponden a los *Índices de Interdependencia* y, considerando que:

$$T = \left[\sum_{j=1}^n \left(\sum_{i=1}^n r_{ij} \right) \right] ; \quad n = \text{núm. de sectores.} \quad \dots (22)$$

EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.

los podemos calcular como:

(1) Producción Promedio del Sector "i": Provoca un incremento unitario de la Demanda Final del Sector "j".

$$NP_j = n (R_j^* / T) ; \quad \dots (23)$$

Si $NP_j > 1$: Es necesario llevar a cabo un incremento relativamente grande en la Producción Promedio de cada Sector "j".

(2) Demanda Promedio al Sector "i": Cuando las Demandas Finales de todos los Sectores tienen incrementos unitarios:

$$NP_i = n (R_i^* / T) ; \quad \dots (24)$$

Si $NP_i > 1$: El Sector "i" tiene que aumentar su producción por arriba de la Producción Promedio.

5.5. LA VARIACION DE LOS PRECIOS DE LOS PRODUCTOS Y SU EFECTO SOBRE LA MATRIZ INSUMO - PRODUCTO.

Quando se analiza la Matriz de Insumo-Producto a partir de cambios supuestos sobre los precios que los productos necesitan para lograr un aumento dado en los ingresos sectoriales, suponemos que las cantidades de cada uno de los artículos producidos o, la forma en la que éstos son distribuídos, se mantienen constantes. Esto es: *se evalúan las variaciones que sufre la Economía Nacional como consecuencia de los cambios autónomos de uno o más precios en los bienes y servicios de ciertas Ramas, o bien, por la variación de los costos de los insumos primarios (Importaciones y Valor Agregado).*

Si definimos que para el Valor Bruto de Producción ($X_j = X_j$):

P_j : variación relativa en los precios del Sector "j".

Q_j : incremento porcentual de los insumos primarios del Sector "j".

entonces, de las Ecuaciones (1) y (2) obtenemos que:

(1) El efecto sobre la *Demanda* después de aplicar los cambios en los precios e ingresos se define como:

$$P_j X_j = \sum_{i=1}^n (P_j X_{ij}) + P_j F_j \quad ; \quad j = 1, 2, \dots, n. \quad \dots (25)$$

donde: F_j : Demanda Final del Sector "j".

(2) El efecto sobre los *Insumos Primarios* después de aplicar los cambios en los precios e ingresos se define como:

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

$$P_j X_j = \sum_{i=1}^n (P_i X_{ji}) + Q_j Z_j \quad ; \quad j = 1, 2, \dots n. \quad \dots (26)$$

donde: Z_j : Insumos Primarios del Sector "j".

y, al dividir la Ecuación (26) entre el Valor Bruto de Producción X_j :

$$P_j = \sum_{i=1}^n (P_i a_{ji}) + Q_j b_j \quad ; \quad j = 1, 2, \dots n. \quad \dots (27)$$

donde los Coeficientes Técnicos a_{ji} y b_j representan los *costos unitarios* para la Rama "j".

de tal forma que la expresión matricial queda como:

$$P = A' (P) + Q (B) \quad ; \quad \dots (28)$$

donde:

P: vector de precios relativos.

Q: Matriz Diagonal de aumentos relativos en los Insumos Primarios (igual a Q_j para el elemento i -ésimo y, cero para todos los demás)

A': Matriz de Coeficientes Técnicos (intersectoriales) transpuesta.

B: vector de Coeficientes Técnicos de los Insumos Primarios.

luego, despejando P, de manera similar que X en la Ecuación (13):

$$P = [(I - A)^{-1}]' [Q (B)] \quad ; \quad \dots (29)$$

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

**5.6. EFECTO DE LA VARIACION DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS
SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS EN MEXICO.**

Una vez más, cabe resaltar que este estudio está basado en la Matriz Insumo-Producto para México del año 1980 por ser la de publicación más reciente, y que no se actualizó para los fines de este trabajo por la complicación que los métodos de actualización implican, de tal forma que como primera suposición se está considerando que la Matriz de Coeficientes Técnicos se ha mantenido constante a lo largo del tiempo desde 1980, y que por lo tanto es la misma en la actualidad.

En las siguientes láminas se presentan los resultados del estudio macroeconómico realizado para determinar *cómo afecta la variación de los precios de los energéticos correspondientes a las ramas agregadas 3 (Extracción de Petróleo y Gas Natural), 9 (Refinación de Petróleo) y 16 (Electricidad, Gas y Agua) (Tabla 5.2.1.) sobre el resto de los sectores económicos de nuestro país.* Para ello, se propone como segunda suposición un aumento del 50% en los precios de cada uno de las tres ramas mencionadas con base en el aumento del precio de los combustibles para vehículos automotores que se presentó en el país en meses recientes, siendo éste del 49.5% aproximadamente para las gasolinas, valor que se redondeó al 50% y se generalizó para las tres ramas en cuestión.

En la LAMINA 5.1. se presenta la Matriz *Agregada* de Insumo-Producto para México correspondiente al año 1980.^[46] En ella podemos observar los movimientos monetarios de *compra-venta* (a precios del productor) entre las diecinueve ramas agregadas que se mencionan en la Tabla 5.2.1. y, el total del Valor Bruto de la Producción y Demanda Final, que en el año de referencia fue de 11,913,549 pesos constantes de 1980. Por otro lado, en la LAMINA 5.2. se muestra la Matriz de Coeficientes Técnicos (o de Insumo-Producto) para México en el año 1980 calculados a partir de las Ecuaciones (4) y (5). Con la Ecuación (10) se explica que la suma vertical de las columnas de esta matriz sea igual a "1".

^[46] MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO, año 1980. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo.).

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

La LAMINA 5.3. presenta, ya por separado, la *Matriz de Coeficientes Técnicos de Insumos Intermedios o intersectorial* $[A]$ y la *Matriz de Coeficientes Técnicos de Insumos Primarios* $[B]$. La LAMINA 5.4. muestra los resultados de la diferencia matemática entre la matriz identidad $[I]$, y la matriz $[A]$ expresada por primera vez en la Ecuación (14); en tanto que la LAMINA 5.5. presenta los resultados de invertir la matriz $[I - A]$ dando como resultado la *Matriz de Coeficientes de Requisitos Directos e Indirectos* $[R]$ de la Ecuación (16). En la LAMINA 5.6. se plasman los valores de la *Matriz Transpuesta de la Matriz de Requisitos Directos e Indirectos*, necesaria para calcular el *precio relativo* de los productos de cada rama de acuerdo con la Ecuación (29).

Al llegar a la LAMINA 5.7. encontramos la representación matemática del problema planteado al principio de este inciso y, para encontrar la respuesta, utilizamos la Ecuación (29), que nos dice que el precio relativo de los productos de cada sector está dado por el producto matricial entre la *transpuesta de la Matriz de Coeficientes de Requisitos Directos e Indirectos* $(([I - A]^{-1})^t)$ y la *transpuesta de la Matriz de Coeficientes Técnicos de Insumos Primarios* $([B]^t)$. En esta lámina, los valores de los coeficientes de la Matriz $[B]^t$ correspondientes a las ramas 3, 9 y 16 se sustituyeron por las respectivas incógnitas X_3 , X_9 y X_{16} ; en tanto que en el vector de precios $[P]$ para las mismas ramas se fijó el valor de 1.5 en cada una (indicando el aumento propuesto del 50% en sus precios) y para el resto de las ramas, se indicaron los precios desconocidos como y_i . La solución al sistema de ecuaciones que se obtiene en el producto matricial descrito anteriormente se presenta en la LAMINA 5.8. y, posteriormente los valores obtenidos de las incógnitas X_3 , X_9 y X_{16} sirven para completar el vector $[B]^t$ de la LAMINA 5.7. y, al resolver la totalidad del producto matricial de esta lámina se obtienen los resultados plasmados en la LAMINA 5.9.. En esta última, el vector de precios $[P]$ ya aparece con todos sus valores, los que nos indican el incremento porcentual en los precios de cada rama provocado por el incremento de los precios de los energéticos.

MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO. AÑO 1980.
(millones de pesos de 1980 a precios del productor)

RAMA NUMERO		DEMANDA INTERMEDIA													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
		1,2,3,4	5,7-10	6	11-13,17-23	16	24-28	29,30	31	33	34-42	43	44	45-50	51
COMPRADORES		agric., gan., silvic., caza y pesca.	minería (excluido el petróleo)	extracción de petróleo y gas natural	productos alimenticios, bebidas y tabaco	azúcar y subproductos	textiles, prendas de vestir e ind. del cuero	ind. de la madera y sus prodés.	papel y cartón	refinación de petróleo	petroquímica básica e ind. química	vidrio y sus productos	cemento	prodés. de minerales metálicos y no metálicos	otras inds. manufactureras
VENDEDORES															
1	agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	45,070	1	0	204,691	9,360	12,110	12,248	602	0	1,990	0	0	21	22
2	minería (excluido el petróleo)	423	21,190	544	151	0	245	0	18	214	2,898	162	1,721	26,561	4,291
3	extracción de petróleo y gas natural	0	0	0	0	0	0	0	0	35,704	8,408	0	0	0	0
4	productos alimenticios, bebidas y tabaco	29,286	1	0	71,693	0	4,749	20	45	1	4,904	0	0	0	0
5	azúcar y subproductos	46	0	0	9,197	563	7	0	1,599	0	1,186	0	0	0	2
6	textiles, prendas de vestir e industria del cuero	2,663	81	10	4,530	31	59,720	1,960	275	94	1,551	49	82	639	1,994
7	industria de la madera y sus productos	341	89	0	8	0	243	13,732	2,245	0	460	12	0	975	3,814
8	papel y cartón	1,263	44	8	4,467	27	1,265	146	15,031	89	2,044	344	1,540	1,206	7,147
9	refinación de petróleo	4,438	434	314	2,461	216	322	232	210	3,261	955	225	291	928	930
10	petroquímica básica e industria química	20,858	1,088	463	6,168	132	28,137	2,434	2,630	2,196	45,974	2,485	269	6,557	14,789
11	vidrio y sus productos	21	2	0	8,739	0	17	102	0	55	1,751	1,930	0	189	2,908
12	cemento	312	0	0	0	0	0	0	0	15	2	0	143	418	0
13	productos de minerales metálicos y no metálicos	3,560	1,348	805	9,557	265	1,405	1,676	885	326	3,318	431	703	70,012	39,367
14	otras industrias manufactureras	4,194	853	44	3,511	386	3,022	333	518	140	6,704	453	664	4,895	50,398
15	construcción	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	electricidad, gas y agua	2,441	2,203	80	3,843	76	1,843	435	1,987	477	8,973	1,933	2,216	7,012	2,727
17	servicios comerciales	13,880	2,929	2,433	47,822	466	24,890	8,055	3,279	1,644	21,352	543	988	18,225	43,243
18	comunicaciones y transportes	4,545	772	2,312	14,542	352	6,231	2,145	1,077	1,524	6,526	445	415	5,464	10,861
19	otros servicios	4,934	2,576	1,969	11,345	764	6,524	2,199	1,565	2,522	6,475	1,135	1,702	8,183	15,549
20	TOTAL DE INSUMOS NACIONALES	138,283	33,610	8,982	399,715	12,638	150,730	45,717	31,966	46,462	125,471	10,147	10,734	151,385	198,265
21	total de importaciones	4,192	1,984	3,378	50,887	566	5,950	1,813	7,809	2,934	43,482	571	11	35,198	61,973
22	TOTAL DE INSUMOS NACIONALES E IMPORTE	142,475	35,594	12,360	450,402	13,204	156,680	45,530	39,835	51,396	168,953	10,718	10,745	186,583	260,238
23	valor agregado bruto	368,040	62,228	81,818	223,119	20,010	138,145	42,185	29,815	17,287	129,970	14,659	11,810	149,130	214,970
24	remaneración de asalariados	94,109	20,599	9,624	54,182	7,477	46,710	12,335	4,911	7,005	45,763	5,489	3,722	49,242	83,458
25	superávit bruto de explotación	277,159	37,845	72,068	150,402	19,209	80,182	27,884	19,838	4,003	78,612	8,324	7,104	88,935	113,340
26	impuestos indirectos netos de subsidios	-3,219	3,782	126	18,445	-3,678	9,244	1,086	2,288	3,379	7,595	846	694	10,953	18,172
27	TOT. VALOR BRUTO DE PROD. Y DEMANDA FINAL	610,524	97,820	84,178	673,521	33,214	292,834	89,715	69,450	68,683	298,923	25,377	22,555	335,713	478,208

NOTA: (24)+(25)+(26) = VALOR AGREGADO BRUTO (23)

NOTA: VALOR AGREGADO BRUTO (23) + TOT. INS. NAC. E IMP. (22) = TOT. VALOR AGREGADO BRUTO (27)

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS. STUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

A INTERMEDIA										DEMANDA FINAL									
10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27		
34-42	43	44	45-50	51-59	60	61	62,63	64,65	66-73	74	75	76	77	78	79	80	81		
petroquímica básica e ind. química	vidrio y sus productos	cemento	prods. de minerales metálicos y no metálicos	otras inds. manufactureras	construcción	electricidad, gas y agua	servicios comerciales	comunicaciones y transportes	otros servicios	TOTAL	CONSUMO PRIVADO	CONSUMO DEL GOBIERNO	FORMACION BRUTA DE CAPITAL FLO	VARIACION DE EXISTENCIAS	EXPORTACIONES	TOTAL	TOTAL VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION		
0	1,990	0	0	21	220	0	8	0	0	1,736	288,057	170,499	739	8,942	30,832	13,355	222,467	510,524	
214	2,898	162	1,721	26,561	4,296	13,012	0	0	0	164	73,599	83	25	745	1,866	21,702	24,221	97,820	
704	8,408	0	0	0	0	19,328	0	0	0	63,437	0	0	0	1,080	29,661	30,741	94,178	3	
0	4,904	0	0	0	0	0	2	0	0	3,444	114,143	509,399	632	772	23,417	25,158	559,378	673,521	
0	1,186	0	0	0	2	0	0	0	0	199	12,799	18,099	25	33	1,571	637	20,415	33,214	
94	1,551	49	82	639	1,996	812	151	4,021	509	6,309	85,483	164,065	1,028	524	7,182	13,672	207,351	292,834	
0	460	12	0	975	3,814	22,820	56	62	9	454	45,319	35,052	76	3,981	3,515	1,772	44,356	89,715	
89	2,044	344	1,540	1,206	7,147	2,782	183	12,497	615	7,120	57,818	7,382	3,825	105	233	287	11,632	69,450	
261	955	225	291	928	930	7,608	556	2,573	20,386	2,904	49,244	7,848	1,820	0	1,221	8,960	19,438	68,683	
196	45,974	2,485	269	6,557	14,799	12,890	758	11,394	11,151	24,748	195,131	80,892	2,858	387	8,244	11,531	103,792	298,923	
55	1,751	1,930	0	189	2,908	2,629	9	314	16	773	16,458	5,483	2,688	20	1,520	1,631	8,922	25,377	
15	2	0	143	418	0	19,766	20	0	20	523	21,223	0	1,384	173	-458	233	1,332	22,555	
126	3,318	431	703	70,012	39,367	111,223	408	5,444	1,015	10,186	261,940	39,823	1,145	19,218	8,543	5,046	73,773	335,713	
140	6,704	453	664	4,995	50,398	20,915	475	15,737	15,945	30,561	159,850	131,352	5,898	159,084	-13,213	32,456	315,358	475,208	
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	608,287	0	608,287	608,287	15	
77	8,973	1,933	2,216	7,012	2,727	2,229	3,617	11,001	1,028	5,910	60,031	13,873	2,732	0	-270	2,757	18,892	78,923	
44	21,392	543	988	18,225	43,243	35,500	5,197	26,183	16,443	24,825	298,097	799,427	5,469	152,741	0	230,302	1,187,838	1,486,036	
24	6,526	445	415	5,464	10,861	19,874	873	29,425	6,179	14,086	127,648	228,200	7,035	20,283	0	21,663	277,181	404,829	
22	6,479	1,135	1,702	8,183	15,549	26,489	1,670	119,601	18,342	144,210	373,750	586,870	274,070	2,599	0	12,328	875,967	1,249,817	
62	125,471	10,147	10,734	191,385	198,265	300,545	33,308	234,292	91,658	278,156	2,304,024	2,818,947	308,230	975,882	75,163	433,161	4,611,383	6,815,407	
34	43,482	571	11	35,186	61,973	20,578	1,340	2,212	27,570	4,483	276,780	89,709	5,040	130,876	25,880	0	251,285	528,065	
96	168,953	10,718	10,745	186,583	260,238	321,123	34,648	236,464	119,228	282,619	2,580,804	2,908,656	313,270	1,108,758	100,823	433,161	4,962,688	7,443,472	
37	129,070	14,659	11,810	149,130	214,970	287,184	44,275	1,249,572	285,001	966,998	4,334,803	0	135,474	0	0	135,474	4,470,077	23	
35	45,783	5,489	3,722	49,242	83,458	165,108	24,020	241,285	99,052	478,589	1,478,078	0	134,850	0	0	134,850	1,610,928	24	
3	78,612	8,324	7,194	88,935	113,340	100,838	19,877	744,713	183,432	475,934	2,515,857	0	422	0	0	422	2,616,270	25	
9	7,595	848	894	10,953	18,172	1,218	389	263,574	-7,783	14,475	342,668	0	202	0	0	202	342,870	26	
3	298,923	25,377	22,555	335,713	475,208	608,287	78,923	1,486,036	404,829	1,249,617	6,915,407	2,908,656	448,744	1,108,758	100,823	433,161	4,988,142	11,813,548	

FACTORES ECONOMICOS.
PARA MEXICO.

LAMINA

MATRIZ INSUMO-PRODUCTO DE COEFICIENTES TECNICOS PARA MEXICO, AÑO 1980
(millones de pesos de 1980 a precios del productor)

RAMA NUMERO		DEMANDA INTERMEDIA																
		1 1,2,3,4	2 5,7-10	3 6	4 11-15,17-21	5 16	6 24-28	7 29,30	8 31	9 33	10 34-42	11 43	12 44	13 45-50	32			
COMPRADORES		agric., gan., silvicult., caza y pesca.																
		minería (excluido el petróleo)																
		extracción de petróleo y gas natural																
		productos alimenticios, bebidas y tabaco																
		azúcar y subproductos																
		textiles, prendas de vestir e ind. del cuero																
		ind. de la madera y sus prods.																
		papel y cartón																
		refinación de petróleo																
		petroquímica básica e ind. química																
		vidrio y sus productos																
		cemento																
		prods. de minerales metálicos y no metálicos																
		VENEDORES																
		1	agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	0.088282	0.000010	0.000000	0.303912	0.281509	0.041354	0.136521	0.008668	0.000000	0.006657	0.000000	0.000000	0.000063	0.000000	0.000000
		2	minería (excluido el petróleo)	0.000829	0.216622	0.005776	0.000224	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000259	0.003116	0.009695	0.006384	0.076302	0.079118	0.000000
		3	extracción de petróleo y gas natural	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.519838	0.028178	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
		4	productos alimenticios, bebidas y tabaco	0.057365	0.000010	0.000000	0.106430	0.000000	0.016217	0.000223	0.000648	0.000015	0.018406	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
		5	azúcar y subproductos	0.000090	0.000000	0.000000	0.013655	0.016951	0.000024	0.000000	0.023024	0.000000	0.003968	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000
		6	textiles, prendas de vestir e industria del cuero	0.006216	0.000828	0.000106	0.006726	0.000933	0.203938	0.021847	0.001960	0.001369	0.005189	0.001931	0.003636	0.001903	0.000000	0.000000
7	industria de la madera y sus productos	0.000668	0.000900	0.000000	0.000912	0.000000	0.000830	0.153062	0.012325	0.000990	0.001539	0.000473	0.000000	0.002904	0.000000	0.000000		
8	papel y cartón	0.002474	0.000498	0.000085	0.006632	0.000913	0.094120	0.001637	0.016429	0.001296	0.006938	0.013856	0.008278	0.003592	0.000000	0.000000		
9	refinación de petróleo	0.008691	0.004437	0.003334	0.003654	0.000717	0.001120	0.002586	0.003024	0.047474	0.001195	0.008866	0.012992	0.002764	0.000000	0.000000		
10	petroquímica básica e industria química	0.040586	0.011122	0.004916	0.009158	0.003974	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
11	vidrio y sus productos	0.000041	0.000000	0.000000	0.000521	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
12	cemento	0.000611	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
13	productos de minerales metálicos y no metálicos	0.006989	0.013760	0.008848	0.014190	0.007979	0.004398	0.018681	0.012743	0.014746	0.011100	0.018984	0.031168	0.208547	0.080000	0.000000		
14	otras industrias manufactureras	0.008215	0.000741	0.000467	0.009513	0.011622	0.010320	0.003712	0.007459	0.002038	0.022427	0.017811	0.029439	0.014879	0.010000	0.000000		
15	construcción	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000		
16	electricidad, gas y agua	0.004781	0.022521	0.006849	0.009708	0.003268	0.000284	0.004148	0.028611	0.006945	0.003018	0.006007	0.006000	0.006340	0.001245	0.000000		
17	servicios comerciales	0.027188	0.029943	0.025834	0.071003	0.014030	0.084997	0.089784	0.047214	0.029848	0.071430	0.021397	0.043804	0.054287	0.000000	0.000000		
18	comunicaciones y transportes	0.008903	0.010792	0.014249	0.021591	0.010598	0.021278	0.023009	0.015004	0.022169	0.021802	0.017536	0.018399	0.016718	0.000000	0.000000		
19	otros servicios	0.009665	0.026334	0.020907	0.016844	0.023002	0.023279	0.024511	0.022604	0.016719	0.011661	0.044726	0.075460	0.024375	0.000000	0.000000		
20	TOTAL DE INSUMOS NACIONALES	0.270865	0.343590	0.095374	0.193471	0.380001	0.514728	0.509580	0.460274	0.705589	0.419744	0.399850	0.475903	0.450936	0.410000	0.450936		
21	total de importaciones	0.008211	0.020282	0.015818	0.075257	0.017041	0.003049	0.020208	0.113305	0.042718	0.145462	0.022501	0.000488	0.104846	0.130000	0.130000		
22	TOTAL DE INSUMOS NACIONALES E IMPORTS.	0.279076	0.363872	0.112411	0.668727	0.397943	0.530781	0.507496	0.573579	0.748307	0.855206	0.422361	0.476391	0.555781	0.540000	0.540000		
23	valor agregado bruto	0.720924	0.636128	0.868759	0.331273	0.602457	0.464923	0.470211	0.426422	0.251693	0.434794	0.577649	0.623609	0.444219	0.460000	0.460000		
24	remuneración de asalariados	0.184338	0.210581	0.192189	0.080446	0.225116	0.159541	0.137491	0.122281	0.118094	0.153093	0.216293	0.165019	0.146679	0.170000	0.170000		
25	superávit bruto de explotación	0.542891	0.386884	0.762832	0.273441	0.488017	0.273814	0.310584	0.271217	0.087402	0.256293	0.328014	0.318954	0.264914	0.230000	0.230000		
26	impuestos indirectos netos de subsidios	-0.006305	0.038663	0.001338	-0.027366	-0.110676	0.031567	0.022137	0.032945	0.049197	0.025408	0.033337	0.039636	0.032266	0.030000	0.030000		
27	TOT. VALOR BRUTO DE PROD. Y DEMANDA FINAL	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000	1.000000		

NOTA: (24)+(25)+(26) = VALOR AGREGADO BRUTO (23)

NOTA: VALOR AGREGADO BRUTO (23) + TOT. INS. NAC. E IMP. (22) = TOT. VALOR AGREGADO BRUTO (27)

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

MATRIZ DE COEFICIENTES TECNICOS (INTERSECTORIAL) = A

DEMANDA INTERMEDIA																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
1	0.088282	0.000210	0.000000	0.303912	0.281829	0.041354	0.115521	0.006664	0.001000	0.006667	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001389	1		
2	0.000000	0.216622	0.005776	0.000204	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.001311	2	
3	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	3
4	0.057385	0.000010	0.000000	0.106430	0.000000	0.016217	0.000273	0.000648	0.000115	0.016406	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000017	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	4
5	0.000000	0.000000	0.000000	0.013655	0.018851	0.000224	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	5
6	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	6
7	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	7
8	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	8
9	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	9
10	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	10
11	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	11
12	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	12
13	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	13
14	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	14
15	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	15
16	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	16
17	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	17
18	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	18
19	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	19

MATRIZ DE COEFICIENTES TECNICOS DE INSUMOS PRIMARIOS E IMPORTADOS = B

DEMANDA INTERMEDIA																							
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19				
21	0.000211	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	21
24	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	24
25	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	25
26	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	26
23	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	23

**EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.**

DIFERENCIA MATEMATICA : (MATRIZ UNITARIA (I) - MATRIZ DE COEFICIENTES TECNICOS (A)) = I - A

DEMANDA INTERMEDIA																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	agric. gan., silvic., caza y pesca.	minería (excluido el petróleo)	extracción de petróleo y gas natural	productos alimenticios, bebidas y tabaco	azúcar y subproductos	textiles, prendas de vestir e ind. del cuero	ind. de la madera y sus prod.	papel y cartón	refinación de petróleo	petroquímica básica e ind. químicas	vidrio y sus productos	cemento	prod. de minerales metálicos y no metálic	otras ind. manufactureras	construcción	electricidad, gas y agua	servicios comerciales	comunicaciones y transportes	otros servicios	
1	0.911718	0.000010	0.000000	-0.303112	-0.281809	-0.241354	-0.136521	0.000668	0.000000	-0.006657	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000463	0.000000	0.000121	0.000000	0.000000	-0.001369	1
2	-0.000029	0.783378	-0.009776	-0.000224	0.000000	-0.000837	0.000000	-0.000259	-0.003116	-0.009496	-0.006384	-0.076302	0.079118	-0.009040	-0.024679	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000131	2
3	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.519838	-0.028129	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.244859	0.000000	0.000000	0.000000	3
4	-0.057365	-0.000010	0.000000	0.993570	0.000000	-0.016217	-0.000223	-0.000648	-0.000015	-0.016406	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000017	0.000000	-0.000020	0.000000	0.000000	-0.002756	4
5	-0.000090	0.000000	0.000000	-0.013655	0.983048	-0.000024	0.000000	-0.029024	0.000000	-0.003968	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000004	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000155	5
6	-0.005216	-0.000826	-0.005106	-0.006726	-0.000933	0.796063	-0.021847	-0.003960	-0.001369	-0.005189	-0.001931	-0.003636	-0.001903	-0.004236	-0.001325	-0.001913	-0.002706	-0.001257	-0.005049	6
7	-0.000668	-0.000900	0.000000	-0.000012	0.000000	-0.000630	0.848838	-0.032325	0.000000	-0.001539	-0.000473	0.000000	0.002904	-0.000026	-0.037515	-0.000710	0.000042	-0.000022	-0.000363	7
8	-0.002474	0.000450	-0.000005	-0.000632	-0.000813	-0.004320	-0.001627	0.783571	-0.001296	-0.006438	-0.013556	-0.068378	-0.003592	-0.015040	-0.004573	-0.002319	-0.002810	-0.001519	-0.000654	8
9	-0.000693	-0.004437	-0.003334	-0.003654	-0.000523	-0.001100	-0.002286	-0.003024	0.992521	-0.003196	-0.008866	-0.012902	-0.002764	-0.001957	-0.012507	-0.007045	-0.001731	-0.000257	-0.002324	9
10	0.040556	0.011122	-0.004916	-0.009158	-0.003974	-0.096085	-0.027130	-0.037869	-0.021973	0.844201	-0.097823	-0.011926	-0.019532	-0.031142	-0.021191	-0.009604	-0.007667	-0.027545	-0.019804	10
11	-0.000041	-0.000020	0.000000	0.000000	0.000000	-0.000000	-0.000000	0.000000	-0.000000	-0.000000	0.993840	0.000000	-0.001245	0.000000	-0.032495	-0.000253	0.000000	0.000000	-0.000422	11
12	-0.006989	-0.013760	-0.008548	-0.014190	-0.007979	-0.004736	-0.018681	-0.012743	-0.044746	-0.011100	-0.016564	-0.031168	0.781433	-0.022642	-0.182846	-0.005170	0.003663	-0.002007	-0.008151	12
13	-0.008215	-0.008741	-0.000467	-0.005213	-0.011622	-0.010320	-0.003712	-0.007459	-0.002038	-0.022427	-0.011785	-0.029439	0.014879	0.893845	-0.034383	-0.006019	-0.010560	-0.033288	-0.024450	13
14	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	14
15	-0.004781	-0.022921	-0.000849	-0.007026	-0.002258	-0.006264	-0.004849	-0.028611	-0.006945	-0.030218	-0.076171	-0.036249	-0.020887	0.005739	-0.002364	0.954171	-0.007403	-0.002539	-0.004729	15
16	-0.027188	-0.029441	-0.024324	-0.020023	-0.014030	-0.054997	-0.029784	-0.047216	-0.026843	-0.071430	-0.021392	-0.043004	0.054287	-0.090998	-0.058301	-0.065849	0.982381	-0.040617	-0.019866	16
17	-0.000000	-0.007852	-0.024549	-0.021591	-0.012558	-0.021278	-0.023909	-0.015506	-0.022189	-0.018332	-0.017536	-0.018399	-0.016276	-0.022855	-0.032672	-0.011061	-0.019821	0.984737	-0.011272	17
18	-0.009605	-0.026334	-0.025907	-0.016844	-0.023002	-0.022279	-0.024511	-0.022534	-0.036719	-0.021861	-0.044728	-0.075480	-0.024375	-0.032720	-0.043540	-0.021160	0.977792	-0.045308	0.884597	18
19																				19

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

LAMINA 5.4.

MATRIZ INVERSA DE LA MATRIZ (I - A) = (I - A)⁻¹.

DEMANDA INTERMEDIA																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	aplic., gan., educ., casa y peca.	minería (excluido el petróleo)	extracción de petróleo y gas natural	productos alimenticios, bebidas y tabaco	azúcar y subproductos	textiles, prendas de vestir e ind. del cuero	ind. de la madera y sus prod.	papel y cartón	refinación de petróleo	petroquímica básica e ind. química	vidrio y sus productos	cemento	prod. de minerales metálicos y no metálic.	otras ind. manufactureras	construcción	electricidad, gas y agua	servicios comerciales	comunicaciones y transportes	otros servicios	
1	1.122923	0.000917	0.000280	0.168090	0.112283	0.069282	0.183913	0.031409	0.041206	0.019331	0.031221	0.003410	0.001489	0.004788	0.006510	0.000978	0.001048	0.001162	0.004324	1
2	0.003916	1.276692	0.008794	0.004546	0.002735	0.005293	0.004670	0.004377	0.010771	0.019067	0.014331	0.104448	0.126447	0.026152	0.060617	0.003615	0.001278	0.002630	0.002760	2
3	0.010217	0.012368	1.002473	0.018015	0.008127	0.011056	0.008521	0.016120	0.553397	0.047375	0.023667	0.037647	0.012755	0.007544	0.015071	0.263261	0.004656	0.031067	0.005018	3
4	0.013419	0.006151	0.000276	1.149117	0.011339	0.030279	0.013995	0.004501	0.001242	0.023420	0.002295	0.001304	0.001229	0.001617	0.001693	0.006616	0.000713	0.001072	0.004513	4
5	0.001506	0.000156	0.000065	0.016428	1.017781	0.001347	0.002595	0.002099	0.000310	0.006456	0.001113	0.002292	0.000370	0.000830	0.000520	0.000202	0.000372	0.000296	0.000604	5
6	0.006932	0.001261	0.000063	0.013025	0.004243	1.258087	0.035192	0.009345	0.003540	0.003353	0.004869	0.007150	0.004635	0.008044	0.005410	0.003441	0.004443	0.002933	0.007962	6
7	0.001444	0.001783	0.006151	0.001227	0.000714	0.007331	1.181840	0.040299	0.000423	0.003201	0.002224	0.004379	0.005205	0.012230	0.046331	0.001277	0.000787	0.000816	0.001320	7
8	0.002521	0.002377	0.000925	0.013594	0.003673	0.011271	0.006274	1.278032	0.003718	0.013319	0.029141	0.091175	0.006430	0.024820	0.013252	0.004084	0.012303	0.004543	0.000849	8
9	0.011971	0.007396	0.005187	0.010744	0.011330	0.005379	0.007828	0.007199	1.054631	0.007212	0.013454	0.017735	0.006598	0.005543	0.018106	0.010277	0.003587	0.004756	0.004313	9
10	0.019518	0.021220	0.008538	0.039686	0.024732	0.152828	0.056912	0.066654	0.048146	0.134025	0.029924	0.036970	0.052334	0.042728	0.017729	0.014530	0.040375	0.003192	0.011920	10
11	0.001751	0.000148	0.000119	0.011024	0.000553	0.001578	0.002140	0.000771	0.001320	0.000696	1.004498	0.000641	0.001276	0.007983	0.005605	0.002388	0.000517	0.000745	0.001249	11
12	0.000725	0.000037	0.000031	0.000300	0.000246	0.000097	0.000185	0.000088	0.000283	0.000093	0.000100	1.000428	0.001628	0.000189	0.013055	0.000329	0.000055	0.000106	0.000510	12
13	0.014671	0.029568	0.012070	0.028364	0.016842	0.015401	0.033957	0.026833	0.019366	0.023608	0.031210	0.050844	1.270678	0.121740	0.242700	0.012296	0.008159	0.010749	0.016476	13
14	0.014718	0.016248	0.003400	0.016530	0.019589	0.024420	0.013963	0.017727	0.008734	0.035545	0.032412	0.042657	0.027481	1.127598	0.051284	0.011131	0.016514	0.048934	0.033682	14
15	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	1.000000	0.000000	0.000000	0.000000	0.000000	15
16	0.000473	0.012373	0.002191	0.013532	0.006296	0.016176	0.011770	0.042903	0.011460	0.041262	0.059617	0.112658	0.033856	0.014663	0.018204	1.000479	0.009740	0.006964	0.008138	16
17	0.046616	0.048791	0.030382	0.105802	0.032672	0.132364	0.128797	0.082177	0.053301	0.102664	0.050470	0.075056	0.083680	0.123236	0.095410	0.063271	1.025888	0.055079	0.032646	17
18	0.018977	0.014027	0.016180	0.034556	0.017430	0.038879	0.037465	0.027891	0.047311	0.033575	0.028240	0.029277	0.027124	0.034321	0.042500	0.021846	0.023206	1.021830	0.018295	18
19	0.022175	0.046470	0.029014	0.042057	0.017115	0.053140	0.053217	0.046563	0.064742	0.046702	0.070693	0.107681	0.051832	0.062180	0.077942	0.041923	0.093638	0.063806	1.137928	19

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

MATRIZ TRANSUESTA DE LA MATRIZ INVERSA DE LA MATRIZ $(I - A) = ((I - A)^{-1})^t$.

DEMANDA INTERMEDIA																				
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
	agric. gan. silvic. casa y pesca.	minería (excluido el petróleo)	extracción de petróleo y gas natural	productos alimenticios, bebidas y tabaco	azúcar y subproductos	textiles, prendas de vestir e ind. del cuero	ind. de la madera y sus prod.	papel y cartón	refinación de petróleo	petroquímica básica e ind. química	Vidrio y sus productos	cemento	prod. de minerales metálicos y no metálicos	otras inds. manufactureras	construcción	electricidad, gas y agua	servicios comerciales	comunicaciones y transportes	otros servicios	
1	1.122925	0.003516	0.010217	0.073419	0.001506	0.008932	0.001444	0.005921	0.011511	0.009616	0.001251	0.000720	0.014871	0.014718	0.000000	0.009473	0.046518	0.015897	0.022645	1
2	0.000912	1.278692	0.012368	0.000681	0.000158	0.002263	0.001123	0.002377	0.007226	0.021220	0.000348	0.000006	0.005508	0.016248	0.000000	0.032373	0.048337	0.014027	0.046470	2
3	0.000000	0.006794	1.003473	0.000276	0.000065	0.000603	0.000151	0.000925	0.005157	0.005539	0.000119	0.000003	0.012070	0.003405	0.000000	0.000191	0.032362	0.005682	0.029014	3
4	0.388595	0.004546	0.010018	1.148137	0.016426	0.013520	0.001121	0.013590	0.010124	0.039686	0.011024	0.000300	0.028384	0.016530	0.000000	0.013532	0.105802	0.034556	0.042357	4
5	0.322283	0.002725	0.008127	0.021319	1.017761	0.064243	0.000174	0.003673	0.011323	0.024733	0.000553	0.000024	0.016842	0.019560	0.000000	0.006296	0.020722	0.017430	0.037115	5
6	0.369288	0.005293	0.011056	0.030279	0.001347	1.294081	0.003211	0.011271	0.000174	0.152828	0.001579	0.000005	0.015401	0.024420	0.000000	0.016176	0.132364	0.036878	0.053146	6
7	0.183923	0.004672	0.004553	0.013955	0.000595	0.035195	1.181540	0.006214	0.007618	0.056912	0.002142	0.000181	0.033951	0.013965	0.000000	0.011775	0.128797	0.037468	0.053237	7
8	0.031409	0.004377	0.016122	0.004502	0.030299	0.009345	0.049229	1.279032	0.007119	0.066514	0.000725	0.000068	0.078533	0.017727	0.000000	0.042903	0.082177	0.027691	0.048963	8
9	0.001206	0.010572	0.522397	0.001242	0.000310	0.003043	0.000423	0.003718	1.054811	0.048146	0.001359	0.000285	0.015356	0.008734	0.000000	0.011460	0.063301	0.041311	0.066472	9
10	0.019333	0.018067	0.047375	0.023450	0.005458	0.003353	0.003201	0.012319	0.007212	1.191891	0.000896	0.000005	0.023808	0.035549	0.000000	0.041252	0.102524	0.033575	0.046722	10
11	0.003222	0.014332	0.037687	0.007990	0.001113	0.004869	0.002224	0.022141	0.013411	0.134015	1.083498	0.000100	0.031210	0.035432	0.000000	0.093617	0.050470	0.028240	0.076833	11
12	0.003411	0.104448	0.037647	0.001354	0.002292	0.007150	0.004179	0.091175	0.017135	0.029924	0.000643	1.008926	0.050844	0.042657	0.000000	0.113658	0.075056	0.029277	0.107661	12
13	0.001968	0.129447	0.012755	0.001059	0.000370	0.004535	0.005218	0.004340	0.006958	0.003070	0.001276	0.001628	1.270878	0.027481	0.000000	0.031856	0.085880	0.027124	0.051852	13
14	0.004789	0.026152	0.007944	0.031617	0.000830	0.008044	0.010235	0.024820	0.005443	0.002334	0.007963	0.000148	0.121740	1.127596	0.000000	0.014953	0.133036	0.034321	0.062180	14
15	0.008510	0.060619	0.150711	0.001693	0.000520	0.005410	0.046331	0.013152	0.018305	0.042728	0.005605	0.033095	0.242700	0.051284	1.000000	0.018204	0.095410	0.045800	0.077940	15
16	0.000979	0.003618	0.263061	0.002615	0.000202	0.003441	0.001277	0.004884	0.010217	0.017779	0.000388	0.000300	0.012298	0.111131	0.000000	1.050478	0.083221	0.027646	0.041823	16
17	0.001046	0.001279	0.004659	0.000713	0.000372	0.004448	0.000787	0.013233	0.001561	0.014530	0.000517	0.000055	0.008156	0.016514	0.000000	0.009740	1.028886	0.023206	0.063639	17
18	0.001165	0.002630	0.031067	0.001072	0.000295	0.002933	0.000816	0.004543	0.004716	0.040375	0.000745	0.000100	0.010749	0.048934	0.000000	0.025994	0.055079	1.021850	0.063806	18
19	0.004322	0.002761	0.005018	0.004513	0.000604	0.007962	0.001320	0.009819	0.004133	0.031192	0.001245	0.000510	0.016476	0.033682	0.000000	0.008136	0.032645	0.016295	1.137838	19

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

EFFECTO DE LA VARIACION DE LOS PRECIOS EN LOS SECTORES 3, 9 y 16 SOBRE EL RESTO DE LOS SECTORES ECONOMICOS EN MEXICO. (INCREMENTO INDUCIDO).

$$\text{PRECIO} = P = \{[(I-A)^{-1}]\} (B)^t \quad \dots (29)$$

[(I-A) ⁻¹] ^t																			(B) ^t	P	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
agric., gan., silvicult., caza y pesca.	minería (incluido el petróleo)	extracción de petróleo y gas natural	productos alimenticios, bebidas y tabaco	azúcar y subproductos	textiles, prendas de vestir e ind. del cuero	ind. de la madera y sus prod.	papel y cartón	refinación de petróleo	petroquímica básica e ind. química	vitrío y sus productos	cemento	prod. de minerales metálicos y no metálicos	otros ind. manufactureros	construcción	electricidad, gas y agua	servicios comerciales	comunicaciones y transportes	otros servicios			
1	1.122826	0.023816	0.010217	0.073419	0.001506	0.008832	0.001444	0.009521	0.011671	0.005918	0.001251	0.000726	0.014671	0.014718	0.000000	0.009473	0.046618	0.015827	0.022845	0.720924	Y1
2	0.000912	1.279882	0.012368	0.000651	0.000158	0.002263	0.001783	0.002377	0.007396	0.021202	0.000348	0.000063	0.023508	0.018248	0.000000	0.032373	0.048237	0.014227	0.046470	0.636128	Y2
3	0.000280	0.002754	1.063473	0.020276	0.000085	0.003063	0.000181	0.000625	0.001167	0.009638	0.000118	0.000031	0.012070	0.003425	0.000000	0.002181	0.036362	0.026682	0.026104	X3	Y3
4	0.386296	0.004346	0.010015	1.149137	0.016428	0.013320	0.001227	0.012595	0.010744	0.039646	0.011024	0.000300	0.028364	0.016530	0.000000	0.013532	0.105582	0.034556	0.042357	0.331273	Y4
5	0.322283	0.002125	0.004127	0.021339	0.004243	0.000714	0.003673	0.011332	0.024732	0.009553	0.000240	0.018842	0.019589	0.000000	0.006236	0.032572	0.011432	0.037115	0.062457	Y5	
6	0.069288	0.000293	0.011026	0.010379	0.001347	1.288081	0.002331	0.011271	0.005378	0.152828	0.001579	0.000093	0.019461	0.024420	0.000000	0.016178	0.132364	0.036875	0.053146	0.464922	Y6
7	0.183973	0.004672	0.000653	0.013955	0.000595	0.051195	1.181540	0.006214	0.007828	0.206912	0.002142	0.000181	0.033957	0.013965	0.000000	0.011775	0.128787	0.037468	0.053237	0.470211	Y7
8	0.031409	0.004377	0.016127	0.004582	0.002399	0.009345	0.049269	1.279537	0.007199	0.066654	0.000755	0.000098	0.024833	0.017727	0.000000	0.042901	0.082177	0.027891	0.048963	Y8	
9	0.001206	0.010572	0.025297	0.001242	0.000310	0.003543	0.000423	0.003718	1.084831	0.048148	0.001359	0.000286	0.016366	0.006734	0.000000	0.011485	0.053351	0.041311	0.066472	X9	Y9
10	0.019333	0.017667	0.047375	0.023450	0.005458	0.002353	0.003201	0.013319	0.007212	1.181881	0.000696	0.000063	0.023808	0.035549	0.000000	0.041255	0.102194	0.033575	0.046722	0.434754	Y10
11	0.003272	0.014132	0.033687	0.002995	0.001113	0.004889	0.002224	0.002141	0.013454	0.134025	1.083488	0.000100	0.012110	0.030432	0.000000	0.091617	0.010479	0.028240	0.070831	0.577649	Y11
12	0.003412	0.004448	0.037647	0.001304	0.002292	0.007150	0.004379	0.001175	0.017735	0.029424	0.000641	1.006538	0.000649	0.042657	0.000000	0.112658	0.075056	0.029277	0.107881	0.523609	Y12
13	0.001984	0.109447	0.012752	0.001059	0.000370	0.004530	0.002208	0.000430	0.006568	0.036910	0.001276	0.001028	1.270878	0.027481	0.000000	0.213856	0.085862	0.051704	0.051852	0.444219	Y13
14	0.004284	0.006152	0.037844	0.001617	0.000830	0.008544	0.012234	0.024820	0.009543	0.052334	0.001983	0.000189	0.121740	1.127886	0.000000	0.014663	0.123238	0.034321	0.062180	0.452970	Y14
15	0.006510	0.006017	0.015071	0.001693	0.000520	0.005410	0.046331	0.013752	0.016115	0.042724	0.002662	0.033255	0.242700	0.051284	1.000000	0.018204	0.026410	0.045800	0.071840	0.472086	Y15
16	0.000978	0.003619	0.003661	0.000615	0.000282	0.003441	0.001572	0.004884	0.010297	0.017779	0.000336	0.000242	0.012286	0.011131	0.000000	1.096478	0.043221	0.021848	0.041823	X16	Y16
17	0.001048	0.001128	0.004599	0.000713	0.000372	0.004448	0.002187	0.012303	0.003567	0.014530	0.000057	0.000025	0.008159	0.010514	0.000000	0.009742	0.028886	0.023206	0.003639	0.840976	Y17
18	0.001165	0.002830	0.011067	0.001072	0.000392	0.002933	0.000816	0.004541	0.004796	0.040270	0.000745	0.000108	0.010749	0.048914	0.000000	0.020994	0.055079	1.021850	0.063305	0.705496	Y18
19	0.004324	0.002760	0.005018	0.004513	0.000524	0.007962	0.001320	0.003849	0.004133	0.031192	0.001249	0.000510	0.018476	0.033682	0.000000	0.008138	0.032648	0.016295	1.137838	0.773836	Y19

De donde se obtienen las tres ecuaciones simultáneas que se presentan en la siguiente lámina, así como sus resultados

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS: ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

LAMINA 5.7.

SOLUCION AL SISTEMA DE ECUACIONES

$$P = \{[(I-A)^{-1}]^t\} (B)^t$$

ECUACION DEL SECTOR:

$$[3] \quad 1.5 = (0.000280)(0.720924) + (0.008794)(0.636128) + (1.003473)X_3 + (0.000276)(0.331273) + (0.000065)(0.602457) + (0.000603)(0.464922) + (0.000151)(0.470211) \\ + (0.000925)(0.426422) + (0.005187)X_9 + (0.008539)(0.434794) + (0.000119)(0.577649) + (0.000031)(0.523609) + (0.012070)(0.444219) + (0.003405)(0.452370) \\ + (0.000000)(0.472086) + (0.002191)X_{10} + (0.030382)(0.840876) + (0.025682)(0.705486) + (0.029014)(0.773836)$$

$$[9] \quad 1.5 = (0.001206)(0.720924) + (0.010572)(0.636128) + (0.552397)X_3 + (0.001242)(0.331273) + (0.000310)(0.602457) + (0.003043)(0.464922) + (0.000423)(0.470211) \\ + (0.003718)(0.426422) + (1.054631)X_9 + (0.048146)(0.434794) + (0.001359)(0.577649) + (0.000285)(0.523609) + (0.015366)(0.444219) + (0.008734)(0.452370) \\ + (0.000000)(0.472086) + (0.011460)X_{10} + (0.053301)(0.840876) + (0.041311)(0.705486) + (0.066472)(0.773836)$$

$$[15] \quad 1.5 = (0.000978)(0.720924) + (0.003618)(0.636128) + (0.263061)X_3 + (0.000615)(0.331273) + (0.000202)(0.602457) + (0.003441)(0.464922) + (0.001277)(0.470211) \\ + (0.004884)(0.426422) + (0.010277)X_9 + (0.017779)(0.434794) + (0.000388)(0.577649) + (0.000305)(0.523609) + (0.012298)(0.444219) + (0.011131)(0.452370) \\ + (0.000000)(0.472086) + (1.050479)X_{10} + (0.083211)(0.840876) + (0.021846)(0.705486) + (0.041823)(0.773836)$$

DESPEJANDO:

$$X_3 = 1.494809 - (0.083903 + 0.005169 X_9 + 0.002183 X_{10})$$

$$X_3 = 1.410505 - (0.005169 X_9 + 0.002183 X_{10})$$

$$X_9 = 1.422298 - (0.160662 + 0.523782 X_3 + 0.010866 X_{10})$$

$$X_9 = 1.261636 - (0.523782 X_3 + 0.010866 X_{10})$$

$$X_9 = 1.261636 - \{0.523782 [1.410505 - (0.005169 X_9 + 0.002183 X_{10})]\} - 0.010866 X_{10}$$

$$X_9 = 1.261636 - 0.739007 + 0.002707 X_9 + 0.001144 X_{10} - 0.010866 X_{10}$$

$$X_9 = 0.522629 + 0.002707 X_9 - 0.009723 X_{10}$$

$$X_9 = 0.524048 - 0.006723 X_{10}$$

$$X_{10} = 1.427920 - (0.122391 + 0.250420 X_3 + 0.009783 X_9)$$

$$X_{10} = 1.305529 - (0.250420 X_3 + 0.009783 X_9)$$

$$X_{10} = 1.305529 - \{0.250420 [1.410505 - (0.005169 X_9 + 0.002183 X_{10})]\} - 0.009783 X_9$$

$$X_{10} = 1.305529 - 0.353320 + 0.001294 X_9 + 0.000547 X_{10} - 0.009783 X_9$$

$$X_{10} = 0.952210 - 0.008489 X_9 + 0.000547 X_{10}$$

$$X_{10} = 0.952210 - \{0.008489 [0.52405 - 0.006723 X_{10}]\} + 0.000547 X_{10}$$

$$X_{10} = 0.952210 - 0.00445 + 8.3E-05 X_{10} + 0.000547 X_{10}$$

$$X_{10} = 0.94836$$

RESULTADOS:

$$X_3 = 1.405174$$

$$X_9 = 0.514827$$

$$X_{10} = 0.948358$$

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

LAMINA 5.8.

SUSTITUCION DE X3, X9 y X16 EN EL PRODUCTO DE MATRICES PARA OBTENER P

PRECIO = P = {{{(I-A)⁻¹}} (B)^t ... (29)

[(I-A) ⁻¹] ^t																			(B) ^t	P	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19			
agric., gan., silvic., caza y pesca.	minería (recluido el petróleo)	extracción de petróleo y gas natural	productos alimenticios, bebidas y tabaco	azúcar y subproductos	textiles, prendas de vestir e ind. del cuero	ind. de la madera y sus prod.	papel y cartón	refinación de petróleo	petroquímica básica e ind. química	vidrio y sus productos	cemento	prods. de minerales metálicos y no metálicos	otras ind. manufactureras	construcción	electricidad, gas y agua	servicios comerciales	comunicaciones y transportes	otros servicios			
1	1.122925	0.003816	0.010217	0.073419	0.001506	0.008932	0.001444	0.005921	0.011971	0.059518	0.001251	0.020725	0.014671	0.014718	0.000000	0.009473	0.048618	0.015897	0.022645	0.720924	1.012693
2	0.000912	1.278882	0.012368	0.000651	0.000158	0.002263	0.001783	0.002377	0.007396	0.021220	0.000348	0.000063	0.025528	0.016248	0.000000	0.032373	0.048237	0.014227	0.048470	0.636128	1.021939
3	0.000260	0.006784	1.003473	0.000276	0.000065	0.000603	0.000151	0.000925	0.006187	0.068339	0.000118	0.012070	0.003405	0.000000	0.002191	0.030382	0.026827	0.028014	0.28014	1.008176	3.000000
4	0.388790	0.904546	0.010013	1.145137	0.016428	0.013520	0.001227	0.013595	0.010744	0.039686	0.011024	0.000300	0.028364	0.016530	0.000000	0.013532	0.105802	0.034596	0.042357	0.312773	1.015053
5	0.322283	0.002725	0.008127	0.021339	1.017781	0.004743	0.000714	0.003673	0.011330	0.024732	0.000553	0.000740	0.016642	0.019569	0.000000	0.006796	0.032672	0.017430	0.037115	0.602457	1.010115
6	0.069788	0.005293	0.011056	0.030279	0.001347	1.259081	0.002331	0.011271	0.005379	0.152828	0.001579	0.000053	0.015401	0.024420	0.000000	0.016178	0.132364	0.036875	0.053146	0.464922	1.014505
7	0.183923	0.004672	0.008553	0.013955	0.000599	0.035195	1.181840	0.006214	0.007828	0.056912	0.002142	0.000183	0.033557	0.013965	0.000000	0.011775	0.128797	0.037468	0.053237	0.470211	1.011752
8	0.031409	0.004377	0.016122	0.004502	0.030299	0.009345	0.049298	1.278032	0.007199	0.066554	0.000725	0.000048	0.026633	0.017727	0.000000	0.042903	0.062177	0.037891	0.048963	0.476422	1.032586
9	0.001206	0.010872	0.562397	0.001242	0.000310	0.002643	0.000423	0.003718	1.004681	0.048146	0.001399	0.000285	0.018388	0.006734	0.000000	0.011480	0.053301	0.041311	0.008472	0.514827	1.000000
10	0.019333	0.018067	0.047375	0.023450	0.005458	0.009353	0.003201	0.013319	0.007212	1.101881	0.005096	0.000083	0.028068	0.035549	0.000000	0.041252	0.102594	0.033575	0.046722	0.434794	1.053513
11	0.003222	0.014332	0.033687	0.002996	0.001113	0.004889	0.002224	0.022141	0.013454	0.134025	1.003488	0.000100	0.031210	0.030432	0.000000	0.093617	0.050470	0.028240	0.070833	0.577649	1.061802
12	0.003412	0.104448	0.037647	0.001304	0.002292	0.007150	0.004379	0.091175	0.017735	0.029924	0.000643	1.008828	0.006444	0.042657	0.000000	0.112658	0.073056	0.029277	0.107881	0.523609	1.071033
13	0.001588	0.129447	0.012755	0.001059	0.000370	0.004535	0.006208	0.006430	0.006588	0.036970	0.001276	0.001828	1.270878	0.027481	0.000000	0.033856	0.058880	0.027124	0.051852	0.444219	1.025521
14	0.004285	0.026152	0.007944	0.001617	0.000830	0.008044	0.012235	0.024620	0.005543	0.052334	0.007983	0.000189	0.121740	1.127588	0.000000	0.014653	0.123236	0.034231	0.062180	0.452370	1.013828
15	0.008510	0.006617	0.015071	0.001693	0.000520	0.005410	0.046331	0.013252	0.018105	0.042728	0.005605	0.033055	0.242700	0.051284	1.000000	0.018204	0.095410	0.045900	0.077940	0.472086	1.021662
16	0.000978	0.003818	0.263061	0.000015	0.000202	0.003441	0.001277	0.004884	0.010277	0.217778	0.000388	0.000305	0.012298	0.011131	0.000000	1.068479	0.002221	0.021848	0.041823	0.848838	1.500000
17	0.001048	0.001278	0.004659	0.000713	0.000372	0.004448	0.000787	0.012333	0.003587	0.014530	0.000517	0.000055	0.008159	0.016514	0.000000	0.009740	1.028888	0.023206	0.093369	0.840876	1.007256
18	0.001165	0.002630	0.031067	0.000295	0.002933	0.000816	0.004543	0.054756	0.040375	0.000745	0.000106	0.010749	0.048934	0.030000	0.000594	0.055079	1.071860	0.063805	0.063805	0.705486	1.035635
19	0.004324	0.002780	0.005018	0.004513	0.000604	0.007962	0.001320	0.008645	0.004133	0.031192	0.001249	0.000510	0.016476	0.033682	0.000000	0.008138	0.032646	0.016295	1.137038	0.773836	1.007055

EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.

LAMINA 5.9.

**EFFECTO DE LOS PRECIOS
DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS.**

Por último, en la LAMINA 5.10. se presentan seis columnas:

- 1a. Columna: Corresponde al número de rama y sector agregado que incluye dicha rama.
- 2a. Columna: Corresponde al Valor Bruto de la Producción de cada rama y se extrae de la LAMINA 5.1.
- 3a. Columna: Se refiere a la participación porcentual de cada rama respecto al Valor Bruto de la Producción total de las ramas (Total de Insumos Nacionales).
- 4a. Columna: Presenta los valores del incremento porcentual que se requiere en los precios de cada rama provocados por el incremento en los precios de los energéticos (ramas 3, 9 y 16).

Aquí se observa con mayor claridad cuál es el efecto del incremento del 50% en los precios de los energéticos sobre los precios de cada una de las ramas económicas, siendo las más afectadas: *la del cemento con un incremento del 7.1033%; vidrio y sus productos con el 6.1602%; petroquímica básica e industria química con el 5.3513%; comunicaciones y transporte con el 3.6635% y, la del papel y cartón con el 3.2586%*. De estas cinco ramas, todas excepto la de comunicaciones y transportes aparecen como de las principales consumidoras de Energía en 1993 (Tabla 2.3.2, Capítulo 2.).

5a. Columna: Contiene los valores porcentuales de la participación ponderada los precios de cada rama provocados por el incremento en los precios de los energéticos (ramas 3, 9 y 16) y, la suma de estos porcentajes ponderados nos da el incremento porcentual del nivel general de precios, siendo éste del **3.3194%** para toda la economía nacional.

**EFFECTO GLOBAL DEL AUMENTO DE PRECIOS EN LOS SECTORES 3, 9 Y 16
SOBRE EL NIVEL GENERAL DE PRECIOS.**

	SECTOR	VALOR BRUTO DE LA PRODUCCION \$1980	PARTICIPACION PORCENTUAL	INCREMENTO PORCENTUAL DE PRECIOS POR SECTOR	PARTICIPACION PONDERADA DEL INCREMENTO DE PRECIOS POR SECTOR AL NIVEL GENERAL DE PRECIOS
1	agricultura, ganadería, silvicultura, caza y pesca	510,524	7.3824%	1.2693%	0.0937%
2	minería (excluido el petróleo)	97,820	1.4145%	2.1939%	0.0310%
3	extracción de petróleo y gas natural	94,178	1.3619%	50.0000%	0.6809%
4	productos alimenticios, bebidas y tabaco	673,521	9.7394%	1.5053%	0.1466%
5	azúcar y subproductos	33,214	0.4803%	1.0115%	0.0049%
6	textiles, prendas de vestir e industria del cuero	292,834	4.2345%	1.4505%	0.0614%
7	industria de la madera y sus productos	89,715	1.2973%	1.1752%	0.0152%
8	papel y cartón	69,450	1.0043%	3.2586%	0.0327%
9	refinación de petróleo	68,683	0.9932%	50.0000%	0.4966%
10	petroquímica básica e industria química	298,923	4.3226%	5.3513%	0.2313%
11	vidrio y sus productos	25,377	0.3670%	6.1602%	0.0226%
12	cemento	22,555	0.3262%	7.1033%	0.0232%
13	productos de minerales metálicos y no metálicos	335,713	4.8546%	2.5521%	0.1239%
14	otras industrias manufactureras	475,208	6.8717%	1.3828%	0.0950%
15	construcción	608,287	8.7961%	2.1682%	0.1907%
16	electricidad, gas y agua	78,923	1.1413%	50.0000%	0.5706%
17	servicios comerciales	1,486,036	21.4888%	0.7298%	0.1568%
18	comunicaciones y transportes	404,829	5.8540%	3.6635%	0.2145%
19	otros servicios	1,249,617	18.0700%	0.7065%	0.1277%
20	TOTAL DE INSUMOS NACIONALES	6,915,407	100.0000%		3.3194%

**EFFECTO DE LOS PRECIOS DE LOS ENERGETICOS SOBRE LOS DIFERENTES SECTORES ECONOMICOS:
ESTUDIO MACROECONOMICO UTILIZANDO LA MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO.**

LAMINA 5.10.

CAPITULO 6.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

6.1. ¿POR QUE COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE?

Como se menciona en el Capítulo 2, el Sector Transporte, dependiente ciento por ciento de los hidrocarburos fósiles, se presenta en la actualidad y desde hace varios años como el principal consumidor "final" de Energía en nuestro país (después del propio Sector Energético), teniendo una participación del 25.91% del total del consumo nacional en 1993 (GRAFICO 20, LAMINA A.6., ANEXO A). Su crecimiento en los últimos años ha sido cada vez más acelerado debido al incremento en la demanda de gasolinas, lo que a su vez es consecuencia del aumento en el parque vehicular de las principales metrópolis del país y, en particular, de la Ciudad de México.^M

Fue a principios del presente siglo que la gasolina surgió como el principal combustible para el transporte en el mundo y, su uso ha prevalecido debido básicamente a la facilidad de operar los motores de gasolina y particularmente al descubrimiento de reservas petroleras en diferentes regiones de nuestro país. Posteriormente surgieron el diesel y los combustibles para avión que también son derivados del petróleo.

^M En 1990, había en el mundo un total de 400 millones de vehículos, de los que, cerca de las tres cuartas partes se encontraban en los países pertenecientes a la OCDE, y casi el 50% de éstos en Estados Unidos. Se considera que el incremento en el parque vehicular en estos países para el año 2010 será moderado, no así en los países en vías de desarrollo, donde se podría alcanzar la cifra de 300 millones de vehículos, motivando el incremento en la demanda de combustibles para el transporte.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

En el pasado, la obtención de los combustibles en cuestión estuvo basada en consideraciones de índole exclusivamente económica; sin embargo y debido a las nuevas estructuras político-económicas y al surgimiento de la conciencia ecológica en la sociedad se ha logrado que tanto para la producción como para el uso de los combustibles para el transporte empiecen a considerarse otros factores de vital importancia como son:

- Seguridad Energética Nacional: Balance de mercados y políticas de impuestos.
- Protección del medio ambiente.
- Modernización del Sector Petrolero y Petroquímico.
- Cambios en la interfase con la Industria Automotriz.
- Nuevas tecnologías vehiculares y para la obtención de combustibles.

Debido a que las gasolinas y demás combustibles que se utilizan actualmente como combustibles para el transporte (diesel, kerosina y turbosina), son derivados del petróleo, durante sus procesos de combustión producen gases contaminantes que, por la cantidad en que se generan, han llegado ya a rebasar los límites permisibles de concentración en la atmósfera y, son causantes en gran medida y junto con los gases de combustión de la industria, de la contaminación atmosférica en las ciudades, de la contaminación del agua y la tierra, así como también de padecimientos del sistema respiratorio y de la vista.

De la Tabla 3.5. (Capítulo 3), se puede observar que a nivel mundial, el Sector Transporte emite alrededor del 66% del monóxido de carbono (CO), el 42% de los hidrocarburos (parafinas, olefinas y aromáticos), el 64% de los óxidos de nitrógeno (NO_x), el 3% de los óxidos de azufre (SO_x), el 49% de los compuestos orgánicos que contaminan nuestra atmósfera, así como el 14% del dióxido de carbono (CO₂) que se emite anualmente a la atmósfera.^[47]

Los principales efectos del uso de los combustibles derivados fósiles son:

^[47] ALTERNATIVAS PARA COMBUSTIBLES EN EL TRANSPORTE. Agosto 1990. Comisión Petroquímica Mexicana.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

1. LLUVIA ACIDA: Se forma cuando el dióxido de azufre y, en menor medida, los óxidos de nitrógeno (NO_x) que son emitidos a la atmósfera junto con los demás gases de combustión, reaccionan con el agua y se transforman para después regresar a la tierra en forma de lluvia o bien como neblina o nieve. La lluvia ácida daña nuestros lagos, ríos, bosques, edificios, monumentos históricos y probablemente nuestra salud.

2. EFECTO INVERNADERO: Los gases presentes en la atmósfera producto de los procesos de combustión, retienen parte de la radiación infrarroja que emana de la Tierra hacia el espacio exterior y, al no dejarlos escapar, la superficie de la Tierra se calienta. Durante el último siglo, la temperatura de la Tierra ha aumentado entre 0.3 y 0.6°C y las emisiones resultantes de la actividad humana siguen haciendo que la concentración de los gases de invernadero aumente.⁷⁹

El incremento de la concentración del dióxido de carbono en la atmósfera es el responsable del 50% del efecto de invernadero o calentamiento atmosférico en tanto que el porcentaje restante se debe a otros gases como el metano (CH_4), que además de tener mayor capacidad de absorción de radiación infrarroja que el CO_2 , dificulta el proceso de descomposición de otros gases causantes del efectos invernadero; los óxidos de nitrógeno (NO_x), que son precursores del ozono cuando están en la atmósfera y, destructores del mismo si están en la estratósfera; el ozono troposférico (O_3), que produce contaminación fotoquímica; y los clorofluorocarbonos (CFC's), que al igual que los óxidos de nitrógeno, en la atmósfera promueven la formación de ozono y su destrucción en la estratósfera.

3. SMOG: El ozono es el principal componente del smog y, aunque no se emite en forma directa a la atmósfera, se forma por una reacción compleja entre los hidrocarburos (olefínicos y aromáticos, que dan el octanaje de las gasolinas) y los óxidos de nitrógeno en presencia de la luz solar. A pesar de que el ozono en las capas más elevadas de la atmósfera es benéfico para la Tierra pues la protege de la radiación ultravioleta, al nivel de la superficie tiene efectos negativos sobre la salud y el ambiente en general.

⁷⁹ El efecto de invernadero es causante del aumento de la temperatura en el planeta, que se estima podría llegar a los 0.3°C por década, así como del consecuente impacto ambiental.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

"Por estas razones es que debemos buscar otras fuentes de Energía limpia que le permitan al hombre seguir viviendo con las comodidades que tiene actualmente al disminuir los índices de contaminación, y a nuestros vehículos seguir circulando".

Además, existe otra razón para buscar la sustitución de las gasolinas y ésta es justamente la de guardar petróleo para cuando comiencen a escasear las reservas nacionales y mundiales y además, poder destinar mayores cantidades de petróleo a la exportación para la obtención de divisas y, a la fabricación de otro tipo de productos que también son de suma importancia para satisfacer las necesidades de la población de nuestro país.

En México, la tarea para mejorar la calidad de nuestros combustibles ya ha comenzado. A lo largo del tiempo, Petróleos Mexicanos (PEMEX) ha producido diferentes tipos de gasolinas. Desde 1938 y hasta mediados de los años 80's, se seguían las tendencias requeridas por las características mecánicas de los automotores para satisfacer las necesidades existentes del parque vehicular; sin embargo, en 1986 y como resultado de los estudios realizados para el mejoramiento de la calidad de nuestras gasolinas y buscando reducir la contaminación ambiental, aparecieron las gasolinas **Nova Plus** y **Extra Plus** en el mercado nacional.

A partir del invierno de 1989 se introdujeron en México las **gasolinas oxigenadas** para vehículos automotores, utilizando una mezcla de metil-terbutil-éter (MTBE) que ayuda a mejorar la combustión en los vehículos a la altura de la Ciudad de México. Con esta acción, se logró la disminución de CO y HC's no quemados en 470,000 y 38,000 toneladas anuales respectivamente. El costo de esta medida significó una inversión de 73 millones de dólares anuales por parte de PEMEX. ^[48]

Casi un año más tarde, en Septiembre de 1990, PEMEX puso a disposición de los consumidores la gasolina **MAGNA SIN**, que no contiene plomo (Pb), y cuyo principal mercado era el de los nuevos modelos vehiculares 1991 equipados con convertidor catalítico en el sistema de escape de los gases, que permitiría cumplir con una norma

^[48] Comisión Petroquímica Mexicana., loc.cit.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

ecológica de emisiones contaminantes. Con la combinación del convertidor catalítico y la nueva gasolina, se logró la disminución considerable de las emisiones de NO_x, HC's no quemados, y CO "por unidad vehicular".

En los años 90's, la gasolina MAGNA SIN actuará como el combustible líder para vehículos automotores en México con una Tasa media de crecimiento anual posible entre 3.7 y 4.5%.^[49]

Finalmente, en 1994 se logró que el 20% de la producción total fueran gasolinas sin plomo y se integró el DIESEL SIN (desulfurado) para transporte de carga pesada y marino.

Así, las nuevas reglamentaciones para la especificación de las gasolinas nacionales se han proyectado con el fin de mejorar y controlar la calidad del aire, pero obviamente, impactan en forma notable a los procesos de elaboración de dichos combustibles. De esta manera, la cantidad y calidad de las emisiones generadas durante los procesos de combustión quedan determinadas por:

- El diseño de los Sistemas de Combustión.
- El control de los Procesos.
- El Mantenimiento.
- Los Dispositivos de Recuperación empleados
- El tipo y calidad del Combustible.

A nivel mundial, las nuevas regulaciones establecen estándares en la elaboración y uso de los combustibles para el futuro, los cuales no deben producir problemas en el funcionamiento de los vehículos, debiendo cumplir con las siguientes características:

- **Bajo contenido de hidrocarburos que evaporen a bajas temperaturas, (extracción de compuestos volátiles butanos principalmente).**

^[49] ibid.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- **Bajo contenido de hidrocarburos que evaporen a altas temperaturas,** (hidrocarburos pesados, para reducir emisiones y depósitos del motor).
- **Bajo contenido de olefinas** (que promueven la formación del ozono por su reactividad con los NO_x , e incrementan la cantidad de residuos de carbón en las emisiones).
- **Bajo contenido de aromáticos y azufre** (que presentan alta reactividad fotoquímica con los NO_x e incrementan la cantidad de residuos de carbón en las emisiones, y alta toxicidad respectivamente).
- **Alto índice de octanaje** (Relacionado con el contenido de aromáticos, especialmente en las gasolinas que tienen su origen en la refinación catalítica. Como alternativa se pueden utilizar corrientes ricas en parafinas isomerizadas como los pentanos y hexanos que también poseen altos niveles de octano, o bien, se puede recurrir a la reformación semi-regenerativa o de tipo continuo, a la adición de aditivos y octano en el proceso FCC (Fluid Catalytic Cracking - Desintegración Catalítica en Lecho Fluidizado) al desarrollo de catalizadores de alta selectividad.).
- **Baja Presión de Vapor Reid (PVR),** (con el fin de reducir las emisiones evaporativas de los combustibles, precursoras del ozono, y que se puede lograr con el uso de compuestos oxigenantes, cuya presión de vapor es inferior a 0.6463atm (9.5lb/in^2), valor máximo permisible para las gasolinas nacionales).
- **Alto contenido de oxígeno.**
- **Ser producidos a partir de fuentes renovables y domésticas.**
- **Bajo contenido de plomo** (por su toxicidad y efecto negativo sobre los convertidores catalíticos).

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

y, para cumplir con estos requerimientos para los combustibles vehiculares se tienen dos opciones:

1. Reformulación de los Combustibles: Uso de oxigenantes para gasolinas, dependiendo de:

- Demanda de las gasolinas de alto octano.
- Costo y disponibilidad de aditivos y cosolventes.
- Costo, disponibilidad y calidad de crudos.
- Flexibilidad y programas de inversión de los refinadores.
- Precios de la gasolina y desarrollo de nuevos aditivos.

2. Combustibles Alternos: Se requiere:

- Atractividad y fomento a la producción del nuevo combustible.
- Infraestructura adecuada para su distribución.
- Lograr la experiencia en el manejo y comercialización del nuevo combustible.
- Uso del combustible en aplicaciones en las que se aproveche al máximo su valor energético y económico.
- Concientizar a la opinión pública de la importancia y beneficios del uso del nuevo combustible.

6.2. COMBUSTIBLES REFORMULADOS.

Durante los últimos años y principalmente en los Estados Unidos, se ha venido hablando de las *gasolinas reformuladas*, combustibles que responden a los planteamientos del Acta del Aire Limpio (Clean Air Act - CAA), y que se empezarán a comercializar en dicho país a partir de 1996, a través de un programa de implantación que comenzó en 1990 con la firma del Acta.

El término *reformulación de combustibles*, está normalmente relacionado con el aire y la atmósfera limpia, y significa la *sustitución parcial o total de los compuestos e hidrocarburos indeseables, dentro de los que se encuentra un gran número con alto octanaje, por hidrocarburos o componentes alternos cuya afectación al medio ambiente sea mínima.*

Una *gasolina reformulada*, es una gasolina en la que se ha cambiado la concentración de algunos de sus componentes con el objeto de lograr que la gasolina se queme más "limpiamente", es decir, con menos emisiones contaminantes en la atmósfera.

Se requiere entonces de mejorar la eficiencia de los actuales procesos de refinación y la elaboración y uso de *oxigenantes* para mantener los índices de octano establecidos y cumplir con la reglamentación ambiental vigente y futura, que implica la reducción de emisiones precursoras de la formación de ozono, reducción de los contaminantes tóxicos a la salud y, máximo aprovechamiento de la Energía.

En México, se pretende llevar a cabo la elaboración de las gasolinas reformuladas en el corto plazo siguiendo de cerca su composición y basados en las normas norteamericanas, para alcanzar el equilibrio entre el plomo y las corrientes de alto octano para que las emisiones contaminantes resultado de la combustión afecten lo menos posible a la salud. Para lograr esto, la industria de la refinación se ha dedicado a la tarea de modificar las composiciones de los combustibles para el

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

transporte, produciendo combustibles oxigenados y gasolinas reformuladas mediante tres rutas:

1. Mejora y Optimización de los Actuales Procesos de Refinación.
2. Desarrollo y Uso de Nuevos y Mejores Aditivos en los Combustibles.
3. Elaboración y Uso de Oxigenantes.

Además, nos debemos enfocar a la producción de combustibles más ligeros (gasolinas y diesel) y con menor contenido de azufre aprovechando los combustibles pesados (como el combustóleo), cuyo consumo a nivel mundial ha ido disminuyendo paulatinamente.

“Sin embargo, la responsabilidad de disminuir significativamente los niveles de contaminación no sólo es responsabilidad de PEMEX-Refinación y de los fabricantes de vehículos automotores, sino también de los usuarios, que deben mantener en condiciones óptimas sus vehículos”.

6.2.1. MEJORA Y OPTIMIZACION DE LOS ACTUALES PROCESOS DE REFINACION.

Se puede lograr a través de la desintegración térmica de las naftas y de la reformación de naftas y gasolinas, con lo que se beneficia el medio ambiente y además, no se requieren mayores adaptaciones a los motores vehiculares. Sin embargo, aumenta el consumo de hidrocarburos durante el procesamiento, por lo que se requieren incrementos en la capacidad instalada que implican altos costos de inversión.

A) ISOMERIZACION CATALITICA DE PARAFINAS.

Se les llama **isómeros** a los compuestos químicos que, teniendo la misma fórmula molecular, difieren en sus propiedades físicas y químicas, como el alcohol etílico y el dimetil éter.

La *isomerización catalítica de parafinas* o alcanos permite transformar alcanos de cadena recta (*n*-alcanos) en alcanos ramificados (*iso*-alcanos) y constituye un proceso pequeño pero muy importante dentro de la refinación del petróleo. La isomerización se da a través de una reacción química reversible ligeramente exotérmica y termodinámicamente favorecida a temperaturas relativamente bajas.

Las investigaciones en este campo se orientan al desarrollo de catalizadores con alta actividad a bajas temperaturas. El primer catalizador utilizado en procesos de isomerización fue el cloruro de aluminio (AlCl_3 - catalizador de Friedel-Crafts), utilizado en la producción del isobutano a partir del *n*-butano durante la Segunda Guerra Mundial, trabajando dentro de un rango de temperaturas de 38-93°C en el que se alcanza rápidamente el equilibrio; este catalizador reacciona indiscriminadamente tanto con los reactivos como con los productos e impurezas, por lo que se requiere de un estricto control.

Actualmente se están utilizando los catalizadores de la llamada tercera generación, que son catalizadores bifuncionales de hidroisomerización activados ya sea por cloruros orgánicos o bien inorgánicos. Los catalizadores bifuncionales típicos son de metales como el platino, el paladio o el níquel soportados en gamma alúmina (Al_2O_3) o en zeolitas y, son regenerables. Además, son catalizadores altamente selectivos y se utilizan bajo condiciones de operación de temperatura y presión dentro de los rangos de 93-204°C y 13.6-34 atm respectivamente y en presencia de hidrógeno.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

Los catalizadores bifuncionales son fuertemente ácidos, por lo que provocan la formación de iones carbonio intermedios al extraer el ión hidruro (H^-) del alcano.

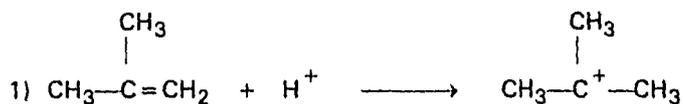
La principal ventaja del uso de los catalizadores bifuncionales es que con ellos se logra una mayor conversión a isopentano o isohexano en el producto y, la alta estabilidad bajo condiciones normales de operación. Su desventaja es que son sumamente sensibles al envenenamiento con azufre y agua.

B) ALQUILACION CATALITICA.

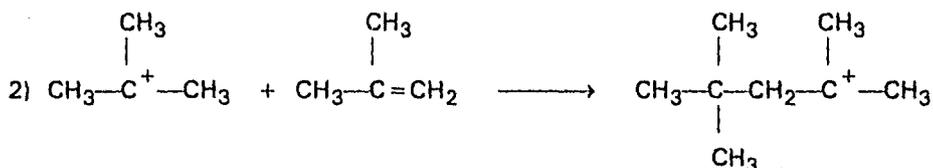
Se le llama *alquilación catalítica* a la reacción química catalizada por un ácido fuerte (H_2SO_4 , o HF para temperaturas ligeramente mayores) entre una parafina (alcano) de bajo peso molecular, generalmente isobutano, y una olefina (alqueno) de bajo peso molecular (que puede ser etileno, propileno, 1-buteno, 2-buteno y pentenos), obteniéndose como producto un iso-alcano ramificado (alquilato) de mayor peso molecular que se utiliza en las mezclas de gasolina con el fin de mejorar su índice de octano. Los alquilatos producidos presentan una gran estabilidad un alto número de octano, así como un elevado calor de combustión por unidad de peso, bajas presiones de vapor y ebulen dentro de un rango deseable de temperaturas.

La reacción de alquilación involucra la adición de un protón (H^+) a la doble ligadura de la olefina para formar un ión carbonio (que es un ácido fuerte) que posteriormente, se adhiere a otra molécula olefínica para formar un nuevo ión carbonio de mayor peso molecular el cual extrae un ión hidruro (H^-) del isobutano para convertirse en una molécula parafínica y producir un nuevo ión carbonio para continuar con la reacción, como lo muestra la siguiente secuencia:

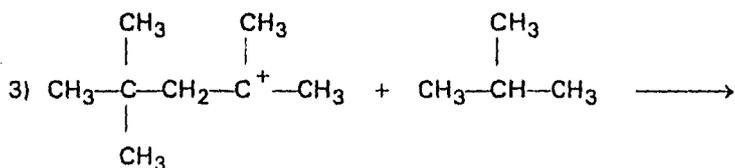
COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.



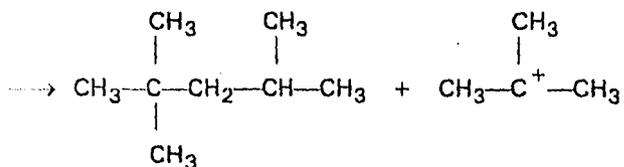
ISOBUTILENO



ISOBUTILENO



ISOBUTANO



ISOOCCTANO

La temperatura de la reacción en presencia de ácido sulfúrico es 10-15°C y un poco mayor en presencia de ácido fluorhídrico. Las condiciones de presión no tienen mayor efecto. Para lograr una mayor conversión de la olefina al alquilato y un mejor índice de octanaje en el producto, la proporción de los reactivos isobutano-olefina debe ser de 12:1.

En el caso del 2-buteno, se produce un alquilato de mayor octanaje (98.5) que el que se produce con el 1-buteno (92.5), por lo que generalmente el 1-buteno se isomeriza a 2-buteno antes de la alquilación.

C) DIMERIZACION CATALITICA.

La *dimerización catalítica* es un proceso químico similar a la alquilación pero se da entre dos moléculas del mismo alqueno. También es catalizada por ácidos fuertes como el sulfúrico o el fosfórico. La dimerización del propileno produce isohexano en tanto que la del isobutileno produce isooctano y, ambos productos presentan un índice de octanaje recomendable y aseguran que la volatilidad de las gasolinas se encuentre dentro del rango deseado.

Actualmente se utilizan más las corrientes de alimentación de propileno o mezclas propano-propileno para obtener isohexanos o mezclas propileno-buteno para obtener isopentanos, siguiendo un mecanismo de reacción similar al de la alquilación, descrito anteriormente. Ver Figura 6.2.1.C.

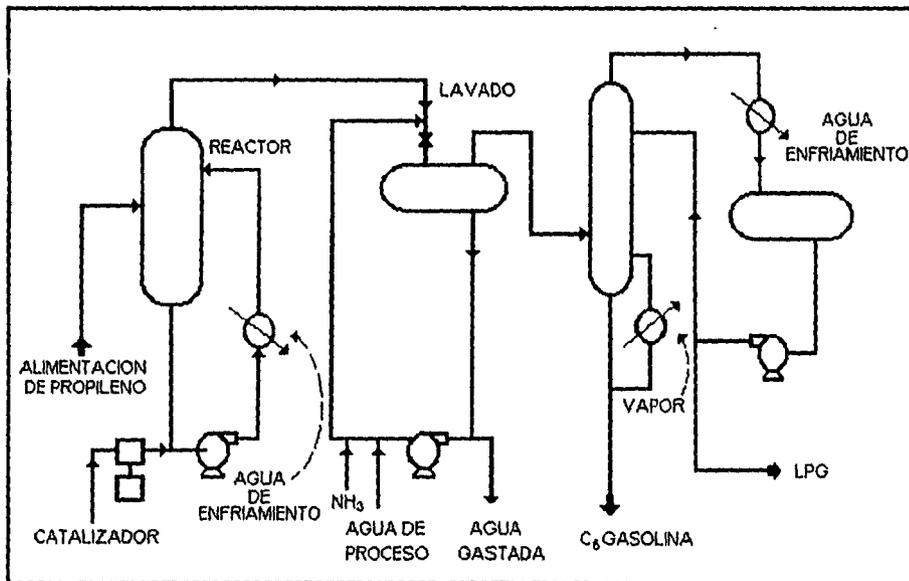


FIGURA 6.2.1.C.: Proceso DIMERSOL para la Dimerización de Propileno a Isohexanos.
FUENTE: [50]

[50] L.F. Hatch & S. Matar. 1981. *From Hydrocarbons to Petrochemicals*. USA.: Gulf Publishing Company.

D) DESINTEGRACION CATALITICA EN LECHO FLUIDIZADO (FCC).

El proceso de *desintegración catalítica en lecho fluidizado*, conocido como FCC por su siglas en inglés, apareció en el año de 1942 y desde entonces ha sido uno de los principales contribuyentes a la producción de gasolinas de alta calidad en las refinerías. Actualmente las plantas FCC están consideradas como la parte medular de las refinerías debido a su gran capacidad de convertir los gasóleos y residuos de la destilación al vacío en fracciones más ligeras como el gas LP, las gasolinas de alto número de octano (90-96), y el aceite cíclico que se puede utilizar como componente del diesel. El alto octanaje de las gasolinas que se obtienen se debe al alto contenido en parafinas ramificadas, olefinas, y aromáticos que resultan de las diversas reacciones de *desintegración térmica o pirólisis* que se llevan a cabo dentro del reactor.

En el proceso se utilizan catalizadores zeolíticos de alta estabilidad y actividad.

El octanaje de la gasolina que se obtiene en el proceso FCC depende básicamente de:

- a) **tipo de carga que se le alimenta:** las cargas aromáticas producen gasolina con número de octano de 94-98.
- b) **temperatura de reacción:** favorece el octanaje, ya que cuanto mayor es, mayor es también la producción de olefinas.
- c) **catalizador empleado:** los que promueven la transferencia de hidrógeno producen gasolinas con menor número de octano, en tanto que las zeolitas como aditivos son promotoras del número de octano al funcionar como desintegradores selectivos de las parafinas normales, que tienen bajo octanaje y, al reducirse la concentración de éstas se eleva el octanaje desde 0.5 hasta cuatro puntos.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

En el proceso, el catalizador es alimentado en forma de polvo con un tamaño de partícula de 60μ (lo cual es importante ya que permite que el catalizador funcione como un líquido dentro de la mezcla de reacción). La corriente de alimentación es previamente calentada y luego entra al reactor junto con el catalizador regenerado (caliente) a través de una o más bocas de alimentación. Los productos que se obtienen del reactor pasan a una sección de fraccionamiento para separarlas en corrientes de productos. Ver Figura 6.2.1.D.

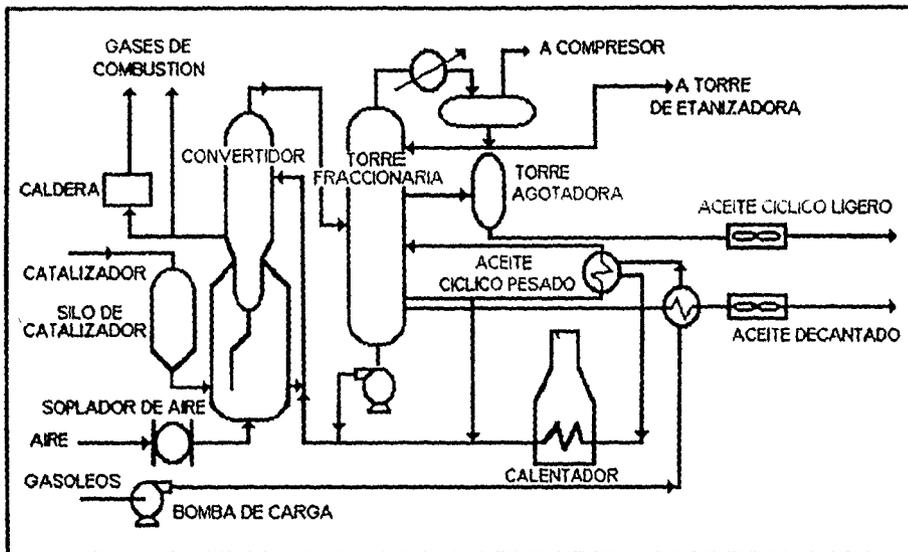


FIGURA 6.2.1.D.: Diagrama de Flujo de la Planta de Desintegración Catalítica en Lecho Fluidizado, FCC. PEMEX, Salina Cruz, Oax.

FUENTE: [51]

E) HIDRODESULFURACION CATALITICA.

La *hidrodesulfuración catalítica* es otro proceso utilizado en las refinerías con el objeto de eliminar el azufre que se encuentra formando diversos tipos de compuestos

[51] Refinería Antonio Dovalí Jaime, 1986. Instituto Mexicano del Petróleo. División Editorial, Subdirección General de Capacitación y Desarrollo Profesional. p p 14.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

en el petróleo. Así, se logra disminuir el grado de corrosión de los equipos de proceso y se incrementa la calidad de los productos que se obtienen con los procesos descritos anteriormente. De este proceso se obtienen compuestos saturados y ácido sulfhídrico (HS). Ver Figura 6.2.1.E.

Las condiciones de operación bajo las cuales se lleva a cabo el proceso de hidrodesulfuración son:

presión:	30-50 kg/cm ²
temperatura:	280-400 °C
espacio velocidad (LHSV):	12 hr ⁻¹
relación hidrógeno/hidrocarburos:	2000-5000 ft ³ /barril

Los catalizadores que se utilizan son a base de Co/Ni y Ni/Mo soportados en gamma alúmina.

El mejoramiento del combustible, de uso común en la industria nacional, representa un reto dentro del desarrollo del proceso de hidrodesulfuración para lograr disminuir los niveles de contaminación ambiental que produce.

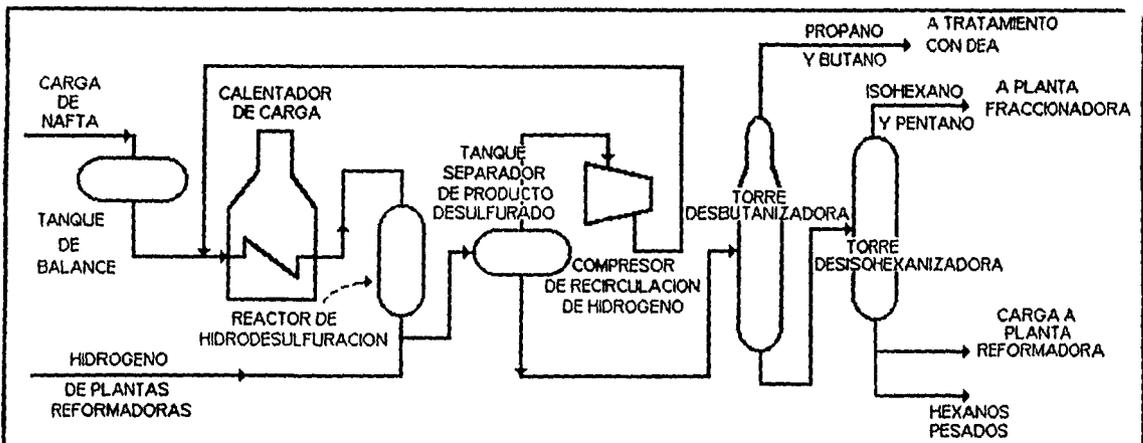


FIGURA 6.2.1.E.: Diagrama de Flujo de la Planta de Hidrodesulfuración Catalítica de Naftas. PEMEX, Salina Cruz, Oax.

FUENTE: [52]

[52] *ibid.* p.p. 16.

F) REFORMACION CATALITICA.

La *reformación catalítica* es un proceso de refinación utilizado con el fin de producir gasolinas de mayor calidad, es decir, con un número de octano más elevado, a partir de los hidrocarburos alifáticos del petróleo (alcanos o parafinas y cicloalcanos o naftenos) convirtiéndolos en hidrocarburos aromáticos por eliminación de moléculas de hidrógeno. La reactividad de los hidrocarburos alifáticos es mayor conforme mayor es el número de carbonos que contienen en su molécula.

Este proceso consiste en hacer pasar una mezcla de hidrocarburos e hidrógeno a través de una cama catalítica formulada a base de metales nobles (renio, molibdeno y platino) soportados en gamma alúmina. Los catalizadores empleados son bifuncionales, esto es, poseen una función metálica que promueve las reacciones de hidrogenación-deshidrogenación, y una función ácida (alúmina) promovida por un halógeno y que es importante para el desempeño de las reacciones de isomerización e hidrodeshidrogenación. La corriente de alimentación al reactor debe estar previamente desulfurada ya que el azufre envenena al catalizador reduciendo su actividad, lo que requeriría operar con temperaturas más elevadas. Las condiciones de operación en el reactor son:

presión:	4-30 kg/cm ²
temperatura:	470-530 °C
espacio velocidad (LHSV):	0.5-3 hr ⁻¹
relación hidrógeno/hidrocarburos:	3-15 M

y, estas condiciones de operación son más severas conforme mayor sea la relación parafinas/naftenos de la corriente de alimentación al proceso, ya que las parafinas resultan más difíciles de ciclo-dehidrogenizar que los naftenos de deshidrogenizar. La deshidrogenación de los naftenos se da a través de una reacción endotérmica que, a mayor temperatura nos da un porcentaje de conversión a aromáticos más elevado (pero también hay mayor deposición de carbón en el catalizador, requiriendo más ciclos de regeneración del mismo) y, que también es más eficiente conforme menor sea la presión.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

El proceso de reformación catalítica más moderno es el de regeneración continua, conocido como CCR (Continuos Catalytic Reforming), y consiste de tres o cuatro reactores apilados dentro de los que es posible tener un flujo de catalizador, de tal forma que se puede obtener un reformado de alta calidad bajo condiciones muy severas. El catalizador efluente del último reactor se envía a una torre regeneradora en la que se llevan a cabo las etapas de quemado de carbón y oxidación, dejando al catalizador listo para ser reincorporado al proceso. Figura 6.2.1.F.

La operación de las unidades reformadoras permite obtener cerca del 50% de las gasolinas de alto octanaje de consumo nacional. [53]

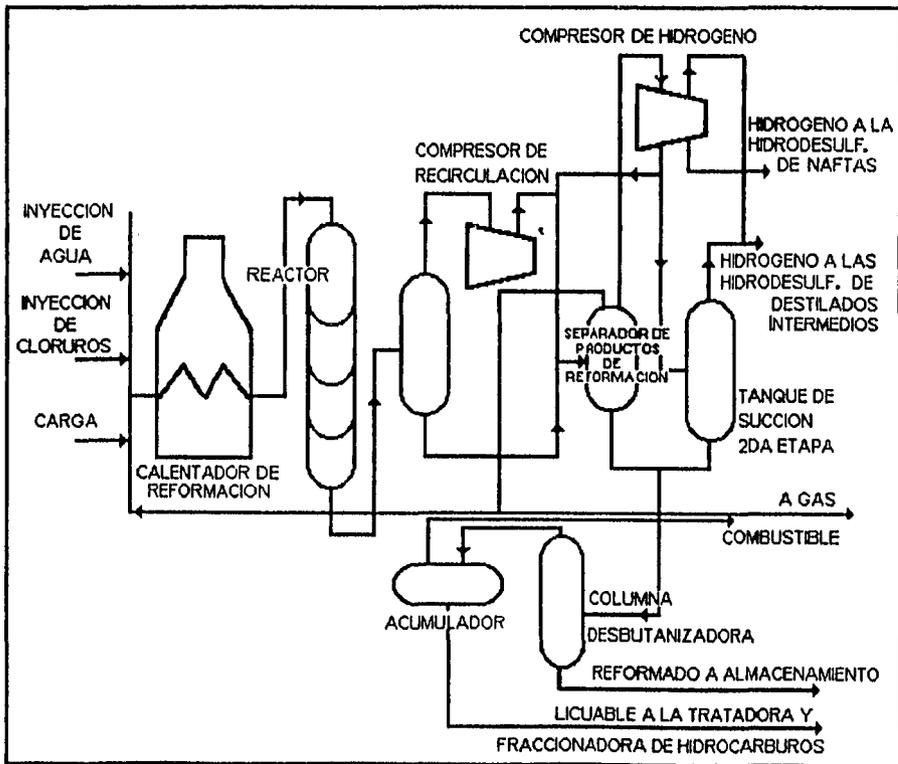


FIGURA 6.2.1.F.: Diagrama de Flujo de la Planta de Reformación Catalítica de Naftas. PEMEX, Salina Cruz, Oax.

FUENTE: [54]

[53] Comisión Petroquímica Mexicana, loc.cit.

6.2.2. DESARROLLO Y USO DE NUEVOS Y MEJORES ADITIVOS EN LOS COMBUSTIBLES.

Los aditivos son necesarios para mejorar el comportamiento de los combustibles. En el caso de los combustibles gaseosos, éstos prácticamente no requieren del uso de aditivos para mejorar su desempeño en los procesos de combustión, sin embargo, en los combustibles líquidos sí son necesarios.

Los principales aditivos que pueden contener las gasolinas son:

- a) **Aditivos antioxidantes alquil-fenólicos:** Evitan la formación de gomas y aumentar el período de almacenamiento de los combustibles.
- b) **Aditivos detergentes aminados:** Evitan la formación excesiva de depósitos en el carburador y en los inyectores, manteniendo la relación aire-combustible por un período más prolongado de tiempo y, reduciendo sustancialmente la cantidad de emisiones contaminantes.
- c) **Aditivos detergentes-dispersantes polibutenoicos o succinimídicos:** Amplían su acción de limpieza a las zonas lábiles de depositación final, como son las válvulas de admisión de combustible de los motores.

Para el diesel se pueden utilizar aditivos como:

- a) **Alquil-nitratos como mejoradores del índice de cetano:** Los altos índices de cetano ofrecen una operación más uniforme de los motores y se reducen las emisiones de partículas, monóxido de carbono e hidrocarburos debido a la mejor combustión; pero aumentan las emisiones de NO_x .
- b) **Aditivos detergentes-dispersantes a base de imidazolina o succinimidaz:** Con la finalidad de mantener limpio el sistema de combustión y particularmente los

^[54] Refinería Antonio Dovalí Jaime. loc.cit., p.p. 18.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

inyectores para mantener por más tiempo el patrón de flujo de los mismos en la cámara de combustión y lograr un menor emisión de contaminantes.

En México, PEMEX y el IMP están realizando un gran esfuerzo para que nuestro país cuente con los combustibles necesarios para cumplir con los requerimientos ecológicos internacionales que la situación actual demanda; sin embargo, la mayor de las tecnologías nuevas implican nuevas plantas de proceso con altos costos de inversión.

6.2.3. ELABORACION Y USO DE OXIGENANTES.

Son éteres y alcoholes que se pueden adicionar a cualquier gasolina y que tienen altos índices de octano y puntos de ebullición medios, dando como resultado la disminución de las emisiones contaminantes. El metil-terbutil éter (MTBE) ha demostrado ser el que presenta las mayores ventajas tanto para la industria de la refinación como para la automotriz al ofrecer una vía de uso para el gas natural.

En la Tabla 6.2.3.A. se pueden ver las características de los principales éteres y alcoholes que se utilizan como oxigenantes para los combustibles vehiculares, en tanto que en la Tabla 6.2.3.B. encontramos las ventajas y desventajas de cada uno de ellos.

TABLA 6.2.3.A.: CARACTERISTICAS DE LOS COMPUESTOS OXIGENANTES.

	PUNTO DE EBULLICION (°C)	PRESION DE VAPOR (atm)	INDICE DE OCTANO	REACTIVIDAD ATMOSFERICA	CONTENIDO DE O ₂ (%)	LIMITES DE MEZCLADO	
						% VOL.	% PESO O ₂

ETERES

MTBE	55	0.544	110	2.6	18	15	2.7
ETBE	71.67	0.272	111	8.1	16	13	2
TAME	86.11	0.068	106	7.9	16	13	2

ALCOHOLES

METANOL	64.44	>4.082	120	1.0	50	—	—
ETANOL	78.33	1.293	115	3.4	35	10	3.7

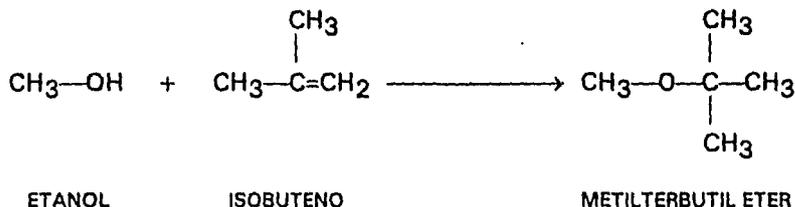
COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

TABLA 6.2.3. B.: VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LOS COMPUESTOS OXIGENANTES.

ETERES		ALCOHOLES	
VENTAJAS	DESVENTAJAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<ul style="list-style-type: none"> - El MTBE y el ETBE se pueden producir en la misma planta por sustitución del alcohol correspondiente. - Debido a su baja presión de vapor no incrementan la volatilidad de la gasolina. - No tienen efectos adversos sobre los motores ya que no son corrosivos. - Presentan excelentes características de compatibilidad en las mezclas de hidrocarburos. - Aumentan contenido de Oxígeno. - Presentan buen índice de octano. - Son compatibles con la infraestructura productiva y de distribución existente. - Baja reactividad atmosférica (comparable a la de las parafinas presentes en las gasolinas). - Son miscibles con la gasolina, por lo que no están sujetos a la separación de fases en presencia de agua. - No son polares. 	<ul style="list-style-type: none"> - Alta sensibilidad a las variaciones en los precios de las materias primas (alcoholes). - La disponibilidad del isobuteno como materia prima en el futuro podría ser un factor limitante. 	<ul style="list-style-type: none"> - Son compatibles con todos los productos de refinación. - Reducen las emisiones de hidrocarburos y CO. - Se pueden añadir hasta en un 10% sin hacer ajustes mayores a los motores. - Se pueden producir a partir de fuentes renovables y no renovables. - Baja reactividad atmosférica (comparable a la de las parafinas presentes en las gasolinas). 	<ul style="list-style-type: none"> - Incrementan las emisiones evaporativas debido a su alta presión de vapor. - Crean problemas de corrosión en los motores, tanques y partes del sistema de inyección del combustible. - Su gran volatilidad ocasiona problemas de funcionamiento (paros) en climas calientes. - Tienen bajo poder calorífico que se traduce en un pobre rendimiento del combustible. - Se requiere mayor cantidad de Energía para arrancar el motor, ocasionando problemas al arranque en frío. - Separación de fases debido a las propiedades de absorción del agua. - Incrementan las concentraciones de aldehídos en las emisiones. - Requieren inhibidores especiales debido a que son corrosivos.

6.2.3.1. METIL TERBUTIL ETER (MTBE).

El MTBE se obtiene a partir de la reacción del metanol con el isobuteno:



utilizando una resina de poliestireno sulfonada como catalizador. El isobuteno se puede obtener por:

- a) Desintegración catalítica de las corrientes de refinación C₄'s, (costo de inversión relativamente bajo y tamaño de plantas adaptable a las necesidades de octano en las refinerías).^[55] Ver Figura 6.2.3.1.
- b) Unidades de desintegración en plantas de olefinas.
- c) Deshidratación del alcohol terbutílico (altos costos de inversión).
- d) Deshidrogenación e isomerización de butano/isobutano (altos costos de inversión).

El MTBE es el oxigenante más ampliamente utilizado en Estados Unidos y Europa y, es recomendado por refinadores, ecologistas e industria automotriz ya que presenta las siguientes ventajas particulares:

- No altamente corrosivo.
- Se puede adicionar en cantidades superiores al 15% en volumen.
- Reduce emisiones de CO, N₂O e hidrocarburos sin quemar.

^[55] R.F. Beckman, D.G. Chapel, D.C. Crawford & A Rajguru. MTBE Option for a Modern Refinery. California, USA.: Fluor Daniels Inc.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- Misma densidad y presión de vapor de la gasolina pero mucho mayor octanaje.
- Se puede utilizar en lugar de los aromáticos con el fin de reducir los niveles de benceno, el cual es carcinógeno.
- Su comercialización no requiere de manejo especial, y se dispone de la infraestructura y logística necesarias para ello.
- Alta disponibilidad (actual y en el mediano plazo).
- Su presión de vapor en la mezcla es inferior a las especificaciones ambientales.
- Sin subsidios, es el oxigenante más atractivo desde el punto de vista económico.

Las ventajas del MTBE sobre los demás oxigenantes lo colocan como el principal aditivo en el corto y mediano plazos aunque el aumento de su demanda futura dependerá de la legislación, el desarrollo de otros oxigenantes y la participación de la población con vehículos a base de combustibles reformulados y/o alternos.

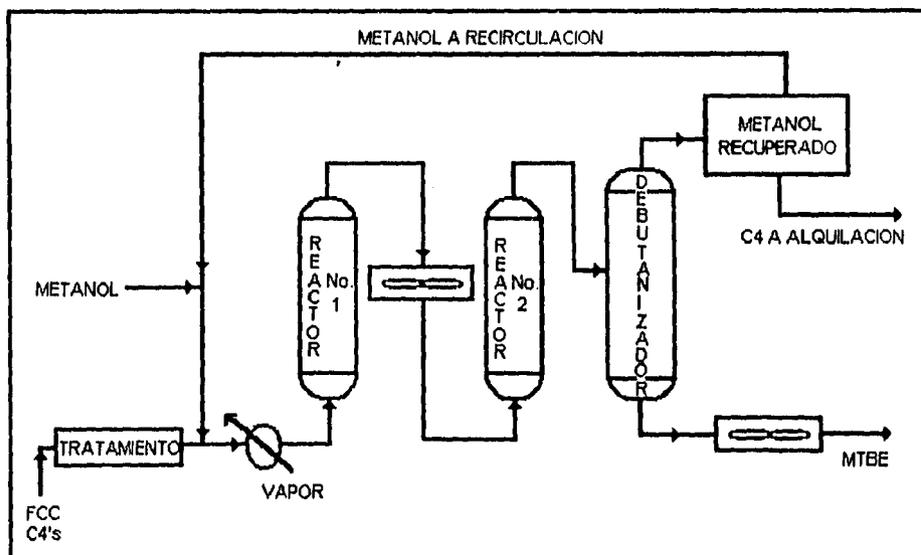


FIGURA 6.2.3.1.: Diagrama de Flujo para una unidad típica de MTBE.

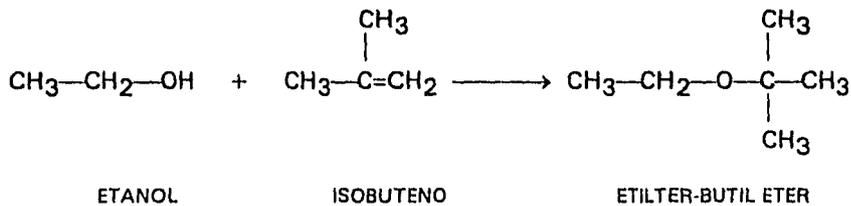
FUENTE: [56]

[56] Carlos E. Escobar Toledo. 1994. El Uso Limpio de los Hidrocarburos: Tecnologías y Costos. Facultad de Química, U.N.A.M. SIMPOSIO: México: - Los Relevos Energéticos - Ambientales -

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

6.2.3.2. ETIL TERBUTIL ETER (ETBE).

Se puede obtener en la misma planta que el MTBE por una reacción selectiva del etanol con el isobuteno:



El ETBE tiene propiedades ligeramente superiores a las del MTBE en las mezclas con gasolina y, desde el punto de vista técnico, es el único oxigenante que cumple y en algunos casos excede los nuevos requerimientos de combustibles oxigenados y reformulados:

- Disminuye la presión de vapor del combustible al que se adiciona, por lo que bajan las emisiones evaporativas y la consecuente formación de ozono.
- Mejora la combustión de los motores y reduce emisiones de CO e hidrocarburos.
- Mejora el funcionamiento de los motores.
- No es altamente corrosivo.
- Amplía el mercado de los productos agrícolas.
- Se puede obtener a partir de materias primas nacionales.
- Contribuye a reducir la dependencia del petróleo como fuente primaria de Energía.
- Compatible con todos los tipos de gasolina.

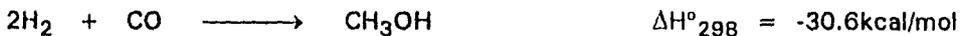
pero, sus desventajas frente al MTBE son:

- Requiere de subsidios vía etanol.
- La disminución en la presión de vapor puede afectar al arranque de los motores en frío.
- Tiende a formar depósitos e incrementar la reactividad de las emisiones.

6.2.3.3. METANOL.

El metanol o alcohol metílico se puede obtener a partir del gas natural, el carbón o la biomasa. En la actualidad todo el metanol sintético se produce por reacción catalítica endotérmica del monóxido de carbono e hidrógeno o a partir de mezclas de hidrocarburos pesados derivados del petróleo y por gasificación de carbón.

La siguiente reacción representa la obtención de metanol a partir de monóxido de carbono e hidrógeno (Syngas). Ver Figura 6.2.3.3.



METANOL

y las condiciones de operación son:

presión:	49-80 atm
temperatura:	250-260 °C
catalizador:	Cu/Zn o Cu/ZnO

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

Las ventajas que presenta el uso del metanol como agente oxigenante en las gasolinas, en la proporción adecuada (no mayor al 5% en volumen), son:

- Ayuda a reducir las emisiones de partículas a la atmósfera,
- Disminuye los niveles de azufre, hidrocarburos aromáticos y olefínicos,
- Limita las emisiones de monóxido de carbono y de los óxidos de nitrógeno,
- Cuenta con el más alto índice de octano de todos los oxigenantes.

Sin embargo, se estima que debido a que en concentraciones superiores al 5% en las mezclas con gasolina, el metanol presenta problemas técnicos, económicos y ecológicos relacionados con su sensibilidad al agua (separación de fases), incompatibilidad de materiales (corrosión), volatilidad, presión de vapor alta, altas emisiones y bajo contenido energético, su utilización como aditivo se encuentra limitada. Sin embargo, en el mediano plazo su participación puede aumentar ya que en mezclas de proporción limitada metanol/etanol e incluso metanol/MTBE y metanol/ETBE, utilizadas actualmente en las gasolinas sin plomo, se reducen los efectos anteriores.

La magnitud y velocidad de penetración del metanol en el mercado de los oxigenantes para gasolinas reformuladas dependerá de factores tales como:

- Demanda de gasolina de alto octano.
- Costo y disponibilidad de otros aditivos y cosolventes.
- Costo, disponibilidad y calidad de crudos.
- Flexibilidad y programas de inversión de los refinadores.
- Precios de la gasolina y desarrollo de nuevos aditivos.

Para motores a diesel, el metanol puede ser un combustible sustituto atractivo, porque presenta ventajas como:

- Costos de producción inferiores a los de otros combustibles sustitutos como el etanol.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- Control de niveles atmosféricos de azufre y material particulado.
- Ayuda a reducir la formación de ozono y a disminuir el efecto invernadero.
- Su alto índice de octano en motores de alta compresión compensa su bajo poder calorífico que, aunado a su buena combustión en relaciones aire/combustible pobres se traduce en alta eficiencia energética.
- Se tiene más experiencia en el diseño de vehículos a base de metanol que de otros combustibles como el gas natural.

pero cuando se utiliza puro bajo condiciones muy severas de compresión, presenta problemas de ignición y otros inconvenientes asociados con su bajo poder calorífico, punto de ebullición y vaporización, flamabilidad, lubricación y compatibilidad con materiales; por lo que requiere aditivos mejoradores de ignición, corrosión, y lubricación, etc.

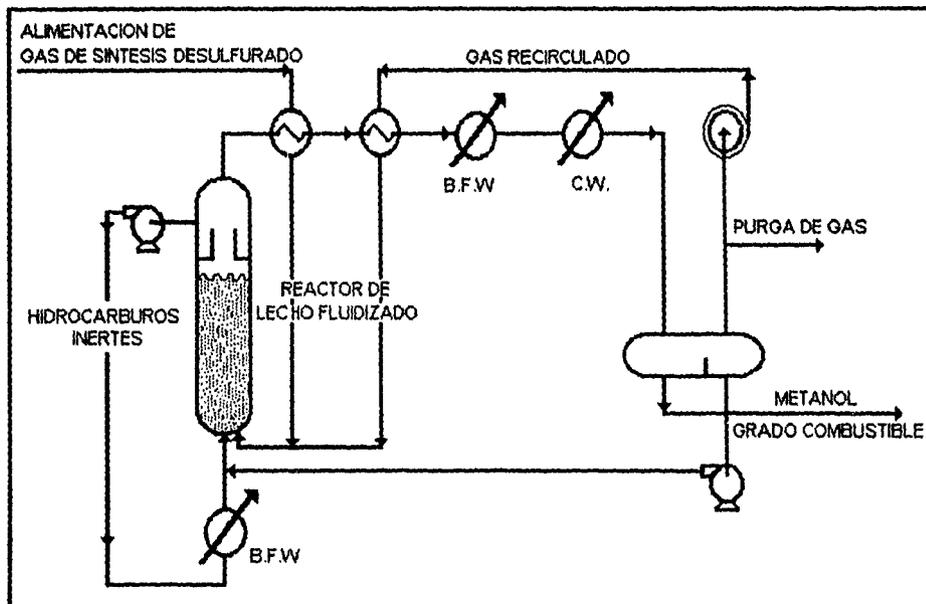


FIGURA 6.2.3.3.: Diagrama de Flujo de producción de Metanol a partir del Gas de Síntesis. CHEM SYSTEMS.

FUENTE: [57]

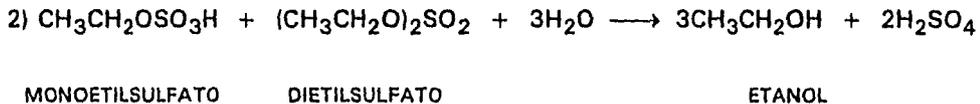
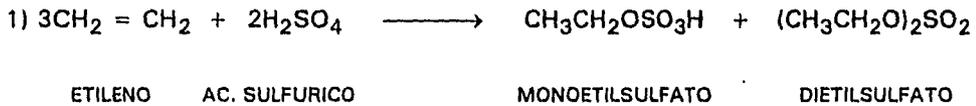
[57] L.F. Hatch & S. Matar., loc.cit. p.p. 53.

6.2.3.4. ETANOL.

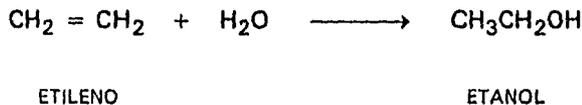
Sintéticamente, el alcohol etílico se puede obtener a través de la hidratación catalítica del etileno o por la fermentación biológica e hidrolítica de granos de maíz, sorgo y otros, melazas, desechos de alimentos, materiales celulósicos, etc; aunque en general, los costos de producción de los procesos de fermentación son más elevados.

La hidratación del etileno se puede dar por dos vías:

a) Hidratación Indirecta: Se lleva a cabo en dos pasos:



b) Hidratación Directa:



con las siguientes condiciones de operación:

presión:	22 atm
temperatura:	325 °C
catalizador:	H ₃ PO ₄ /tierra de diatomeas
conversión:	4-5%
selectividad:	95-97%

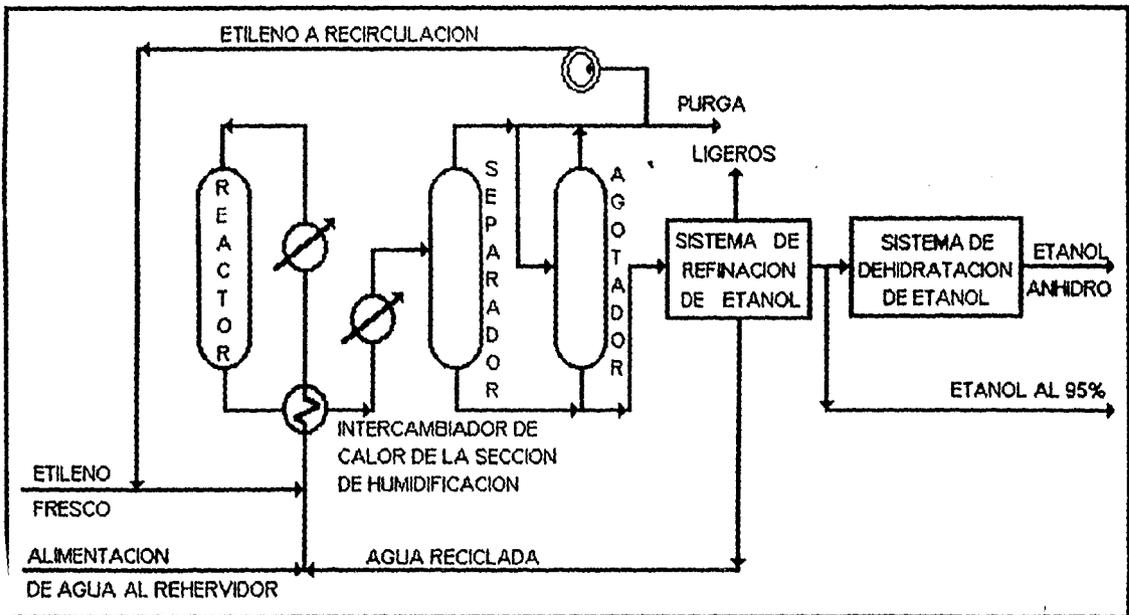


FIGURA 6.2.3.4.: Diagrama de Flujo del proceso de producción de Etanol a partir de Etileno. Unión Carbide.

FUENTE: [58]

[58] L.F. Hatch & S. Matar., *loc.cit.* p.p. 100.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

Las ventajas que presenta el etanol frente al metanol son:

- Menor corrosividad,
- Menor sensibilidad a la presencia de agua,
- Menor incremento en la presión de vapor de la mezcla con la gasolina.

pero es más utilizado como mejorador del índice de octano en las gasolinas sin plomo (concentración mínima del 10% en volumen).

El etanol al igual que el metanol presenta problemas técnicos, económicos y ecológicos que, se pueden sortear si:

- Se utilizan mezclas etanol-metanol-gasolina con éteres.
- Se usan cosolventes e inhibidores de corrosión, y
- Se implementa una política de subsidios a las mezclas etanol-gasolina que garantice el abasto y economía, y
- Se crea la infraestructura para su transporte y distribución.
- Disminuye su costo de producción.

6.3. COMBUSTIBLES ALTERNOS.

6.3.1. GAS NATURAL.

Actualmente se considera al gas natural como uno de los combustibles alternos más limpios y con mayor potencial de desarrollo dentro del Sector Transporte, ésto se debe entre otras cosas a que presenta ventajas tales como:

- Menor precio con respecto al resto de los combustibles que se utilizan actualmente para el Transporte, excepto por el propano.
- Baja toxicidad.
- Mayor grado de combustión, mejorando la relación aire/combustible en las cámaras de combustión con la subsecuente disminución de las emisiones de hidrocarburos y monóxido de carbono y de la formación de ozono, es decir, tiene baja reactividad fotoquímica.
- Presenta alto octanaje, permitiendo su uso para motores de alta relación de compresión como los de diesel.
- No presenta problemas de ignición, aún en climas fríos.
- Los vehículos actuales se pueden convertir a duales (uso de gasolina y gas natural) con relativa facilidad.
- Tiene un índice de seguridad aceptable, por lo que no requiere condiciones especiales de manejo y transporte.
- Se pueden desarrollar sistemas de abastecimiento doméstico de combustible.
- Los costos de mantenimiento de los automóviles por problemas en el sistema de ignición no se elevan.

Sin embargo y a pesar de estas ventajas, también existen razones por las cuales se ha visto limitada su mayor penetración a los mercados mundiales del transporte, tales como:

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- Carencia de la infraestructura necesaria para su almacenamiento y transporte.
- Bajo rango de maniobrabilidad.
- Bajo contenido energético (20% menos que la gasolina cuando está almacenado a presión), que aunado al peso extra de los sistemas de almacenamiento (tanques diferentes a los de gasolina en vehículos duales) se traduce en una baja eficiencia energética.
- Bajo poder energético debido a que desplaza más aire que la gasolina, reduciendo la cantidad de oxígeno disponible en las cámaras de combustión.
- Altos costos de conversión de vehículos.
- Disponibilidad (se tienen reservas mundiales para satisfacer aproximadamente 120 años de consumo al nivel actual).
- Aumentar sus precios para atraer inversiones.

Por otro lado, ya existen otras opciones tecnológicas por medio de las cuales el gas natural se puede utilizar como materia prima para la producción de combustibles líquidos para el transporte. Para ello, es necesario convertir primero el gas natural en **gas de síntesis (Syngas)** vía oxidación parcial o reformación, obteniéndose una mezcla de hidrógeno y óxidos de carbono. Posteriormente se hace la conversión a combustibles líquidos convencionales en forma directa a través de una síntesis de Fischer-Tropsch o bien, indirectamente vía metanol como producto intermedio.

Sin embargo, la conversión del gas natural a otros combustibles en un escenario como el que vivimos actualmente, en el que los precios del petróleo son bajos, puede resultar interesante solo para proyectos que impliquen beneficios económicos muy tangibles para los países en vías de desarrollo como el nuestro, y con demanda creciente de combustibles para el transporte. Estos beneficios pueden ser:

- a) Compensar la creciente demanda de combustibles líquidos utilizando gas natural en lugar de importar.
- b) Monetizar el gas natural doméstico que no tiene otra forma de valorizarse.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- c) Alcanzar la autosuficiencia energética nacional, y sustituir importaciones para mejorar la Balanza de pagos.

A) CONVERSION DEL GAS NATURAL A GAS DE SINTESIS (SYNGAS).

La producción del gas de síntesis conlleva el costo más elevado en la conversión del gas natural a combustibles líquidos, pudiendo alcanzar hasta el 60% del total de la inversión requerida. El proceso de conversión implica la desulfuración del gas natural, la generación del gas de síntesis y, la compresión de éste a un nivel necesario para procesarlo. A continuación se presenta la reacción química que representa el proceso de conversión a Syngas y en la que el metano representa al gas natural por ser su principal componente:



METANO

Existen cuatro vías para convertir el gas natural a Syngas:

1. OXIDACION PARCIAL.

Por medio de este proceso se obtiene Syngas con una relación H₂/CO dentro del rango 1.7-2.0, que es ligeramente inferior al deseable. Esta relación se puede mejorar con la inyección de vapor al proceso.

A altas temperaturas, se obtiene Syngas con muy bajo contenido de metano y dióxido de carbono residuales pero, también se requiere un mayor consumo de oxígeno. El rango de temperaturas de la reacción es 1250-1400°C.

2. REFORMACION TERMICA O CONVENCIONAL.

Este proceso se lleva a cabo utilizando un catalizador a base de níquel con el que se obtiene una relación H_2/CO superior a 2, consumiendo menor cantidad de oxígeno que en la oxidación parcial pero más que la ideal. Aquí, es necesaria la inyección de vapor para evitar la formación de carbón, que si reacciona con el agua forma nuevamente dióxido de carbono e hidrógeno. La temperatura de reacción es de $950^{\circ}C$.

3. REFORMACION TUBULAR DE VAPOR.

También aquí se utiliza un catalizador de níquel, obteniéndose Syngas en una relación H_2/CO superior a 3, aún con la recuperación y el reciclaje del CO_2 que se obtiene como subproducto. Con la combustión del metano con el aire en el horno del reformador de vapor se logra que los subproductos no deseados funcionen como combustible adicional para que se lleve a cabo la reacción, que es muy endotérmica, liberando oxígeno para su consumo en la propia reacción. El proceso opera a $900^{\circ}C$.

4. REFORMACION PASIVA CON AZUFRE. (PROCESO TOPSOE's SPARG).

Se utiliza inyección de ácido sulfhídrico (H_2S) en una concentración de partes por millón (ppm) con el fin de bloquear parcialmente los poros del catalizador de níquel de la reformación tubular de vapor, permitiendo que se utilice menor cantidad del vapor que se inyecta para inhibir la formación de carbón en la reformación convencional. La relación H_2/CO es inferior que la que se obtienen en la reformación convencional.

Sin embargo, con ninguno de estos cuatro procesos se obtiene la relación ideal de H_2/CO para la utilización del Fischer-Tropsch o la conversión vía metanol.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

La combinación de los procesos (1) o (2) con el proceso (3) nos permite obtener la relación estequiométricamente correcta de $H_2/CO/CO_2$ para ser utilizada en el proceso vía metanol, aún cuando la relación H_2/CO sigue siendo superior a 2. La combinación de los diferentes procesos también permite optimizar *la eficiencia energética* y de formación de carbón; además, se requiere menor cantidad de oxígeno que en los procesos (1) y (2) y se mantiene la ventaja del proceso (3) para consumir los subproductos no deseados como combustible.

La combinación de procesos también sirve para utilizar el Syngas que se obtiene en la síntesis Fischer-Tropsch, pero hay que reducir la concentración de hidrógeno por remoción y concentrar el monóxido de carbono a través de un proceso de separación con membranas o bien, haciéndolo recircular para forzar que la relación H_2/CO sea de 2.

B) SINTESIS DE FISCHER-TROPSCH.

Se conoce como *Síntesis de Fischer-Tropsch* al proceso de *hidrogenación catalítica del monóxido de carbono*. Esta hidrogenación se da a través de una reacción endotérmica en presencia de catalizadores metálicos a base de hierro, cobalto o rutenio produce alcanos y alquenos de estructura predominantemente lineal, así como alcoholes, aldehídos, cetonas, ácidos y ésteres como subproductos. La distribución de éstos depende de las condiciones de temperatura, tiempo de residencia y de la relación H_2/CO a las que se opere y, si el proceso se lleva a cabo a temperaturas muy elevadas, también se obtienen pequeñas cantidades de hidrocarburos aromáticos. Las condiciones de presión no surten ningún efecto sobre la distribución de los productos, pero si afecta al grado de conversión del Syngas. Figura 6.3.1.B.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

1. FISCHER-TROPSCH A BAJAS TEMPERATURAS.

La temperatura de operación está dentro del rango de 180-210°C y se utilizan los catalizadores de cobalto o de rutenio. Los resultados que se obtienen son:

- Se favorece la formación de alcanos o parafinas.
- Se minimiza la formación de LPG (C₃-C₄).
- El hidrotratamiento y la isomerización se pueden utilizar para producir diesel y turbosina.
- Puede haber cantidades considerables de alquenos u olefinas cuya oligomerización produce gasolinas.
- La reformación de las naftas (C₅-C₁₁) que se obtienen produce gasolinas de alta calidad.
- Se producen considerables cantidades de hidrocarburos pesados o ceras (C₂₁ en adelante).

2. FISCHER-TROPSCH A ALTAS TEMPERATURAS.

La temperatura de operación está dentro del rango de 220-350°C y se utilizan los catalizadores de hierro. Los resultados que se obtienen son:

- Se favorecen la formación de alfa-olefinas ligeras y reacciones secundarias de desintegración y aromatización.
- Hay mayor producción de naftas (C₅-C₁₁) y destilados intermedios (C₁₂-C₂₀) que en el proceso a bajas temperaturas.
- Se genera mayor cantidad de C₃-C₄ (LPG).

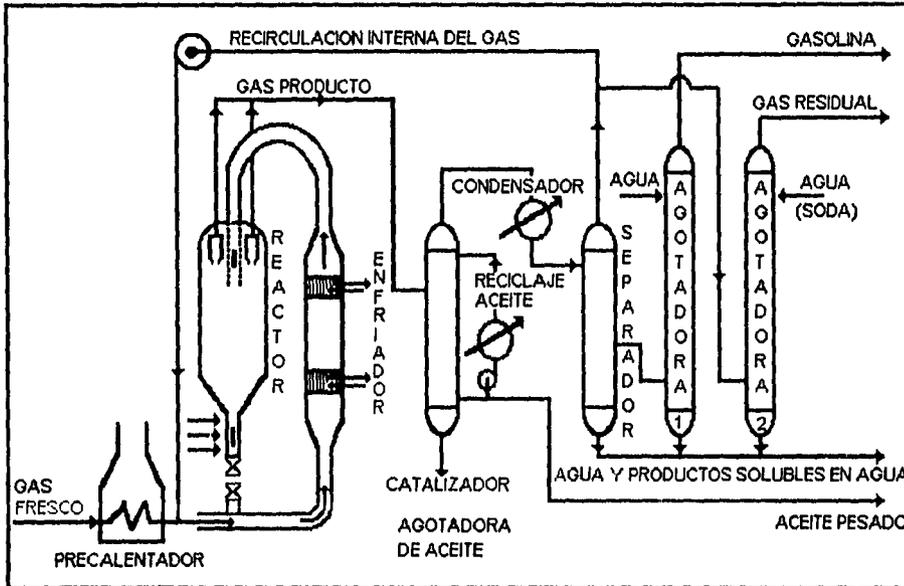


FIGURA 6.3.1.B.: Diagrama de Flujo del Proceso Synthol, de SASOL para la producción de Gasolinas por Fischer-Tropsch.

FUENTE: [59]

C) CONVERSION VIA METANOL.

La reacción de producción del metanol a partir del Gas de Síntesis y las condiciones de operación son las mismas que se presentaron en la sección 6.2.3.3., por lo que aquí ya no se repetirán. Lo único que resta por decir es, que a partir del metanol que se obtiene del Syngas, se pueden producir olefinas, gasolina, diesel y gas LPG como combustibles.

[59] Fischer - Tropsch Synthesis. 1985. McKETTA Encyclopedia of Chemical Processing and Design. New York, USA.: Marcel Decker Inc. Vol. 22. p.p. 99.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

6.3.2. PROPANO (LPG).

A la fecha, ya se utiliza el gas propano como combustible para motores de combustión interna debido a que:

- Su combustión es más eficiente que la de la gasolina y el diesel por ser más completa. Esta característica lo ubica como un combustible con gran potencial para lograr la reducción de la formación de ozono en la atmósfera.
- Tiene menor precio que el de la gasolina y el diesel.
- Presenta mayor índice de octanaje respecto a la gasolina, lo que le permite tener un buen potencial para un alto rango de compresión, haciendo que los motores sean más eficientes.
- Su ignición dentro de la cámara de combustión se da con suavidad, facilitando el arranque aún en climas fríos.
- Es fácil convertir los vehículos actuales a combustible dual (uso de gasolina o gas propano).
- Presenta baja toxicidad.
- Ya se tiene infraestructura y experiencia en el desarrollo de vehículos a base de LPG.

Sin embargo, el desarrollo de la industria del propano como combustible alternativo para el transporte no ha sido el deseado debido a que, como todos, el LPG también tiene desventajas:

- Su bajo contenido energético obliga a un mayor consumo de combustible en relación con la gasolina.
- Tiene alta presión de vapor, por lo que se debe almacenar a presiones moderadas para poderlo mantener en estado líquido.
- Es un combustible con alto riesgo debido a que, por ser más denso que el aire, se puede acumular en áreas con poca ventilación.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- No es atractivo para ser utilizado en motores diesel sin modificar a causa de su bajo índice de cetano.
- La infraestructura existente actualmente para su manejo y almacenamiento no es suficiente.
- Eleva el costo de mantenimiento de los vehículos.

y es por estas razones que el desarrollo del LPG como combustible alternativo para el transporte dependerá de:

- Innovaciones tecnológicas en los motores de gasolina para hacerlos duales.
- Desarrollo de nuevos sistemas de control del combustible que le permitan competir en riesgo y economía con los demás combustibles alternos para el transporte.
- Disponibilidad del gas propano.
- Implantación de programas técnicos para la demostración, educación y ampliación de mercados para que este combustible sea aceptado por los consumidores.

6.3.3. HIDROGENO.

El *hidrógeno* se puede producir a partir de la electrólisis del agua, o a partir de un proceso de reformación de gas natural.

Debido a las ventajas que presenta sobre la gasolina, el uso del hidrógeno como combustible alternativo para el transporte puede ser otra de las opciones que ayude a solucionar el problema de la contaminación. Estas ventajas son:

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- Mayor eficiencia.
- Se puede mejorar la mezcla con aire, logrando una buena combustión incluso en relaciones pobres de aire/combustible.
- Combustión más limpia; no genera emisiones de CO₂ y disminuye las de SO_x, NO_x.

aunque, también presenta desventajas tales como:

- Temperatura de ignición mucho más baja que la de la gasolina, generando problemas de preignición y pequeñas explosiones en la cámara de combustión.
- Bajo contenido energético
- Eleva los costos de mantenimiento.
- Disminuye la vida útil del motor.

El problema del bajo contenido energético del hidrógeno se puede solucionar de dos formas diferentes:

1. Diseñar y construir tanques de almacenamiento de hidrógeno líquido (a altas presiones) y los sistemas de control de temperatura en el tanque y líneas, así como el establecimiento de seguros y técnicas de reabastecimiento.
2. Almacenamiento a bajas presiones en cilindros de materiales especiales. Estos sistemas tendrían el inconveniente de resultar muy voluminosos y pesados y, para un kilometraje muy reducido.

6.4. MODIFICACIONES REQUERIDAS EN LOS VEHICULOS PARA PODER OPERAR CON COMBUSTIBLES ALTERNOS.

6.4.1. MOTORES A ALCOHOL.

Las modificaciones requeridas por los motores a gasolina o diesel para convertirlos en motores a alcohol son:

1. Elevar la relación de compresión (motores diesel) para aprovechar los altos índices de octano, mejorando la eficiencia del combustible y del tanque.
2. Rediseñar los cilindros y tiempos de ignición para aprovechar su rápida combustión (mayor potencia por unidad de energía).
3. Incrementar el volumen del tanque de almacenamiento del combustible debido a la baja densidad energética de los alcoholes.
4. Incrementar el uso de aceites lubricantes compatibles y el uso de inhibidores de corrosión para evitar el desgaste del motor que se puede dar a causa de las pobres características de lubricación de los alcoholes.
5. Recubrir o sustituir tanques y componentes plásticos que entren en contacto directo con el combustible utilizando materiales anticorrosivos (cerámicos y aleaciones metálicas).
6. Para ayudar a resolver los problemas del arranque en frío se podría tomar alguna de las siguientes alternativas:
 - Suministrar pequeñas cantidades de gasolina o propano al tanque extra para ser utilizado únicamente durante el arranque.
 - Calentar en forma automática el combustible para incrementar su volatilidad.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- Mezclar pequeñas cantidades de aditivos especiales con mayor contenido de hidrocarburos.
- Disociar el alcohol y utilizar el hidrógeno resultante durante la fase de arranque.
- Reemplazar el carburador con sistemas de recuperación de vapores en los vehículos (y estaciones de servicio) para resolver el problema de las emisiones evaporativas durante el arranque, especialmente si se utilizan mezclas de alcohol-gasolina.

Pero estas modificaciones se traducen en altos costos y reducción de la vida útil de los vehículos, por ello se requiere de vehículos con flexibilidad para utilizar mezclas de alcohol-gasolina.

Otra opción sería utilizar los alcoholes en estado puro, particularmente para motores diesel, lo que requeriría:

- Suministro de Energía Eléctrica para la ignición (causa problemas de mantenimiento asociados con fallas de las bujías al no resistir las condiciones agresivas de la presión del motor).
- Inyección directa del combustible (incrementa el costo).
- Uso de aditivos químicos especiales, que contengan compuestos de azufre, fósforo y metales para mejorar la ignición y lubricación e inhibir la corrosión.

Aunque esta sería la mejor opción, se requeriría cambiar:

- el tanque de combustible por un más grande,
- los filtros de combustible,
- la bomba e inyectores de combustible (de alta presión para Metanol y de baja para el Etanol),
- las líneas de inyección del combustible.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

6.4.2. MOTORES A GAS.

Las modificaciones requeridas por los motores a gasolina o diesel para convertirlos en motores a gas puro son:

1. Para contrarrestar su bajo poder energético se requiere:
 - Incorporar turbo cargadores.
 - Incrementar la relación de compresión.
 - Ajustar el tiempo de ignición.
 - Cambios menores en diseño, como son la adición de válvulas de seguridad, líneas de inyección de combustible de características especiales. etc.

2. Para contrarrestar su bajo contenido energético sería necesario diseñar, adaptar y ajustar dos sistemas de almacenamiento de combustible, uno para Gas Natural y otro para gasolina. Sin embargo, los vehículos de combustible dual presentan baja eficiencia del combustible debido al sobrepeso del sistema de almacenamiento.

6.5. CONVERTIDORES CATALITICOS.

En la última década, la ingeniería automotriz ha logrado importantes desarrollos para la protección del medio ambiente. Sin embargo, se ha encontrado que aún utilizando combustibles alternativos, las emisiones de CO y NO_x en vehículos convertidos, requieren de mayor control a través de la introducción de alta compresión, baja relación gas/aire de los motores de baja combustión o mediante la instalación de mofles catalíticos.

El *convertidor catalítico* es un dispositivo metálico compuesto por un monolito cerámico de metales como el paladio, el platino o el rhodio, y que posee un microporo

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

por el que circulan los gases de combustión del vehículo después del múltiple de salida en el motor. Este dispositivo convierte gran parte de los gases de salida (CO) en CO₂, O₂ y H₂O y, adicionalmente reduce la emisión de hidrocarburos sin quemar.

Los mofles catalíticos solo pueden ser utilizados en vehículos a gasolina sin plomo o combustibles alternos, ya que los combustibles plomados obstruyen los microporos del monolito cerámico, impidiendo la adecuada conversión de los gases e incrementando las emisiones contaminantes.

Los catalizadores más utilizados son los llamados **de tres vías**, que remueven en forma simultánea el CO₂, los hidrocarburos no quemados (HC's) y los NO_x. Un catalizador característico contiene aproximadamente la siguiente composición:

Oxido de Aluminio (Al ₂ O ₃):	14%
Oxido de Níquel (NiO):	16%
Oxido de Cerio (CeO ₂):	0.7%
Platino (Pt):	0.15%
Rhodio (Rh):	0.015%

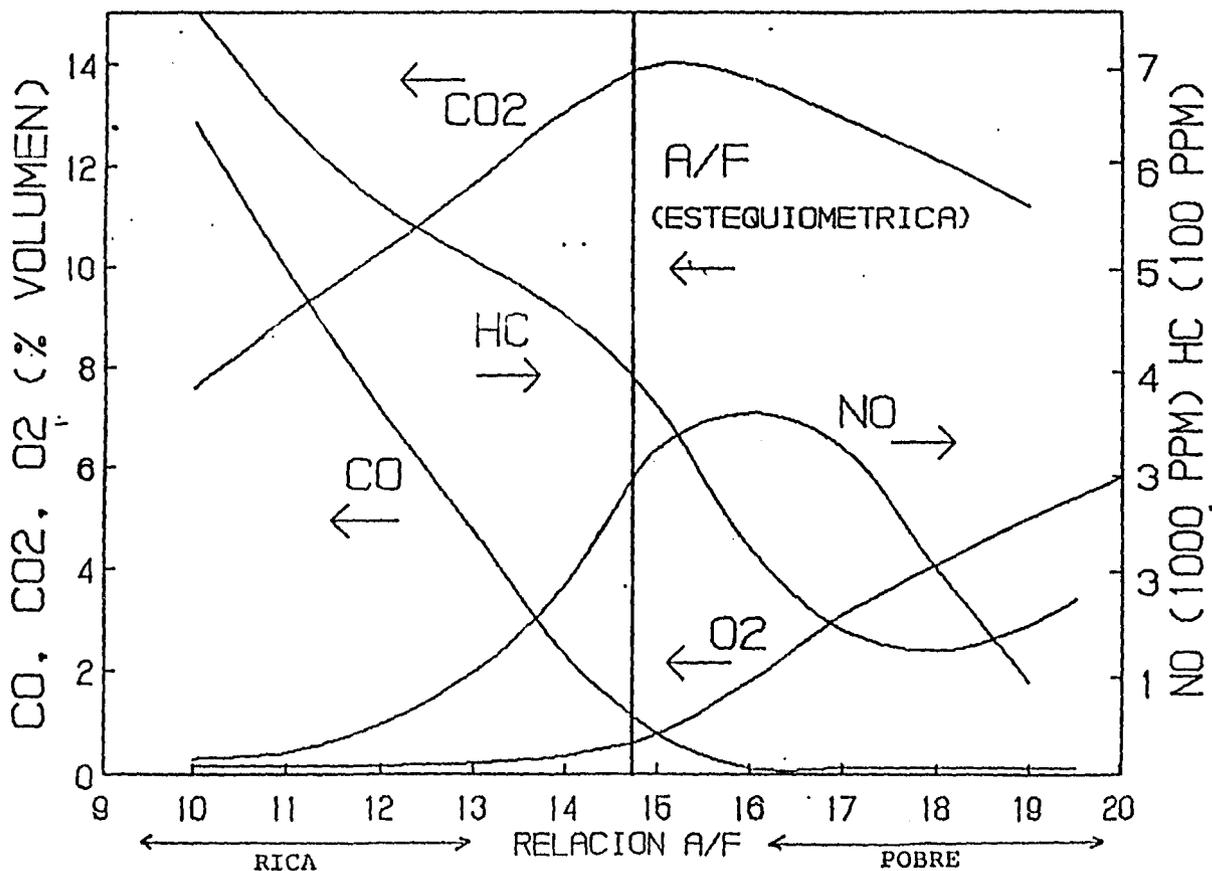
Las principales desventajas de los convertidores catalíticos son: ^[60]

- Es necesario mantener una relación aire/combustible dentro del intervalo cerrado 14.5-14.6 (Gráfica 6.5.1.), que resulta un margen de operación sumamente estrecho
- Con esta relación aire/combustible se logra tan solo un 80% de eliminación de los tres contaminantes antes mencionados (Gráfica 6.5.2.), por lo que se requieren sistemas de control electrónico que no permitan variaciones superiores al 1% en dicha relación.

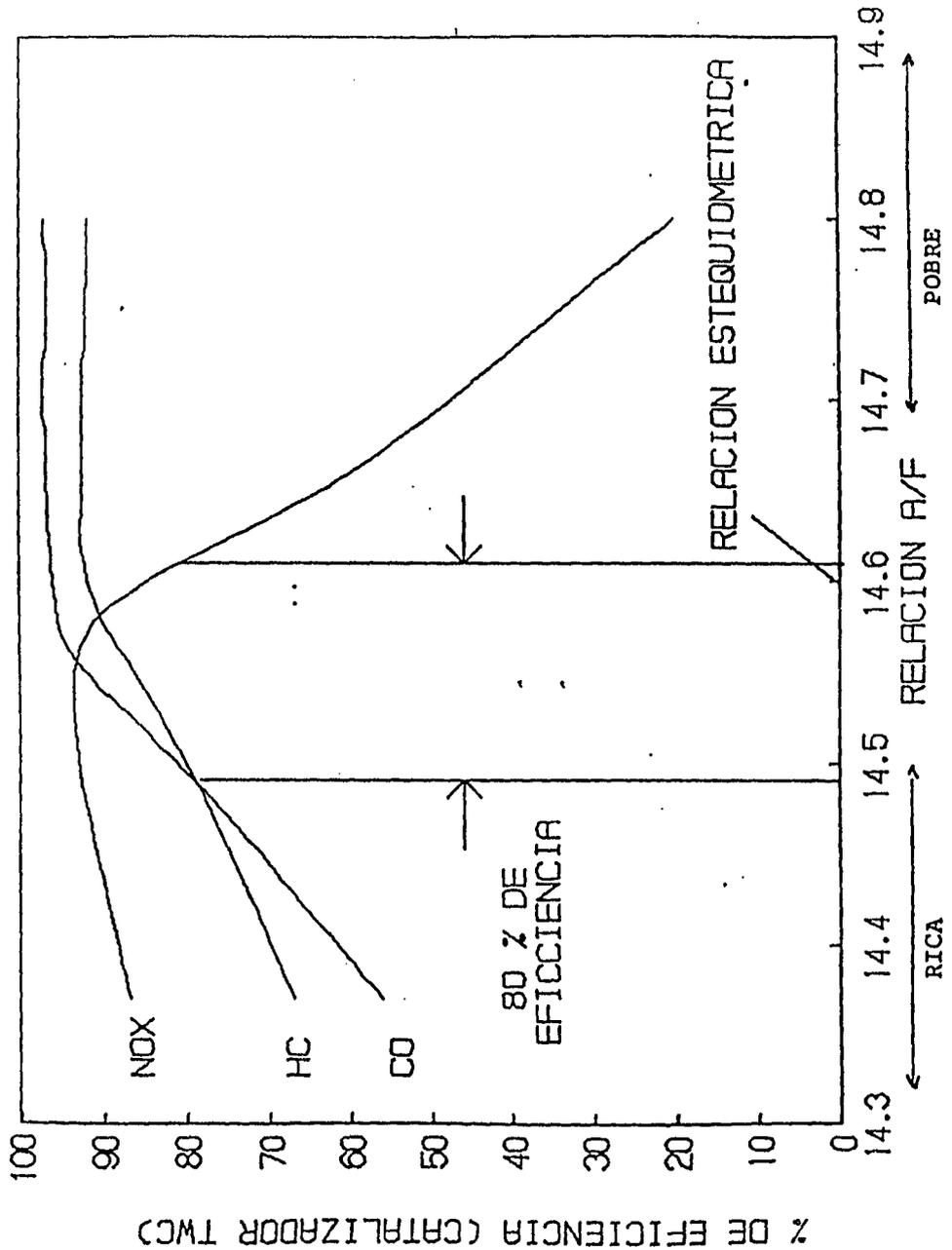
^[60] J.T. Kummer. 1990. Catalyst for Automobile Emission Control. Energy Combustion Science. Vol. 6. p.p. 177 - 190.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

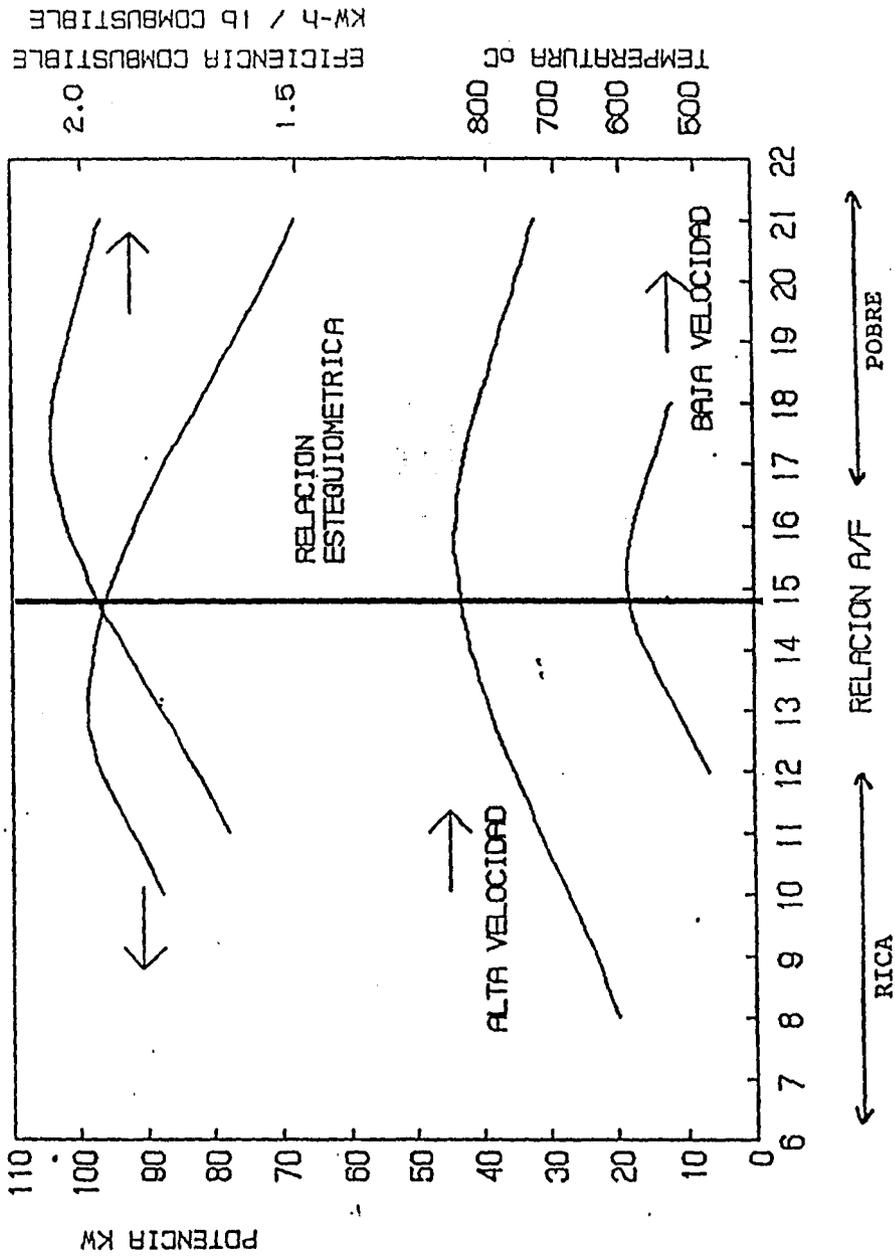
- La eficiencia de los convertidores catalíticos es baja en condiciones frías, por lo que se debe alcanzar una temperatura mínima de 250°C y además, bajo condiciones estequiométricas no se obtiene la máxima potencia ni la mayor eficiencia del combustible (Gráfica 6.5.3.).
- El uso de convertidores catalíticos requiere de un incremento de entre el 7 y 12% en el consumo de combustibles.



GRAFICA 6.5.1.: Concentración de las emisiones de CO, NO y HC's (en hexano) como función de la relación aire/combustible.



GRAFICA 6.5.2.: Conversión de las emisiones de CO, NO y HC's con un catalizador de tres vías como función de la relación aire/combustible.



GRAFICA 6.5.3.: Consumo de combustible, potencia y temperatura como función de la relación aire/combustible.

6.6. EL GAS NATURAL COMO COMBUSTIBLE ALTERNO AL TRANSPORTE EN MEXICO: VENTAJAS.

En México, debemos aprovechar nuestros recursos de gas natural, que en 1993 ascendían a los 2.0×10^{12} m³, situándonos en el décimo quinto lugar a nivel mundial y que con las inversiones necesarias, nos permitirán resolver nuestras necesidades nacionales de demanda e inclusive, podrían convertirnos en exportadores de éste hidrocarburo. En el campo de los combustibles para el transporte, el gas natural se puede perfilar como el sustituto ideal de las gasolinas en nuestro país ya que:

- Al utilizar el gas natural como combustible podemos eliminar virtualmente las emisiones de dióxido de azufre (SO₂), el principal contaminante responsable de la lluvia ácida.
- El gas natural emite 30% menos gases que contribuyen al efecto invernadero que la combustión del petróleo y sus derivados (que son los combustibles que utilizamos actualmente en el transporte), y 45% menos que el carbón y, contribuye apenas con el 2 o 3% del total del metano emitido a la atmósfera. Se ha identificado al metano, componente primario del gas natural, como un contribuyente secundario a los cambios climáticos; sin embargo y debido a las bajas emisiones de metano a la atmósfera, se considera que su impacto sobre el ambiente no es significativo.
- El gas natural produce cantidades significativamente inferiores de NO_x (principales promotores de la formación del ozono, del que padecemos principalmente en las grandes metrópolis del país) con respecto al carbón y al petróleo.
- Como combustible para el transporte, los vehículos de gas natural ofrecen una opción económicamente viable. Estos vehículos producen emisiones de óxidos de nitrógeno muy por debajo de las de los vehículos a base de gasolina.

COMBUSTIBLES ALTERNOS PARA EL TRANSPORTE.

- Los vehículos automotores a base de gas natural ya sea en forma comprimida o bien licuada son más económicos, más seguros y más eficientes energéticamente hablando como solución a la contaminación.
- Los vehículos a base de gasolina y diesel se pueden convertir fácilmente a vehículos de gas natural, los cuales resultan muy seguros por su estructura integrada y por las propiedades del combustible.
- Las emisiones tóxicas de los vehículos a base de gas natural son prácticamente nulas y no tienen emisiones por evaporación ya que el sistema de combustible está sellado.
- El costo del gas natural como combustible para el transporte es inferior al de las gasolinas convencionales. Además, debido a las condiciones de la combustión, los vehículos de gas requieren menos mantenimiento, por lo que son menos costosos en su operación.

CAPITULO 7.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

7.1. INTRODUCCION.

En los tiempos modernos, el uso de las diversas formas y fuentes de Energía ha elevado el nivel de productividad hasta tal punto que naciones enteras viven de manera confortable y su educación se compara con aquella a la que en siglos pasados, solo tenían acceso los miembros de las sociedades aristocráticas.

Sin embargo y no obstante los esfuerzos realizados y los éxitos obtenidos en el descubrimiento de nuevas fuentes de Energía aprovechables, la humanidad se ha empeñado en utilizar preferentemente las fuentes no renovables, dejando un enorme potencial de uso en las renovables.

A partir del año de 1978, fueron dos los sucesos que mayor impacto tuvieron sobre el panorama energético mundial: primero, la decisión de la OPEP en 1979 de elevar el precio del crudo en un 300% y, en consecuencia y como segundo suceso importante, la reacción de los países importadores, haciendo grandes esfuerzos por conservar la Energía y utilizarla de manera más eficiente. El éxito de estos esfuerzos se vió reflejado en la disminución significativa de su demanda de hidrocarburos, aunque esto tuvo que ver también con el abatimiento de las actividades industrial y económica. Además, desde entonces e inclusive, desde algunos años antes, muchos países han emprendido programas de sustitución de las plantas de generación de Energía a partir de la combustión de los hidrocarburos por otras en las que se utilizan principalmente Carbón y Energía Nuclear.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

En 1982, la demanda mundial de petróleo se restringió a tal grado que los precios internacionales comenzaron a caer y junto con las reducciones de suministro por parte de los países del Medio Oriente, fue el principal incentivo para que los países importadores redujeran su dependencia del mencionado energético.

Como se ha visto ya, en México el Consumo de Energía creció con una Tasa media anual de casi 1% de 1982 a 1993; sin embargo, en los años precedentes a este período y desde 1970, dicho consumo creció con una Tasa del 4.9% ^[61] anual motivado por factores tales como el crecimiento industrial, el crecimiento demográfico, y la disponibilidad de energéticos a precios bajos. También, desde 1970 la industria mexicana ha producido bienes con una alta intensidad energética que radica en el uso in eficiente de los combustibles y la electricidad, y en la aplicación de tecnologías con alto consumo de energía.

No obstante el avance logrado por nuestro país en materia energética al aprovechar (aunque no de manera totalmente eficiente) sus recursos naturales y gran parte de su potencial hidroeléctrico, la problemática energética a la que nos enfrentamos es aún muy delicada debido a factores tales como que:

1. El 90% de las necesidades energéticas actuales a nivel comercial son satisfechas todavía con hidrocarburos y, apenas el 10% restante utiliza carbón vegetal y leña, los que por no estar debidamente planificados en su producción y consumo, corren el riesgo de agotarse y por lo tanto, que en un futuro cercano tengan que importarse.
2. En la actualidad, todavía tenemos requerimientos energéticos no cubiertos en Sectores tales como el Rural y el Agrónomo, que se ven reflejados en un estatismo evidente y una disminución sin freno del nivel de vida de la población.

Por estas y otras razones, resulta de vital importancia la aceleración del **pluralismo energético** a través de acciones como:

^[61] Crecimiento Promedio Anual del 4% en la Demanda Primaria de Energía. Chevron. 18 de Enero de 1994. Análisis EL FINANCIERO. p.p. 28A.

1. Incorporación de fuentes no comerciales en el proceso energético nacional,
2. Iniciar las acciones dirigidas a desarrollar las tecnologías adecuadas para el aprovechamiento de dichas fuentes junto con estrategias de selección y aplicación masiva de las mejores alternativas,
3. Propiciar la aceptación a nivel social de las nuevas fuentes de energía y convertir este proceso en herramienta principal del desarrollo industrial y socioeconómico de México.

Sin embargo, "la potencialidad de una fuente energética dada no depende exclusivamente de su abundancia y disponibilidad, sino también de su capacidad real para satisfacer la demanda en el mercado, por lo que se hace necesario el análisis de las fuentes de energía de acuerdo al uso final para el que se piensan destinar, haciendo las adecuadas consideraciones técnicas, económicas, sociales, legislativas y financieras".

7.1.1. GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO⁰.

Los combustibles utilizados en México para la generación de Energía Eléctrica son en orden de importancia: combustóleo que participó con el 71.33% y 67.43% para los años 1982 y 1993 respectivamente; gas natural con 20.72% y 15.54%; carbón con 2.10% y 10.47%; diesel 5.85% y 1.19% y, uranio con 0.00% y 5.38%. La Tasa Media de Crecimiento Anual (Tmca) en el consumo de combustibles para la generación de Energía Eléctrica del periodo fue de 5.11%.

La capacidad instalada para la generación de Energía Eléctrica en el país creció en forma gradual y constante de 18,390 Petacalorías/año en 1982 a 29,204 Petacalorías/año en 1993; con una Tmca de 4.29% para todo el periodo.

⁰ VER LAMINAS A.7. y A.8. ANEXO A.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

En cuanto al tipo de plantas generadoras de electricidad, en 1982 las termoeléctricas representaban el 61.64% y el 60.67% en 1993, seguidas por las hidroeléctricas con 35.62% y 27.98% en 1982 y 1993 respectivamente; el resto, son plantas carboeléctricas, geotermoeléctricas y nucleoeeléctricas, aunque éstas últimas (las nucleoeeléctricas), tenían una participación individual del 0.00% en 1982 y del 2.31% para 1993.

Por lo que se refiere a la capacidad instalada para la autogeneración de electricidad se refiere, en 1993 era de 2,808.97 MW fuera de las plantas de la CFE (Comisión Federal de Electricidad), participando en forma mayoritaria la plantas de PEMEX con el 52.35%, seguidas por la industria azucarera con el 13.57%, la industria siderúrgica con el 10.50%, celulosa y papel con el 8.09% y química con el 4.04%; el porcentaje restante lo conforman las industrias minera, cervecera, de fertilizantes y otras. Sin embargo y a pesar de la capacidad instalada con que cuenta la industria privada para la autogeneración de electricidad, en 1993 produjo apenas 8.147 Petacalorías.

En el subsector eléctrico, la Comisión Federal de Electricidad mediante la creciente participación de capitales privados y una profunda reestructuración operacional y financiera, durante la pasada administración logró incrementar en 35% su capacidad instalada de generación de electricidad con una inversión aproximada de 9,136 millones de dólares, y además, logró una reducción importante en el uso de hidrocarburos como combustibles para producir electricidad aumentando la participación de otros métodos generadores como el sistema dual y la Energía Nuclear. Entre los principales planes de desarrollo de la CFE para la próxima década está la sustitución de combustibles contaminantes como el diesel y el combustóleo, por otros más limpios como el gas natural. También, la CFE tiene programadas inversiones del orden de los 9,000 millones de dólares para los próximos seis años con el fin de lograr una producción de 7,980MW en diversos proyectos esparcidos en las áreas de vocación generadora del país, tanto en fuentes eotérmicas como hidroeléctricas y térmicas.^[62]

^[62] Se requerirán más de US27,000 millones para generar Energía Eléctrica. 24 de Diciembre de 1993. EL ECONOMISTA. p.p. 34.

[63] Se espera que dichos proyectos se lleven a cabo bajo la modalidad del productor independiente.

La CFE también promueve el ahorro de la electricidad y fomenta el uso racional de la Energía a través del PAESE (Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico) y del FIDE (Fideicomiso de Apoyo al Programa de Ahorro de Energía del Sector Eléctrico).

Se estima que México deberá duplicar su capacidad de generación de electricidad en los próximos 12 años, lo que requerirá una inversión aproximada de 18,000 millones de dólares que provendrán principalmente del sector privado. [64] Por lo que se refiere a la nucleoelectricidad, México tendrá la oportunidad de producir por vez primera su propio combustible nuclear gracias a la contribución del Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ), que puso en el presente año, una planta piloto para fabricar el combustible nuclear que permitirá satisfacer antes del año 2000 las necesidades de combustible de la central nucleoelectrónica de Laguna Verde, en Veracruz, cuya nueva unidad termina de construirse en 1994. El uranio es el principal elemento utilizado en la producción de este combustible.

En Mayo de 1994 México ingresó como nuevo miembro a la Agencia Internacional de Energía (AIE) y a la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE o bien OECD), lo cual lo sitúa como un país con ventajas similares a las que el resto de los miembros de estos grupos poseen en el rubro energético ya que se le presentan a nuestro país nuevas oportunidades de inversión, concertación, asistencia tecnológica, así como accesos a planes de ahorro y uso eficiente de energía sin lesionar la soberanía de nuestro país sobre sus recursos energéticos. Hasta la fecha, nuestro país se ha mostrado renuente a ingresar como miembro de la OPEP debido a que ésta tiene un sistema de cuotas que implica cierta subordinación de la independencia petrolera de los países integrantes. [65]

[63] Cuestionable la Política Oficial de Producción. 16 de Junio de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 36.

[64] Baja Inversión y Plantas Obsoletas caracterizan la Electricidad Privada. 5 de Abril de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 25.

[65] Depende de las Exportaciones el Desarrollo Exportador del Petróleo. 4 de Mayo de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 42.

7.2. FUENTES DE ENERGIA.

Aparte de la clasificación de las Fuentes de Energía presentada en el Capítulo 1, aquí presentamos una nueva clasificación en dos grupos:

1. Las que son resultado del efecto de la radiación o Energía Solar sobre la Tierra, ya que esta Energía es la fuente generadora de la gran mayoría de las fuentes de Energía del mundo, incluyendo los recursos no renovables (carbón, bitúmen, gas natural y petróleo), la madera, los alimentos, el viento y las olas marinas; así como del calentamiento directo producido por la radiación.

La Energía Solar se puede manifestar como radiación "directa" o "difusa" (cuando la directa es bloqueada por la presencia de nubes y otros fenómenos atmosféricos) sobre la Tierra. Sin embargo, en tanto que la radiación solar directa se puede almacenar (utilizando lentes o espejos que pueden seguir al sol en forma continua), la difusa no. La intensidad media de la radiación solar que penetra la atmósfera y alcanza la superficie de la Tierra es de 200W/m^2 . La radiación media total recibida en la Tierra proveniente del Sol equivale a 3,000 veces la energía utilizada en la actualidad en todo el mundo.^[66] La Energía Solar es la causante de la evaporación del agua de los mares, ríos y lagos de la Tierra, así como de los fenómenos de la lluvia y del viento y, el efecto de este último sobre grandes masas de agua es el que genera las olas. Tanto el viento como las olas (marinas) son fuentes potenciales de Energía utilizable, aunque no han sido suficientemente aprovechadas. El calentamiento solar también genera corrientes oceánicas y gradientes de temperatura que se pueden utilizar como fuentes de Energía.

2.- Por otro lado tenemos las fuentes de Energía que no provienen o derivan de la Energía Solar:

a) La Energía de las mareas oceánicas derivada de las fuerzas de atracción entre la Tierra y la Luna y, en menor grado entre la Tierra y el Sol, no es una fuente

^[66] ESTUDIO DE RECURSOS DE ENERGIA. 1992. Consejo Mundial de la Energía 1992.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

inagotable de Energía, como la radiación solar, ya que toda la Energía que se puede extraer de ella depende de la rotación terrestre y, es aprovechable sólo durante las horas en que tenemos luz natural (del Sol). Esta energía que se obtiene a lo largo del día, es mínima comparada con la que se obtiene por disipación natural de la Energía Solar.

- b) La Energía Nuclear al igual que la de las mareas oceánicas, no depende de la Energía Solar y, las reservas que se tienen de Uranio y Deuterio así como de otros posibles combustibles nucleares, tampoco son inagotables.
- c) Finalmente, la Energía Geotérmica, que puede ser parcialmente atribuible al decaimiento natural de materiales radioactivos en el centro de la Tierra, tampoco es una fuente que derive de la Energía Solar.

A continuación, en la Figura 7.2. se puede observar la **curva de aprendizaje tecnológico mundial** para las diferentes Fuentes Energéticas.

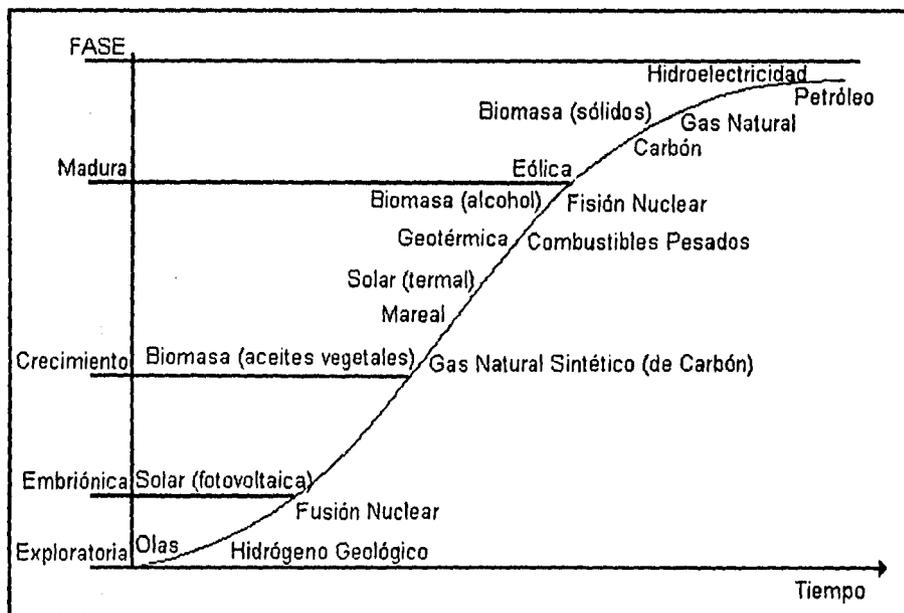


FIGURA 7.2.: Curva de Aprendizaje sobre las Tecnologías Energéticas.

7.3. ENERGIA SOLAR.

Como se mencionó anteriormente, la mayoría de la fuentes energéticas de las que el hombre dispone actualmente tienen su origen en la Energía que emana del Sol. Sin embargo, se utiliza el término de **Energía Solar** para caracterizar a aquella Energía proveniente del Sol en forma de radiación. Debido a que una parte de la Energía Solar es reflejada inmediatamente desde la estratósfera hacia el espacio exterior, ésta se considera como Energía perdida; otra parte es absorbida a través de la atmósfera. Esta, se percibe como Energía Térmica o Calor, y es la que produce las corrientes de convección en el aire que provee la Energía Mecánica para los molinos de viento.

Una parte de la Energía Solar que alcanza la Tierra es utilizada por las plantas en los procesos de la fotosíntesis; otra parte es absorbida en el subsuelo, calentándolo y ayudando también a la convección del aire en la atmósfera; otra parte, calienta los mares, lagos y océanos provocando las corrientes de convección de éstos y, finalmente, una última parte es la que ayuda a la evaporación del agua de los mares, ríos y lagos, haciendo que el vapor de agua circule en la atmósfera.

Si decidimos utilizar la Energía Solar en forma *directa* como fuente para satisfacer algunas o varias de nuestra necesidades energéticas a nivel industrial, debemos considerar que, a diferencia de los combustibles fósiles y de los derivados de éstos, que al optimizar las condiciones en que hacen combustión producen mayor cantidad de calor, la Energía Solar no se puede reacondicionar y, tampoco es posible extraer (quemándola) de ella más calor del que ya proporciona en forma natural. "La Energía Solar tiene una cantidad de calor disponible predeterminada y sólo podemos hacer uso de esa cantidad".

Existen dos vías potenciales para utilizar en forma adecuada la Energía Solar en forma directa: se puede almacenar y utilizar para el calentamiento de los materiales disponibles; o bien, se puede convertir directamente en Energía Eléctrica utilizando celdas fotovoltaicas cuya eficiencia no rebasa el 20%^[67] por lo que resulta un método

^[67] J.T. McMULLAN, R. MORGAN & R.B. MORGAN. 1978. Energy and Resources. London.: Edward Arnold Editions.

muy ineficiente para el aprovechamiento del flujo energético solar y, además, los paneles solares en la actualidad todavía son de costos muy elevados.

Para fines de simple calentamiento, resulta mucho más sencillo y económico el convertir la radiación solar directamente en Calor aprovechando el **efecto de invernadero**: la radiación solar de longitud de onda corta y mayor contenido energético pasa a través de ventanales al espacio que se pretende calentar; en este espacio, parte de la radiación es absorbida por los cuerpos contenidos en él y, parte es reflejada hacia el exterior. Los cuerpos contenidos en el espacio que funciona como invernadero y que absorben la energía irradiada por el Sol, reirradian dicha energía pero ahora con una longitud de onda mayor, por lo que ya no puede escapar a través de las ventanas. Así, las pérdidas energéticas son mínimas y la temperatura del ambiente del invernadero se eleva con cierta rapidez.

En la práctica, el uso de la Energía Solar para calentamiento en forma directa funciona solamente para calentar agua o aire utilizando planchas de metal que funcionan como colectores, los cuales alcanzan una temperatura de equilibrio de hasta 50°C para una temperatura ambiente de 27°C y, el efecto es aún mayor si dichas planchas se encuentran recubiertas con una capa de vidrio para reducir las pérdidas por convección, alcanzando una temperatura de hasta 94°C. ^[68]

Cabe señalar que siempre se debe alcanzar un equilibrio entre la cantidad de calor que se extrae de los platos colectores y la temperatura "ambiente" que se desea, por lo que para maximizar la cantidad de calor que se desea absorber de ellos, se debe hacer a la temperatura más baja posible a la que se puedan tener para el fin que se pretende, con un diferencial mínimo de temperaturas entre el "ambiente" y el colector.

La gran desventaja que presenta la Energía Solar es que su disponibilidad es intermitente: sólo se puede aprovechar durante 12 horas de cada día y, aún menos en aquellas regiones geográficas de la Tierra localizadas más cerca de los polos y en las

[68] ibid.

que hace más falta, particularmente durante los largos inviernos. De aquí surge la necesidad de poder almacenar la Energía Solar.

7.3.1. CELDAS FOTOVOLTAICAS COLECTORAS DE LA ENERGIA SOLAR.

El proceso fotovoltaico en el cual la radiación directa proveniente del Sol es convertida en Electricidad de Corriente Directa sin las complicaciones de un ciclo termodinámico tuvo su origen en la carrera espacial que desde sus inicios aprovechó el fenómeno de la conversión fotovoltaica para alimentar los satélites en órbita.

En la actualidad la obtención de Energía a partir del Sol por procesos fotovoltaicos ha alcanzado un gran desarrollo, pero la sustitución de las formas convencionales de Energía no ha sido posible en muchos casos no por falta de competitividad, sino por la incredulidad de los potenciales usuarios ignorantes de sus ventajas.

Con las investigaciones necesarias para sustituir los combustibles fósiles a raíz de la crisis petroleras de la década de los 70's, en países como Estados Unidos, Francia, España e Italia, se demostró la viabilidad de los sistemas fotovoltaicos para obtener Energía del Sol, sin embargo, en aquella época, esta tecnología no era competitiva en precio y rendimiento con respecto a los sistemas convencionales de obtención de Energía.

Fue Becquerel quien en 1839 descubrió que la radiación luminosa del Sol tenía la propiedad de inducir una tensión eléctrica sobre un electrodo inmerso en una solución electrolítica debidamente conductora y, posteriormente Adams y Day observaron el mismo fenómeno en materiales sólidos (platino y selenio), dando lugar a la fabricación de las primeras celdas solares con rendimiento inferiores al 1%. Años después se fabricaron celdas de silicio con las que se obtenían rendimientos de hasta el 4%.^[69]

^[69] LA ENERGIA. 1993. REVISTA Muy Interesante (especial). México.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

Actualmente las investigaciones para el aprovechamiento de la radiación solar siguen tres líneas diferentes en el estudio de materiales para la fabricación de las celdas fotovoltaicas: celdas de silicio mono y policristalino, celdas de silicio amorfo y, celdas de otros materiales semiconductores.

El silicio, después del oxígeno, es el material más abundante sobre la corteza terrestre (constituye el 20% de la misma) y se encuentra generalmente en forma de arena mezclado con otros minerales de los que se puede separar con relativa facilidad. Para la fabricación de los cristales de silicio se utilizan crisoles de cuarzo en los que se calienta el silicio hasta licuarlo y entonces se injerta un cristal de silicio puro monocristalino en el seno de la solución líquida. Los átomos de silicio fundido, al enfriarse ocupan los estados de mínima energía que corresponden con sus posiciones cristalinas, obteniéndose un cristal gigante de forma cilíndrica que después se transformará en pequeñas obleas. Aún estando en el crisol, el silicio es "dopado" con impurezas pentavalentes tales como el fósforo, el arsénico y el antimonio, dejando un electrón libre o no compartido, con lo que se obtiene un silicio semiconductor de tipo n y, ese electrón puede ser arrancado con gran facilidad por la radiación solar, generando una carga eléctrica negativa. Si en lugar de elementos pentavalentes se utilizan elementos trivalentes como el boro, el indio y el galio, se forma un silicio semiconductor tipo p con huecos electrónicos que proporcionan una carga eléctrica positiva. Basta con un sólo átomo como impureza por cada millón de átomos de silicio para obtener el semiconductor deseado.

Las obleas semiconductoras de silicio se utilizan posteriormente en la fabricación de las celdas solares.

1. Las celdas de silicio monocristalino más avanzadas proporcionan rendimientos del 20 al 22%, pero los costos de fabricación son bastante elevados ya que la pureza que se requiere del material consume una gran cantidad de recursos energéticos y tiempo. Los mayores rendimientos han sido obtenidos por investigadores de la Universidad de Stanford, E.U.A., con el 28.5% utilizando una lente para concentrar la luz solar sobre la superficie de las celdas de silicio; y de la Varian Associates Inc. con

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

el 30.8% utilizando una capa de arseniuro de galio sobre el silicio. Estas eficiencias son comparables a las de las centrales térmicas y nucleares.

2. El silicio policristalino está formado por granos microscópicos que originan cristales con orientaciones aleatorias y cuya ventaja es que pueden hacerse crecer en láminas hasta cinco veces más delgadas que un cabello humano por técnicas de evaporación, pulverización catódica y spray. Estos materiales resultan mucho más económicos pero, su eficiencia (11.2% logrado por el Solar Energy Research Institute) y estabilidad son inferiores a las del silicio monocristalino debido a sus imperfecciones.
3. Los paneles fabricados con silicio amorfo resultan aún más económicos (menos de 120 DLS/m²). Su estructura atómica desordenada e inestable (no cristalina) permite obtener láminas de 1 o 2 μm (cincuenta veces más delgado que un cabello humano), pero sumamente sensibles a la intemperie. Su rendimiento no supera el 10%.

La competitividad de la Energía Solar fotovoltaica en zonas alejadas de las redes de distribución eléctrica está fuera de duda y ya puede resultar rentable frente a los motores de diesel con capacidades inferiores a los 20kW.

En la actualidad son los Estados Unidos y Japón quienes dominan el mercado mundial de celdas fotovoltaicas, el cual asciende a los 30,000kW/año.

7.3.2. USO DOMESTICO DE LA ENERGIA SOLAR.

Una posibilidad para el almacenamiento de Energía Solar a nivel doméstico es justamente el calentamiento de agua contenida en tanques grandes, piscinas o sistemas que no tengan contacto directo con el aire del ambiente y en las que se encuentren sumergidos dos intercambiadores de calor: uno que forma parte de un circuito cerrado por el que fluye el agua que se calienta al pasar internamente a través de un panel solar y posteriormente cede su calor al agua contenida en el tanque o sistema al pasar por dicho intercambiador y, otro por el que fluye agua o aire

calentados por el agua de la sistema y que cede su calor al aire ambiental a través de radiadores o sistemas de acondicionamiento ambiental domésticos. El tiempo requerido para el calentamiento del agua contenida en el tanque o sistema depende tanto de las dimensiones de éstos como de las del calentador o panel solar; cuanto más grande sea el panel, mayor será la cantidad de calor almacenada y mayores podrán ser las dimensiones del tanque o sistema. Figura 7.3.2.

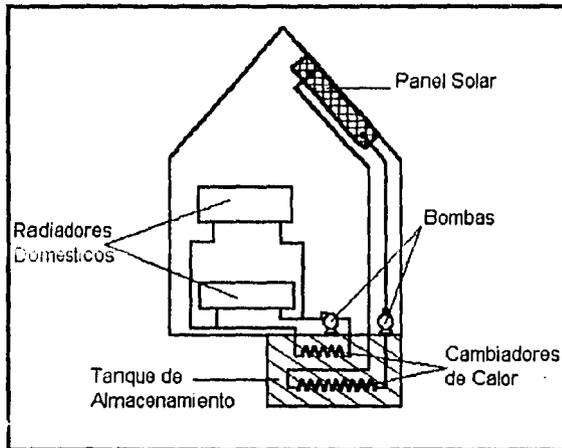


FIGURA 7.3.2.: Sistema Doméstico de Calefacción a partir de Celdas Fotovoltáicas.
FUENTE: [70]

Se sabe que un calentador solar con aproximadamente 2m^2 de área receptora puede sustituir hasta 0.81kg de LPG, 0.99 litros de combustóleo y 1.07 litros de diesel, evitando las emisiones contaminantes respectivas a la atmósfera.

[70] J.T. McMULLAN, R. MORGAN & R.B. MORGAN., loc.cit.

7.3.3. USO INDUSTRIAL DE LA ENERGIA SOLAR: PRODUCCION DE ENERGIA ELECTRICA A TRAVES DE CELDAS FOTOVOLTAICAS.

Las centrales experimentales Solar One, en Dagget, California, E.U.A., y la de Tabernas en Almería, España, con capacidades de 10 y 5 MW respectivamente demostraron la viabilidad de producir Energía Eléctrica a partir de la concentración de la radiación solar por dos vías: mediante *heliostatos*, que son espejos que siguen la trayectoria del sol y que focalizan los rayos solares sobre un receptor central situado en lo alto de una torre; y, con *campos de colectores* conectados en serie.

Aprovechando la última técnica, la compañía estadounidense Luz Internacional, fundada en 1984 ha instalado plantas colectoras de radiación solar con una capacidad total de 655MW en el desierto de Mojave en California, y en Harper Lake y, la electricidad que ahí se genera la venden a la compañía de luz local. De 1984 a la fecha, han logrado disminuir los costos de producción de electricidad desde 25¢USD/kWh hasta 10¢USD/kWh.

El sistema se basa en una red de espejos cilíndrico-parabólicos conectados en serie y que focalizan la luz sobre una tubería por la cual fluye aceite, mismo que se va calentando a medida que pasa por los colectores hasta alcanzar una temperatura de 400°C con la que llega al cuarto de máquinas. En el cuarto de máquinas, el aceite cede su calor acumulado, a través de un intercambiador de calor, a un circuito secundario lleno de agua que se transforma en vapor antes de pasar a las turbinas.

Por otro lado, el uso de los heliostatos en las *centrales de torre*, involucra la operación de una computadora que guía a los centenares de espejos para que sigan la trayectoria solar con precisión casi milimétrica y concentrando los rayos en el receptor central, en medio del campo de heliostatos. Las temperaturas que se alcanzan, dentro del rango de los 1,000°C - 2,500°C producen vapor de agua que se emplea en una turbina conectada a un generador.

7.3.4. USO DE LA ENERGIA SOLAR EN MEXICO.

Nuestro país se encuentra situado en una de las regiones mundiales de mayor intensidad solar, por lo que ya se han comenzado las investigaciones y aplicaciones de la Energía Solar con celdas fotovoltaicas. En 1992 había instalados 5,400kW de Energía Eléctrica en módulos fotovoltaicos, principalmente para usos de telefonía rural y señalización. Durante el periodo de 1991 a 1994 se electrificaron más de mil comunidades rurales con celdas fotovoltaicas equivalentes a 1,500kW y se estima que en el futuro se podrán electrificar con la misma tecnología más del 50% de las comunidades rurales. [71] La central solar más grande instalada en México se encuentra en Puerto Lobos.

Las oportunidades para el aprovechamiento de la Energía Solar a nivel nacional son cada vez mayores y se pretende, en el corto plazo, lograr la sustitución directa del gas LP, el diesel o el combustóleo por calentadores solares de agua para uso doméstico e industrial, el secado de productos agropecuarios y la producción de calor de proceso mediante sistemas de mediana concentración. En un plazo más largo, se pretende generar Energía Eléctrica a través de sistemas distribuidos de mediano tamaño y para la generación centralizada para distribución comercial.

Ya se cuenta con sistemas autónomos para el alumbrado en diversas comunidades rurales y, en algunas regiones de Baja California y Sonora la Energía Solar no sólo se aprovecha para la producción de Energía Eléctrica, sino que se han instalado destiladores para agua de mar con los que se obtiene agua potable para el consumo humano y para el riego agrícola.

[71] POLITICA ENERGETICA EN MEXICO. Octubre, 1994. Fundación Mexicana Cambio XXI, Luis Donaldo Colosio. México.

7.4. ENERGIA HIDROELECTRICA.

La Hidroelectricidad es el resultado de una manifestación de la Energía Solar ya que se requiere de la Energía proveniente del Sol para evaporar el agua y condensarla en forma de lluvia, la cual es recolectada y sirve para la generación de electricidad. Cuando la hidroelectricidad se produce en zonas donde se tienen caídas de agua importantes, los costos de producción son realmente pequeños si se puede mantener un corriente de operación continua. Entre otras, sus principales ventajas son que no se produce contaminación, el gasto en calor es muy pequeño y, no se requiere de la extracción de combustibles fósiles.

El potencial explotable a nivel mundial de Energía Hidráulica supera los 14,000TWh.

Para poder explotar la Energía de los saltos de agua es necesario que se tenga una altura de caída y un volumen de agua explotables pero, lo más importante de ambos para una gran producción de Hidroelectricidad es el volumen. La disponibilidad de agua depende de su zona de captación y del aflujo, siendo la primera el factor predominante. Las zonas de captación grandes son las de mayor producción aún si llueve poco y así, las alturas de caída de pocos metros se pueden explotar con éxito

Para generar Energía Eléctrica, se hace pasar una corriente de agua con su presión natural a través de una máquina llamada *dínamo o turbina de agua*, que convierte la Energía Cinética del agua en Energía Cinética Rotacional del rotor. El rotor se encuentra conectado a un generador que produce la energía eléctrica

La principal atracción que presentan las plantas hidroeléctricas, aparte de que utilizan un recurso natural que no contamina, es su alta eficiencia. En contraste con las plantas productoras de electricidad que utilizan carbón o petróleo como combustibles y cuya eficiencia de conversión es del 30%, las plantas hidroeléctricas alcanzan eficiencias de conversión del 80 al 90% y, además, el principal insumo es "gratuito". Sin embargo, las plantas hidroeléctricas resultan sumamente caras en su construcción.

7.4.1. LA ENERGIA HIDRAULICA EN MEXICO.

En 1987 la capacidad instalada de plantas hidroeléctricas en México ascendía a 7,546MW.

Entre 1989 y 1994 entraron en operación las hidroeléctricas de Comedero, Sinaloa con una capacidad de 110MW; Agua Prieta, Jalisco con 240MW y que utiliza aguas residuales; y finalmente, en Julio de 1994 la de Aguamilpa, Nayarit. Esta última constituyó el proyecto de generación de electricidad más ambicioso de los últimos años en el país.. Su construcción requirió una inversión de 1,100 millones de dólares y cuenta con capacidad para generar 960MW, distribuidos en tres unidades de 320MW cada una. Esta planta cubrirá el 27% de la demanda de electricidad en la Zona Centro y Occidente de México.

La hidroeléctrica de Aguamilpa aprovecha la corriente del rio Santiago, y cuenta con una cortina de agua de 187m de altura, siendo las más altas de su tipo en el mundo y, la tercera en el país, despues de las de Chicoasén y Zimapán.

El proyecto Aguamilpa se llevó a cabo bajo la modalidad "llave en mano" y parte de su *financiamiento* se logró gracias al Banco Mundial. La ingeniería de detalle estuvo a cargo del consorcio mexicano ICA y la tecnología es del conglomerado de empresas alemanas SEVTS.^[72]

Actualmete se encuentran en pruebas preoperacionales las hidroeléctricas de Zimapán, Hidalgo; Tamascal II, Oaxaca; y Huites, Sinaloa.

^[72] Permite la Participación Privada un Rápido Crecimiento en Infraestructura. 2 de Junio de 1994. EL ECONOMISTA. p.p. 25.

7.5. ENERGIA EOLICA.

La Energía Solar provee la fuerza motriz de las corrientes de aire atmosféricas y así, es responsable de la Energía Eólica. La atmósfera actúa como una gran máquina de calor que se calienta desde la parte inferior, en contraste con los océanos que se calientan desde la superficie. La Energía Térmica del Sol calienta el aire al nivel de la superficie de la Tierra y, ese aire caliente se disipa y se eleva produciendo corrientes de convección y el viento que se aprovecha para la Energía Eólica. Sin embargo, la atmósfera no se calienta de manera homogénea en todo el globo terráqueo debido a la distribución de las nubes, a la humedad de las diferentes regiones geográficas y a la topografía de cada lugar.

La tecnología que se requiere para la generación de Electricidad a partir del uso de la Energía Eólica es sumamente sencilla: se requiere de propelas montadas en torres con alturas que varían entre los 30 y los 50 metros formando una *turbina de viento*; dichas propelas giran en respuesta a las corrientes de aire, convirtiendo la torre en un generador de electricidad. Ver Tabla 7.5.

La velocidad y dirección de los vientos es más constante conforme mayor es la altitud de un lugar y, esta velocidad es una variable crítica sobre los costos de producción por kWh.

7.5.1. LA ENERGIA EOLICA EN MEXICO.

En México, se tienen instalados alrededor de 300 kW de Energía Eólica para la producción de electricidad y otras aplicaciones mecánicas que incluyen numerosos molinos de palas múltiples para el bombeo de agua. Se estima que nuestro país cuenta con un rico potencial de Energía Eólica concentrado en la región del Istmo de Tehuantepec que podría llegar a los 200,000MW.^[74] En Guerrero Negro, Baja California ya hay diez generadores de viento de 10kW cada uno y, en La Venta,

^[74] POLITICA ENERGETICA EN MEXICO, loc.cit.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

Oaxaca opera desde 1994 la primera central eoloeléctrica comercial con tecnología danesa que cuenta con 7 aerogeneradores de tres aspas y con capacidad para generar 225kW cada uno y que requirió una inversión cercana a los 2 millones de dólares y fue construida bajo el sistema llave en mano.^[75]

TABLA 7.5.: Características de Diseño de una Turbina de Viento Moderna.

PARTE	DESCRIPCION
ROTOR.	
- diámetro	25 - 35 metros
- número de palas	la mayoría tienen 3, ,pero también las hay con 2
- material de pala	plástico reforzado con vidrio y también hay de madera-epoxia
VELOCIDAD DE ROTACION.	Generalmente velocidad constante, alrededor de 50-30 rpm (disminuye con el tamaño). Las hay con transmisiones de dos velocidades o de velocidad variable que aumentan el rendimiento y reducen el ruido.
CONTROL DE ENERGIA.	Para limitar la energía al nominal del generador, los métodos más empleados son:
	- Control de Pérdida de Velocidad: el ajuste de las palas está puesto para que éstas pierdan velocidad gradualmente cuando el viento aumenta.
	- Control de Inclinación: la pala se gira total o parcialmente para limitar la energía.
TREN DE ENERGIA.	Cajas de cambios escalonados casi universal; la transmisión directa todavía no es comercial.
GENERADOR.	Se utilizan generadores sincros de 4 o 6 polos, como el de inducción.
CONTROL DE DESVIO.	Se utilizan sensores para controlar la dirección del viento y el cabezal de la torre se desplaza eléctricamente para alinearse con el viento. Ciertas máquinas operan con desvío libre o reacción pasiva.
TORRES.	Normalmente son cilíndricas o poligonales y de acero. Algunas son de hormigón o de celocia (esta última cada vez menos utilizada).

FUENTE: ^[73]

^[75] Podrían Capitales Multinacionales Financiar Proyectos Eléctricos. 6 de Junio de 1994. EL ECONOMISTA, p.p. 32

^[73] J.T. McMULLAN, R. MORGAN & R.B. MORGAN., loc.cit.

7.6. ENERGIA DE LA BIOMASA.

La Biomasa está considerada como uno de los principales recursos de Energía del Siglo XXI tanto en pequeña como en gran escala si deseamos lograr un sistema de suministro y uso eficiente de Energía aceptable en términos ambientales. La Biomasa es un grupo materiales de origen vegetal en su mayoría tales como la leña, el carbón de leña, la caña de azúcar, la grama, los cereales, los residuos de la agricultura y de los mismos bosques, así como el estiércol de los animales domésticos, que se utilizan como combustibles energéticos o bien, para producirlos. Se estima que la Energía contenida en la Biomasa en crecimiento equivale aproximadamente al 70% de las reservas conocidas de Carbón en el mundo, y casi cuatro veces más que las del Petróleo.^[76]

En la actualidad, la Biomasa constituye la principal fuente de Energía en los países en vías de desarrollo y, debido a que probablemente para el próximo siglo nueve décimos de la población mundial habite en estos países, es muy probable que la Energía que en ellos se consuma tenga su origen en esta fuente de Energía.

Las principales ventajas de la Biomasa como fuente de Energía son que se puede producir con relativamente bajos costos para la economía de un país, que no daña al medio ambiente y, que su desarrollo es mantenible. Además, los combustibles derivados de la Biomasa no incrementan los niveles de CO₂ presentes en la atmósfera cuando son producidos y utilizados permitiendo la renovación constante de sus fuentes de suministro, lo cual puede ayudar a satisfacer, en un momento dado, las normas de emisiones contaminantes a un costo relativamente bajo.

Debido a que leña es la principal fuente de Energía de casi la mitad de la población mundial, las regiones forestales están disminuyendo en densidad a una velocidad cada vez mayor, por ello, la opción que se tiene para producir combustibles

^[76] R.K. Dutkiewics. May-11-1992. TECHNOLOGY TRANSFER FOR DEVELOPING COUNTRIES. World Energy Council Seminar Proceedings: ENERGY ISSUES IN DEVELOPING COUNTRIES. Tunis.: Revue Tunisienne de L'ENERGIE; Revue Trimestrielle, 2ème Trimestre 1992. No. 26. p.p. 50-55. (Numero Special).

mediante la conversión de plantas y residuos vegetales es cada vez más importante para sustituir dicha fuente de Energía y disminuir su demanda, logrando así una mayor conservación de los bosques en todo el mundo.

7.6.1. MADERA Y CARBON VEGETAL.

En algunos países en vías de desarrollo, el 80% de su producción anual de madera es utilizada como combustible, principalmente en las comunidades rurales, las cuales por lo general no tienen acceso a los combustibles modernos. En promedio, la madera constituye el 17% del consumo de Energía de estos países y, en 40 de los más pobres su consumo supera el 70% del total de la Energía.^[7]

Para el suministro de Energía, la madera se puede quemar en forma directa o bien, transformarse en carbón de leña y en combustibles líquidos y gaseosos. Por ser más práctico y tener una capacidad calorífica mayor que otros combustibles, el carbón de leña es frecuentemente transportado a mercados de alta demanda de Energía.

En las centrales procesadoras de madera es típico el uso de los residuos de ésta como combustible para satisfacer las necesidades de Energía Termal hasta en un 60 u 80%, para los secadores y prensas calientes. Sin embargo, la generación exclusiva de electricidad como energía para los aserraderos no se considera rentable debido a los altos montos que requieren las inversiones y al bajo rendimiento de los pequeños generadores que utilizan para cubrir sus necesidades.

También la industria de la pulpa de la madera y del papel es una gran consumidora de Energía y por ello resulta de gran interés el mejorar el rendimiento de la misma. Para esta industria, la fabricación de pulpa de sulfato, que constituye aproximadamente la mitad de la pulpa de madera utilizada en la producción del papel, puede generar la Energía Eléctrica y Calor suficientes utilizando como combustibles la

^[7] ESTUDIO DE RECURSOS DE ENERGIA., loc.cit.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

corteza y los líquidos residuales del proceso y, pudiendo tal vez alcanzar la autosuficiencia energética sin mayor problema.

Por otro lado, las centrales generadoras de Energía Eléctrica y Térmica en forma conjunta, pueden ser rentables solamente si funcionan en centrales aserradoras de gran escala que puedan autosuministrarse el combustible a partir de los residuos de madera de sus procesos.

La incineración de los residuos de la madera en forma controlada, produce emisiones menores a las del carbón y petróleo y, el CO₂ que se forma y se expulsa a la atmósfera es reabsorbido por las fuentes de suministro de la madera, reemplazando al utilizado.

7.6.2. CONVERSION DE LA BIOMASA EN COMBUSTIBLES.

Los dispositivos con los que se cuenta en la actualidad para la conversión de la Biomasa son sumamente variables y van desde sencillos hervidores domésticos de pequeñas dimensiones, hasta grandes centrales de generación de Energía Eléctrica.

1.- Se pueden producir combustibles líquidos tales como el etanol que se obtiene a partir de la fermentación de los granos de los cereales, utilizando procesos de hidrólisis enzimática.

2.- El hidrógeno que libera la Biomasa durante sus procesos de descomposición puede ser utilizado como combustible para celdas de combustible, ofreciendo mayores ventajas energéticas y ambientales y, compitiendo con los motores de combustión interna de los vehículos automotores que utilizan gasolina.

3.- Los métodos de gasificación para el carbón, se podrían utilizar de manera más generalizada para la Biomasa, la cual es más reactiva y podría producir un gas con menor contenido de azufre y que se compone principalmente de metano. En la actualidad, ya existen en México instalaciones para la producción de gas en granjas a partir del estiércol y en plantas de tratamiento de aguas industriales.

La explotación comercial de la Biomasa en el futuro puede ser mayor de lo que es hoy en día si se llevan a cabo planes de investigación y desarrollo aplicados a tecnologías modernas que permitan que la Biomasa sea competitiva como fuente de Energía. *"La única limitante es no consumir más de lo que se encuentra en crecimiento".*

7.7. ENERGIA MAREAL.

La Energía Mareal es un resultado de la combinación de las Energías Potencial y Cinética derivadas de la interacción entre la Tierra, la Luna y el Sol, pero no es un variación de la Energía Solar.

Se estima que todas las mareas oceánicas del mundo disipan alrededor de 22,000TWh anuales, de los cuales tan solo 200TWh se consideran recuperables desde el punto de vista económico y, menos de 0.6TWh son producidos por las centrales de energía mareal existentes en el mundo.

El principal obstáculo para la explotación de las mareas oceánicas ha sido de índole económico, ya que los costos de inversión tienden a ser muy altos en comparación con el rendimiento a consecuencia de las bajas y variadas cargas hidráulicas con que se cuenta. Las cargas hidráulicas disponibles en la turbina varían a través de cada ciclo mareal y, la carga hidráulica media es 0.7 veces la carga máxima.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

Una consecuencia importante de las bajas cargas hidráulicas es que tanto los componentes de obras públicas como los mecánicos deben ser muy grandes en comparación con la producción. Además, los tiempos de construcción de las plantas de Energía Mareal son muy largos por lo que el interés acumulado durante la construcción representa un porcentaje importante del costo total.

Por estas razones es que las centrales de Energía Mareal son prácticas solamente cuando la energía sea concentrada por grandes mareas y cuando las características del terreno permitan construir cuencas de marea a costos relativamente bajos.

Por otro lado, aunque la Energía Mareal no produce contaminación, se deben prever impactos inaceptables en el entorno debido a un posible aumento en la fuerza de las mareas, lo que provocaría daños a las propiedades e instalaciones costeras, así como una mayor productividad biológica en las áreas aledañas a las centrales.

En México tenemos dos zonas que tienen mareas que se encuentran dentro del rango de 6-7m y en las que se planea instalar centrales de Energía Mareal. Estas zonas son Río Colorado en el Golfo de California que tendrá una capacidad instalada de 8,400 GWh y se construirá en dos fases y, la otra zona es la Isla del Tiburón, también en el Golfo de California.

7.7.1. CONVERSION DE LA ENERGIA TERMAL DE LOS MARES Y OCEANOS.

De la Energía Solar que llega a la Tierra, una gran parte es absorbida por mares y océanos, cuyo calentamiento se da inicialmente en la superficie y es gradualmente transferido hacia las profundidades por convección.

La Conversión de Energía Termal Oceánica (OTEC - Oceanic Thermal Energy Conversion) es un método para convertir en Energía útil la diferencia de temperaturas entre el agua de la superficie de los mares y océanos de las zonas tropicales y

subtropicales y el agua que se encuentra a unos 100 metros de profundidad y que proviene de las regiones polares. La diferencia adecuada de temperaturas es de 20°C. A diferencia de muchas energías renovables, la OTEC es una carga fundamental, por lo que el recurso térmico del océano asegura que la fuente de energía está disponible de día y de noche y, solamente hay una ligera variación entre el verano y el invierno.

Desde el punto de vista ambiental, OTEC no causa daños y además absorbe el CO₂ presente en la atmósfera. Además presenta una característica exclusiva que es el hecho de que puede proporcionar productos adicionales como alimentos (cultivos acuáticos y agricultura), agua potable, aire acondicionado, etc. que en parte se deben al agua fría de las profundidades oceánicas, rica en sustancias nutritivas y sin agentes patógenos.

Geográficamente, los lugares idóneos para instalar centrales OTEC son las islas y países en vías de desarrollo localizadas cerca de los trópicos, los cuáles resultan ser usuarios potenciales idóneos de ésta método para producir Energía Eléctrica debido a su creciente demanda.

OTEC fue ideada en Francia hacia finales del siglo pasado y resurgió hace aproximadamente seis décadas. En la actualidad, una de las ventajas de esta fuente alterna de Energía es que puede utilizar tecnología transferida de la industria del petróleo y gas natural de fuera de las costas, por lo que puede ser una solución realista y comenzar a comercializarse a finales de siglo. Sin embargo, lo que aún no se ha logrado es integrar los componentes en un sistema operativo económicamente viable ya que se requiere una inversión significativa adicional en investigación y desarrollo. Otro factor importante es que los costos actuales de los combustibles son tan bajos, que no se tiene interés en encontrar una alternativa en OTEC, además de que la eficiencia energética de un sistema como éste actualmente no rebasa el 3% y en el futuro apenas el 6% debido a ese diferencial tan pequeño de temperaturas entre las corrientes internas y externas de los mares y océanos.

7.8. ENERGIA GEOTERMICA.

Dentro de la Tierra, en los estratos más profundos de la misma, existen grandes cantidades de calor que son generadas y almacenadas ahí en forma natural pero que por sí mismas no pueden ser utilizadas en forma directa como recurso energético para cubrir las necesidades del hombre. Sin embargo, la Energía que ahí se genera es expulsada a la superficie en diferentes formas. Por ejemplo, hay rocas que se encuentran en capas o estratos cercanos al *magma* hirviendo en el interior de la Tierra y que están sujetas al Calor que de él emana y, cuando hay agua atrapada en esos estratos, ésta se convierte en vapor sobrecalentado (seco) que puede escapar hacia la superficie de la Tierra en forma de *geysers* a través de las fisuras que en sus diferentes estratos hay. Es entonces cuando nosotros podemos aprovechar el calor que se genera al interior de la Tierra. Para ello, el vapor debe estar a una temperatura mínima de 177°C al nivel de la superficie y encontrarse en campos con profundidades de unos 3,000m. El vapor que de los campos de geysers se extrae es alimentado directamente a las turbinas de las plantas de generación eléctrica.

La Energía Geotérmica como vapor seco comenzó a utilizarse a nivel industrial hacia finales del Siglo XIX y, la primera central eléctrica basada en esta forma de Energía fue instalada en Larderello, Italia en 1904.

Otra forma de Energía Geotérmica es la mezcla de agua y vapor (vapor húmedo) que se encuentran en el subsuelo y que son calentadas por el magma a temperaturas menores que el vapor sobrecalentado de los geysers. De esta forma de Energía Geotérmica, la primera central eléctrica se instaló en Wairakei, Nueva Zelanda en 1958.

Las otras formas en que se presenta la Energía Geotérmica y sobre las que aún falta hacer investigación son: las aguas termales que se encuentran a profundidades menores que el vapor seco y húmedo y que tienen temperaturas inferiores al punto de ebullición; y las reservas geotérmicas totalmente secas, donde no hay agua pero si grandes masas de rocas a temperaturas que pueden alcanzar los 370°C.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

En 1990, la capacidad instalada de centrales eléctricas que utilizaban Energía Geotérmica ascendía a 30,000 GWh distribuidos en 24 países.

Sin embargo, la Energía Geotérmica es un recurso energético natural no renovable, ya que se tiene una cantidad finita de agua atrapada en los estratos cercanos al magma y, por consiguiente la vida útil de los campos geotérmicos no es ilimitada. Se estima un promedio de vida útil de 50 años sin dañar los terrenos explotados.

7.8.1. CLASIFICACION DE LOS RECURSOS ENERGETICOS GEOTERMICOS.

Los recursos geotérmicos se clasifican de acuerdo con la temperatura a la cual se encuentran, ya que es la propiedad que determina el uso para el que un recurso en particular puede ser adecuado.

a) RECURSOS DE ALTA TEMPERATURA ($\geq 250^{\circ}\text{C}$).

- De fase dominante líquida, incluyendo regiones de dos fases (líquido y vapor).
- De fase dominante vapor.
- Yacimientos de agua salobre con alta concentración de sólidos disueltos ($\cong 100,000$ ppm).
- Yacimientos volcánicos con altas concentraciones de gases volcánicos.

b) RECURSOS DE TEMPERATURA INTERMEDIA (125 - 225°C).

- Dentro de este rango domina la fase líquida, pudiendo incluir dos fases en las partes superiores.
- Fluidos residuales de aplicaciones basadas en recursos de alta temperatura (recursos de "cascada").

c) RECURSOS DE BAJA TEMPERATURA ($\geq 25^{\circ}\text{C}$).

- Yacimientos totalmente líquidos que reflejan su ambiente tectónico, es decir, se encuentran en regiones de cuencas profundas o en áreas de gran elevación.
- Recursos de derrames y cascadas.

7.8.2. ENERGIA GEOTERMICA EN MEXICO.

Nuestro país se encuentra situado en una zona tectónica altamente activa, por lo que sus condiciones geológicas y estructurales son sumamente favorables para la existencia de recursos energéticos de origen geotérmico, particularmente en la región central del país.

En la actualidad hay un gran potencial para la generación de Energía Eléctrica en México y, se espera alcanzar una capacidad instalada de 2,440MW para el año 2000. Las reservas probadas de entalpía de alta ascienden a unos 1,220MW, con reservas probables de 4,800MW y posibles de 7,000MW, lo que en total asciende a 13,020MW. Dentro de los esquemas de baja entalpía se tienen contemplados un sistema de refrigeración con una capacidad instalada de 10.5kW, bombas de calor, intercambiadores de calor, lechos fluidizados y sistemas de ciclos combinados. También se están haciendo estudios para determinar regiones de roca seca caliente.

Actualmente la Comisión Federal de Electricidad (CFE) tiene una capacidad instalada de 753MW en sus tres campos geotérmicos: 620MW en Cerro Prieto, Baja California; 90MW en Los Azufres, Michoacán y 20MW en Los Humeros, Puebla. Las reservas de Energía Geotérmica adicionales y factibles de desarrollar en nuestro país hacia el año 2000 ascienden a los 400MW.^[78]

^[78] POLITICA ENERGETICA EN MEXICO., loc.cit.

7.9. ENERGIA NUCLEAR.

Después de los combustibles fósiles, la segunda fuente de Energía en uso a nivel mundial es la **Energía Nuclear**. La Energía Nuclear se encuentra almacenada en el núcleo de los átomos y es liberada de ellos a través de reacciones de **fisión** nuclear, manifestándose en forma de calor, que posteriormente se utiliza en la generación de Energía Eléctrica.

La fisión nuclear es la degradación o rompimiento de los núcleos de los átomos. Se espera que en el futuro, la Energía Nuclear no solo se obtenga a partir de reacciones de fisión sino también de **fusión** nuclear, pero aún falta profundizar en la investigación de este tipo de reacciones.

El núcleo de los átomos está constituido por un conglomerado de partículas o nucleones de dos tipos: las de carga positiva llamadas **protones** y las eléctricamente neutras llamadas **neutrones** (cuya masa es ligeramente superior a la de los protones). Los protones y neutrones, pueden "convivir" juntos gracias a las fuerzas nucleares que haya entre ellos y las cuales son lo suficientemente fuertes como para inhibir o balancear las fuerzas de repulsión electrostáticas entre los mismos protones.

Para que un átomo sea estable, la relación entre el número de neutrones y protones debe caer dentro de un rango dado; si esta relación es demasiado grande, significa que el número de neutrones es mucho mayor que el de protones y por lo tanto, se tendrá un núcleo inestable (radioactivo) que tenderá a "decaer" hasta alcanzar la estabilidad reduciendo la relación neutrones/protones. Si por el contrario, la relación neutrones/protones es muy pequeña, significa que hay muchos protones de estabilización y, por consiguiente, el núcleo del átomo tratará de perder cargas positivas con el fin de mejorar la razón neutrones/protones. La razón neutrones/protones no es constante. Conforme mayor es el número atómico (número de protones o de electrones - Z -) de un átomo, mayor cantidad de neutrones requiere para mantenerse estable y, la razón es muy sencilla: cuando hay una sobrepoblación de protones en el núcleo atómico, éstos se encuentran muy cerca unos de otros y las fuerzas de repulsión electrostáticas que hay entre ellos superan a las fuerzas nucleares que los mantienen

unidos con los neutrones y entonces tienden a "romper" el núcleo atómico, liberando así Energía.

Por otro lado, la **energía de enlace** es otro factor determinante en la obtención de Energía Nuclear. Cuanto mayor es la energía de enlace entre las partículas del núcleo atómico, mayor energía se requiere para separarlas y liberarlas. Los átomos con pesos atómicos pequeños (pocos protones y neutrones en el núcleo) tienen energías de enlace también pequeñas, en tanto que los átomos de pesos atómicos grandes, presentan energías de enlace también grandes. Ahora bien, cuando se unen dos átomos de núcleos ligeros (pesos atómicos pequeños), se obtendrá un nuevo átomo con un núcleo más pesado que el de los que le dieron origen pero, de menor peso atómico que la suma de los pesos atómicos de los átomos "padres", ya que se libera Energía Nuclear durante el proceso de fusión. En el caso contrario, cuando un átomo pesado se divide en dos más ligeros, la suma de los pesos de los nuevos átomos no es igual a la del átomo "padre" porque también hay pérdida o liberación de Energía Nuclear. Estos fenómenos representan la fusión y la fisión nucleares respectivamente y por lo tanto, el origen de la Energía Nuclear.

7.9.1. FISION NUCLEAR DEL URANIO.

El uranio es el combustible del que se obtiene la Energía Nuclear para la generación de Energía Eléctrica.

La **fisión nuclear** se descubrió a raíz de las investigaciones hechas por varios científicos para obtener elementos químicos de número atómico superior a 92, que es el del uranio, a través del bombardeo con neutrones en el núcleo de dicho elemento. El resultado que se esperaba obtener era que, los neutrones utilizados en el bombardeo se combinaran con el núcleo del uranio generando un núcleo con el mismo número atómico (Z) pero con mayor masa atómica (A). Este nuevo núcleo, al ser inestable decaería por emisiones beta para formar otro núcleo "hijo" de mayor masa y peso atómicos que el núcleo "padre". Sin embargo, algunos de los experimentos no dieron los resultados esperados.

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

En 1939, Meiter y Frisch sugirieron que la absorción de un neutrón por el núcleo atómico del uranio haría que éste se excitara a tal grado que se dividiría en dos fragmentos iguales. En el mismo año, Böhr y Wheeler propusieron una teoría en la que comparaban al núcleo atómico con una gota de líquido, la cual se mantiene unida gracias a su tensión superficial. Este último modelo muestra como los núcleos atómicos pesados como los de los isótopos U^{235} y Pu^{239} se pueden dividir en dos fragmentos iguales al ser bombardeados, liberando grandes cantidades de Energía.

Una fisión nuclear del U^{235} libera 200MeV de Energía equivalentes a 3.2×10^{-11} Watts y, 3.1×10^{10} fisiones por segundo generan 1 Watt. La fisión de 1kg de U^{235} produciría 1000MWatts de Energía en forma de Calor. Si este calor se puede convertir en electricidad con una eficiencia de conversión del 30% (300MWatts), se supliría el consumo de 2,500Ton de carbón diarias en una planta generadora de Energía Eléctrica. Este nivel de generación de Energía es lo que hace atractiva a la Energía Nuclear.

Sin embargo, aunque el U^{235} es el isótopo del uranio que con el que es más eficiente la fisión nuclear, es también el más raro, representando tan solo el 0.7% del uranio natural, lo que lo convierte en un combustible no atractivo desde el punto de vista económico-comercial. La mayor parte del resto es U^{238} , cuya probabilidad de fisionarse es mínima, pero tiene una alta probabilidad de absorber los neutrones de bombardeo que decaen a energías termales por colisión en el reactor. Por estas razones, resulta de vital importancia encontrar la forma más adecuada para poder utilizar el uranio en su forma natural y, esto se logra haciendo que los neutrones decaigan tan rápido como sea posible minimizando la probabilidad de que se lleve a cabo una reacción con el indeseable U^{238} , al utilizar un moderador en el corazón del reactor.

Los moderadores son materiales en los que los neutrones de fisión se pueden llevar a energías termales fuera de la masa del uranio, donde se lleva a cabo la reacción. Para que un moderador sea eficiente, debe absorber la máxima cantidad de Energía de los neutrones en cada colisión, y para ello se requiere que la masa del átomo del moderador sea lo más pequeña posible (semejante a la del neutrón). Esta

7.9.2. TIPOS DE REACTORES NUCLEARES.

Los principales modelos de reactores nucleares utilizados en la generación de Energía Eléctrica son:

a) **MAGNOX.** Fue el primer reactor comercial y se fabricó en Inglaterra. El acrónimo deriva del Oxido de Magnesio, ya que el combustible utilizado es el uranio contenido en una aleación de dicho compuesto. Se usan los enfriados por gas (CO₂), con grafito como moderador.

b) **AGR.** Es el nombre que reciben los reactores de la segunda generación fabricada en Inglaterra y, las iniciales derivan del nombre en inglés del tipo de proceso en que se basan: Advanced Gas-cooled Reactors.

c) **LWR.** Light Water Reactor. Es uno de los más utilizados en la actualidad, principalmente en los Estados Unidos. Estos reactores utilizan agua corriente tanto como refrigerante como moderador. Existen dos tipos de reactores LWR que son:

c.1) **BWR.** Boiler Water Reactor. El agua de enfriamiento hierve en el corazón del reactor y el vapor generado se utiliza directamente en las turbinas que mueven al generador.

c.2) **PWR.** Presurised Water Reactor. El agua de enfriamiento en el corazón del reactor se mantiene a altas presiones y se calienta hasta 600°C para posteriormente enviarla por separado a un intercambiador de calor donde calienta y hacer hervir una segunda corriente de agua que será utilizada en forma de vapor para las turbinas.

d) **CANDU.** Canadian heavy water reactor.

7.9.3. ENERGIA NUCLEAR EN MEXICO.

En México, las reservas probadas de Uranio en 1993 ascendían a 14,600Ton, de las cuales solo 10,600Ton son explotables, pero con estas basta para asegurar el combustible de los dos reactores de la planta de Laguna Verde, Ver., durante toda su vida útil. Estos reactores tienen una capacidad de 654MW de Energía Eléctrica cada uno.^[79]

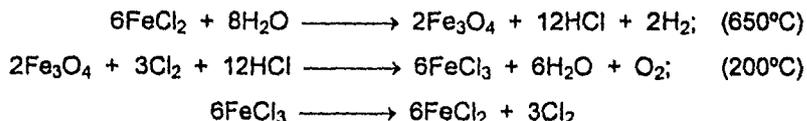
La primera unidad de Laguna Verde comenzó a operar en el año de 1990 para producir Energía Eléctrica y se espera que la segunda unidad comience a operar aproximadamente en el año 1997. Sin embargo y aunque los procesos de generación de electricidad a partir de Energía Nuclear son limpios y, técnica y económicamente viables para nuestro país, existe cierta desconfianza y rechazo natural por parte de la sociedad hacia la Energía Nuclear debido a los accidentes nucleares que ha habido en años recientes en el mundo, como el de Chernobyl, Rusia, en el que muchas personas perdieron la vida no sólo por la explosión, sino por la radiación que se extendió a otros países de Europa y Asia, siendo ésta una forma de contaminación aún más peligrosa que la generada por la quema de los combustibles fósiles debido a que queda latente en el ambiente durante años.

^[79] POLITICA ENERGETICA EN MEXICO, loc.cit.

7.10. HIDROGENO.

El Hidrógeno resulta sumamente atractivo como combustible alterno para la generación de Energía Eléctrica debido a su abundancia en la Tierra, ya que forma parte de la molécula del agua y, ésta a su vez representa alrededor del 75% del globo terráqueo. En la actualidad, la mayor parte del hidrógeno industrial se obtiene a partir del petróleo, pero también existen plantas electrolíticas en las que se produce. Desafortunadamente, la eficiencia de estas plantas alcanzan apenas el 65-70% y el costo de producción de la Energía Eléctrica en plantas con capacidades superiores a las 7,000Ton de agua por año es del doble que la Energía que se consume en el proceso.

Sin embargo, la Organización para la Investigación EUROATOM ha encontrado que se puede producir hidrógeno a partir de la disociación del agua en un proceso químico multi-reacción de tres pasos a una temperatura inferior a los 1000°C al hacer reaccionar al agua con cloruro ferroso (FeCl₂):



donde el control de la temperatura resulta de gran importancia ya que, si la primera reacción se lleva a cabo a una temperatura ligeramente inferior, se obtiene hidróxido ferroso (Fe(OH)₂):

Además de ser muy abundante, el hidrógeno también presenta un contenido energético de 29kcal/g, siendo superior al del Gas Natural (12kcal/g), de la gasolina

FUENTES ALTERNAS DE ENERGIA EN MEXICO.

(11kcal/g), la del butano y la del propano y, además es un combustible limpio, pues al quemarse el producto de su combustión es agua y, si se lleva a cabo una combustión catalítica a 100°C, se eliminan los óxidos de nitrógeno que se forman por el contacto con el aire.

El almacenamiento y transporte del hidrógeno no representan mayor problema. Se puede almacenar en tanques criogénicos a -253°C (ya que en estado gaseoso se requiere un volumen mucho mayor que los tanques para almacenar gasolina debido a que por ser tan ligero, requiere de grandes espacios), y transportarse a través de gasoductos similares a los del gas natural.

7.10.1. USOS DEL HIDROGENO COMO COMBUSTIBLE.

Los principales usos del hidrógeno como combustible pueden ser:

- a) Sustituto de combustibles fósiles.
- b) Combustible doméstico limpio.
- c) En turbinas de gas para la generación de Energía Eléctrica
- d) Combustible para el transporte (motores de combustión interna).

CAPITULO 8.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Del desarrollo de la presente tesis se puede concluir que:

1. La **Energía es el recurso de mayor valor con el que cuenta la humanidad**, ya que se involucra con todos los aspectos de la vida del ser humano y sin ella, habría sido imposible alcanzar el desarrollo social, cultural, económico y político que hoy vive cada uno de los países del mundo. Sin embargo, este desarrollo se ha basado principalmente en la **explotación ineficiente de los recursos energéticos fósiles** o no renovables, dejando de lado el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables, cuyo potencial apenas se comenzó a "redescubrir" y a aprovechar recientemente motivado por los efectos socio-políticos de las crisis petroleras de los años 70's y 80's, así como por los irreversibles efectos de la contaminación ambiental originada por la combustión de los energéticos fósiles.
2. Los países más desarrollados actualmente son aquellos que han sabido aprovechar mejor y más eficientemente sus recursos energéticos. En el futuro, el desarrollo de cada país, será como hasta hoy, una **función directa de la habilidad** con que cada uno de ellos explote y haga un uso eficiente de sus recursos energéticos no renovables y, especialmente de los renovables, a través de sus **recursos humanos y económicos**.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

3. En México, la historia del consumo energético al igual que en resto del mundo, refleja el desempeño económico que hemos vivido.

Durante el período estudiado en esta tesis (1982-1993) se observó un decremento global en la producción de Energía Primaria así como en las Exportaciones, en tanto que las Importaciones y el Consumo de los diferentes Sectores Económicos fue creciente y, aunque en general hubo Crecimiento Económico, éste no fue el óptimo, ya que nuestro consumo energético creció siempre con tasas superiores a las de aquél.

En el futuro, nuestro país debe llevar a cabo una planeación energética tal que, en primer lugar, el consumo de Energía no crezca a tasas superiores a las del crecimiento económico y, en segundo término, la suma de la Producción y la Exportación de Energía superen a la suma de la Importación y el Consumo de los diferentes Sectores. Para ello, será necesario que los consumidores de cada sector dediquen mayores recursos a la investigación y al desarrollo y puesta en marcha de programas de eficiencia energética (Ahorro y Conservación de la Energía) que les permitan seguir produciendo, cada vez más, y crecer económicamente hablando con menores cantidades de Energía.

4. Por su participación a la producción y consumo en México, los energéticos más importantes por orden han sido el Petróleo; el Gas Natural; la Biomasa; la Hidro, Geo y Nucleoenergía; y el Carbón. (ANEXO A.).

Debemos enfocarnos hacia un menor consumo interno del petróleo y tratar de crear mayores reservas para el futuro así como para la exportación por un lado, y por el otro, aprovechar más y mejor otras fuentes de Energía alternas que no sean tan contaminantes y preferentemente renovables.

En el caso del gas natural, energético de origen fósil del que contamos con importantes reservas a nivel mundial pero cuya producción y consumo fueron

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

decrecientes, se trata de un combustible limpio que presenta grandes ventajas ante el petróleo, el carbón y el combustóleo pero, cuya explotación no ha sido la óptima y necesaria para darle un mejor uso debido principalmente a que se requieren de grandes capitales de inversión para tener la infraestructura de explotación y de distribución adecuadas para satisfacer los requerimientos de todo el país. En el futuro, será necesario poner especial atención a este combustible en México, pues con los cambios tecnológicos que ya se empiezan a dar en las diversas industrias de nuestro país, su demanda llegará a ser tal que, si internamente no somos capaces de satisfacerla, tendremos que hacerlo recurriendo a la importación del mismo, ya que tampoco podemos continuar haciendo uso intensivo de combustibles tan altamente contaminantes y de bajo poder calorífico como lo es el combustóleo.

5. Los sectores económicos de mayor consumo energético en México son el Sector Energético (34.64%); el Sector Transporte (25.907%); el Sector Industrial (21.85%); el Sector Residencial, Comercial y Público (15.46%); y el Sector Agropecuario (1.689%); siendo los sectores Residencial, Comercial y Público, y el Industrial, los que mayor participación tienen en la contribución al Producto Interno Bruto (PIB) nacional (primero y segundo lugares respectivamente), y los otros tres, son también contribuyentes importantes, aunque el Sector Energético tiene una contribución muy baja al PIB comparada con su consumo de Energía (opera con una Intensidad Energética muy elevada), apoyando así el hecho de que en este caso, el desarrollo sectorial, como la economía global, está ligado al consumo energético, aunque este no se lleve a cabo en la forma más eficiente.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

6. En México, la ineficiencia energética es el resultado de:

- la falta de información de los usuarios finales de la Energía;
- las políticas de precios subsidiados de la Energía, los cuales no reflejan el costo real de producción ni el costo social de sus efectos dañinos al ambiente, pero si provocan el incremento indiscriminado de la demanda;
- la presencia de los monopolios que operan y administran el sistema energético nacional, inhibiendo la libre competencia y la mayor productividad y competitividad en el Sector Energético;
- la ausencia total de incentivos fiscales y financieros para la inversión y el desarrollo en el campo de la Energía.

Por ello, es necesario que sigamos el ejemplo de otros países más avanzados en el campo de la Energía, implementando los ya mencionados programas de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía:

- sustitución de combustibles altamente contaminantes y de bajo poder calorífico por combustibles limpios y de alto poder calorífico (como es el caso del gas natural en lugar del combustóleo en la producción de electricidad);
- aprovechamiento de las fuentes alternas de Energía, como la Solar, la Hidráulica, la Biomasa, y la Nuclear en la producción de Energía Eléctrica;
- eliminación de subsidios a la Energía y, por qué no, implementación de programas de incentivos fiscales y financieros a los ahorradores de Energía;
- ***Inversión de más recursos humanos y económicos en la Investigación y desarrollo*** de nuevas tecnologías propias para el mediano y largo plazos y, adoptar y adaptar a nuestras necesidades inmediatas tecnologías extranjeras de punta en el corto, basados en el *análisis termodinámico de procesos*, para ser aplicadas ***en aquellas campos de la Energía en los que se detecten oportunidades reales.***
- adopción de los sistemas de Cogeneración para la producción de Energía Eléctrica y Térmica para los procesos industriales,

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

- optimización de los procesos de producción de combustibles para el transporte, su reformulación y/o sustitución por combustibles más limpios y con altos índices de octano, así como en la operación de los motores vehiculares y de los convertidores catalíticos, cuyo rango de operación óptima es sumamente estrecho.
- reorganizando los monopolios existentes y llevándolos a otros esquemas de operación técnica, administrativa y financiera que les permitan operar más eficientemente y ser competitivos;

con lo que lograremos:

- la selección óptima de nuestras fuentes de Energía;
- eliminación de desperdicios;
- favorecer el mayor desarrollo técnico, industrial y económico de México.

7. En nuestro país, al igual que en el resto de los países en desarrollo y como ocurre ya en los países más industrializados, debemos enfocarnos hacia un crecimiento industrial y económico estables y adecuados con un menor consumo energético, es decir, ***debemos ser capaces de producir más para satisfacer la totalidad de nuestras necesidades con menor consumo de Energía***, para lograr que la Intensidad Energética, que es una medida de la Eficiencia Energética, sea permanentemente decreciente.

Ya que el crecimiento económico que necesitamos para satisfacer la demanda social de empleos y el bienestar económico generalizado de la población así lo requiere, ***la demanda futura de Energía continuará inevitablemente en ascenso***, pero si permitimos que continúe el uso intensivo e ineficiente de los energéticos, el crecimiento económico sólo se podrá alcanzar mediante un incremento similar en la demanda de Energía y, continuaremos operando en forma energéticamente ineficiente. Por ello, ***es necesario fijar un objetivo nacional de largo plazo que nos permita planear con una verdadera política energética.***

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

En este trabajo se propone una Intensidad Energética objetivo para el año 2020 basada en la información internacional del Consejo Mundial de la Energía de 1992, y que junto con los escenarios de crecimiento económico propuestos según las expectativas oficiales actuales, nos llevaría a alcanzar el equilibrio entre el desarrollo económico y el consumo energético ideales (el segundo siempre con una tasa de crecimiento inferior a la del primero) durante el segundo lustro del siguiente siglo con valores de PIB estimados ligeramente superiores al 4% anual y, si seguimos encaminados hacia dicho objetivo, para el año 2020 lograríamos el desarrollo económico esperado, con un PIB del 7% anual, y con cerca del 30% menos Energía que la que requeriremos si continuamos con la tendencia de consumo actual. (LAMINAS 4.1 a la 4.16).

8. En lo que al efecto que tienen los precios de los energéticos sobre el resto de la economía nacional se refiere, se encontró que, con las suposiciones planteadas en esta tesis sobre la participación de los diferentes sectores económicos en la Matriz Insumo-Producto de México para el año 1980 y que fueron mantener constante la participación porcentual sectorial a través del tiempo y, un aumento del 50% en los precios de los energéticos basados en el reciente aumento real del precio de las gasolinas en el país, los precios del productor para el resto de los sectores económicos invariablemente se ven afectados por un incremento que, es más importante justamente en aquellos sectores de mayor consumo energético, como son la industria del cemento, la del vidrio, la petroquímica básica e industria química, la del papel y cartón, y el sector comunicaciones y transportes, en los que los precios se elevan dentro del rango del 3 al 7.2% y, el nivel general de precios se eleva 3.32%.

Esto, nos da una clara idea de la influencia que tienen los energéticos para el desarrollo de los diversos sectores productivos, no solo en nuestro país, sino en todo el mundo.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

9. La principal fuente de contaminación en México es el autotransporte urbano, seguido por la industria de la transformación, y cuyas emisiones tóxicas son promotoras de la lluvia ácida, el smog y el efecto de invernadero.

Por ello, para evitar que los combustibles que queman los autotransportes continúen degradando la calidad de nuestro ambiente y de nuestra salud, es por demás importante recurrir a la reformulación de combustibles y/o a la búsqueda de combustibles alternos para el transporte que cumplan con las características técnicas adecuadas a nuestras necesidades actuales, como son altos índices de octano; alto contenido de oxígeno; bajo contenido de aromáticos, azufre, olefinas y plomo, y baja presión de vapor; y también se requieren mejoras tecnológicas en los motores de los vehículos; por lo que es necesaria la participación tanto de los productores de combustibles (PEMEX), como del gobierno, de la industria automotriz, y aún de los propios usuarios.

Actualmente ya se llevan a cabo procesos de reformulación de gasolinas en México, pero no es suficiente y, el porcentaje en el que se usan aún es reducido (20% en 1994).

10. Por otro lado, se debe reiterar que también en los demás campos debemos continuar con el uso de fuentes alternas para la producción de Energía Eléctrica, campo que ya tiene gran avance en nuestro país con aplicaciones de Energía Solar en comunidades rurales, así como plantas hidroeléctricas, eólicas, geotérmicas y nucleares; pero que se requieren de grandes inversiones para seguir por este camino y por lo que ya es necesaria la participación de los particulares en esta empresa.

11. Finalmente, es importante añadir que el Ingeniero Químico juega un papel preponderante en el estudio y aplicaciones de la Energía debido a que ésta se ve directamente involucrada con su principal campo de desempeño laboral, por lo que

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

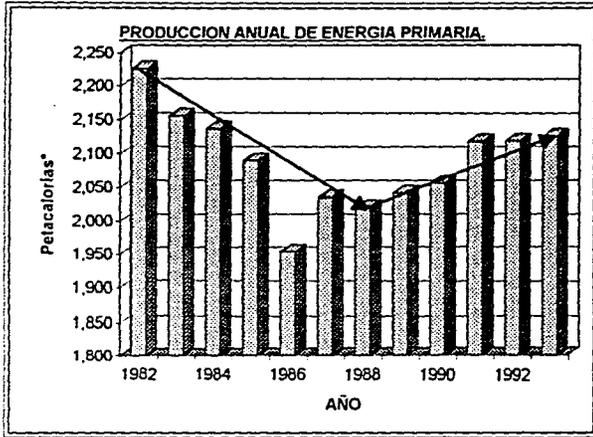
debe participar en forma activa para lograr que en todos aquellos procesos en los que interviene la Energía y, particularmente en los procesos de transformación industriales, se busquen y encuentren las opciones de operación adecuada en términos de eficiencia energética basándose en sus conocimientos de termodinámica, diseño y desarrollo de procesos de producción y, afianzando sus bases de economía, planeación y administración para ayudar a que nuestro país logre sus objetivos de crecimiento económico con base en la eficiencia energética.

También es importante que los Ingenieros Químicos sean promotores de los conocimientos que en materia de Energía, en este caso en particular, adquieran con la experiencia, y que tengan la capacidad y busquen la manera de difundirlos a la sociedad en general, para que cada vez más gente conozca y se conciente de lo importante que es la Energía para nuestro bienestar económico y social personales y a nivel nacional y, para ser cada vez más competitivos a nivel mundial gracias a su participación activa.

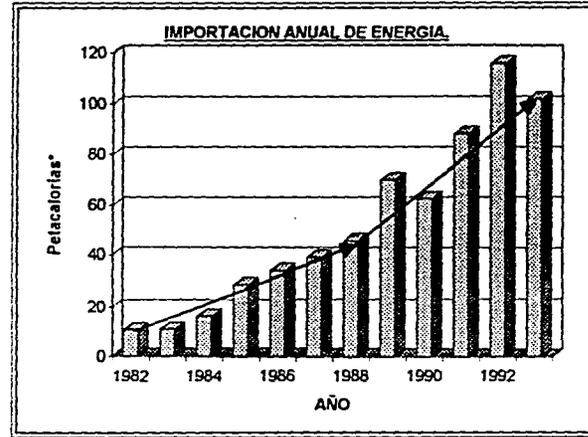
ANEXO A.

PANORAMA ENERGETICO NACIONAL, 1982 - 1993.

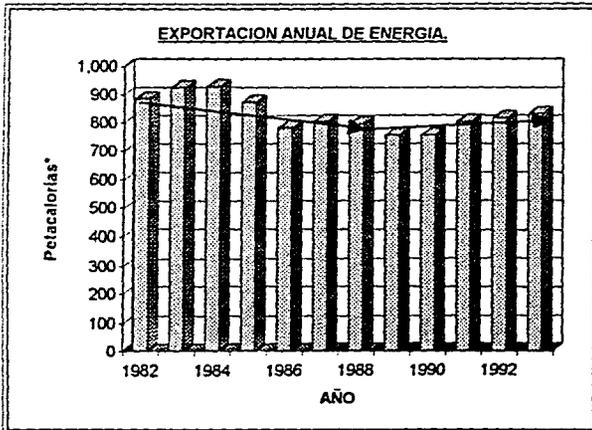
DESEMPEÑO ENERGETICO NACIONAL, 1982 - 1993.



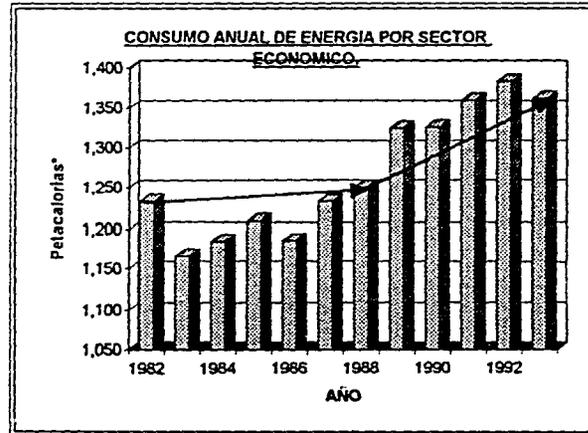
GRAFICA 1.



GRAFICA 2.



GRAFICA 3.



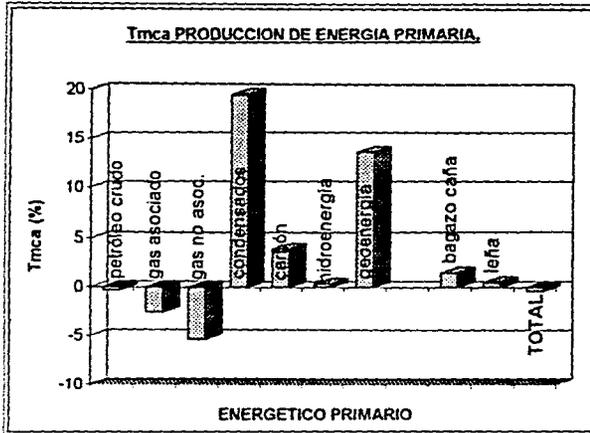
GRAFICA 4.

*NOTA: 1 Petacaloría = 1×10^{15} calorías.

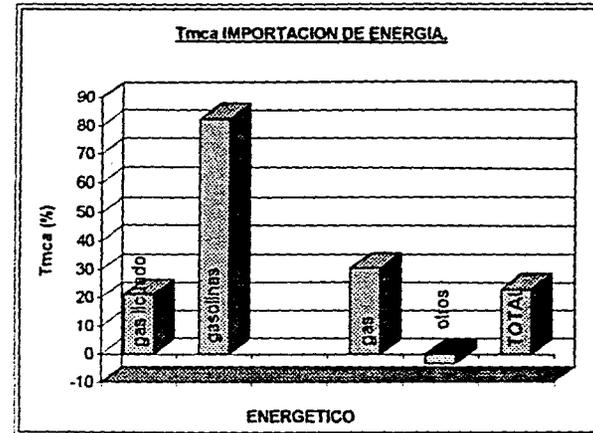
FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993, SEMIP.

LAMINA A.1.

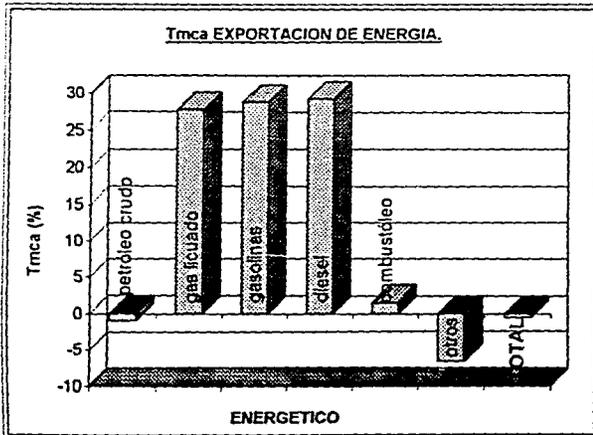
TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA ENERGIA EN MEXICO (Tmca), 1982 - 1993.



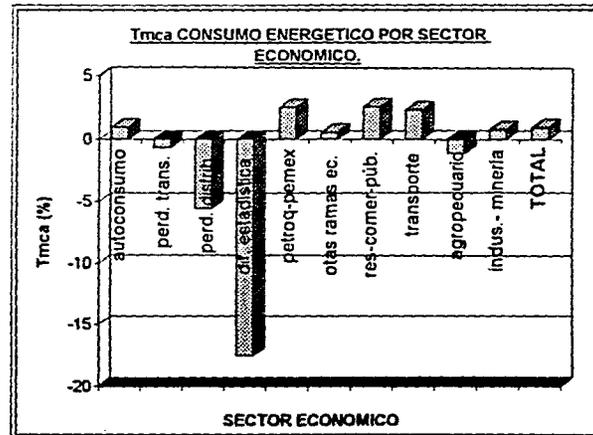
GRAFICA 5. (Tmca de la Nucleoenergía = 91.63%, no incluida).



GRAFICA 6. (Tmca del Combustóleo = 171.84%, no incluido).

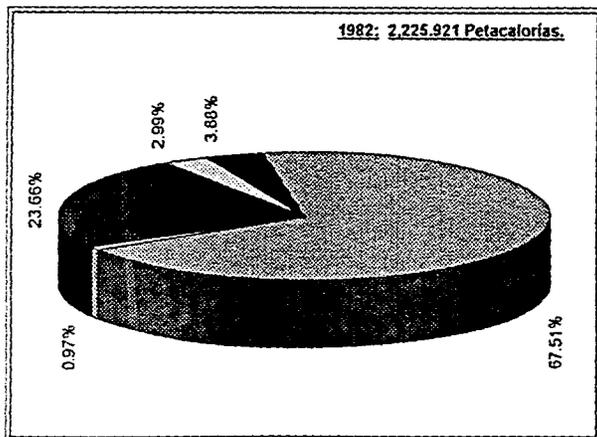


GRAFICA 7.

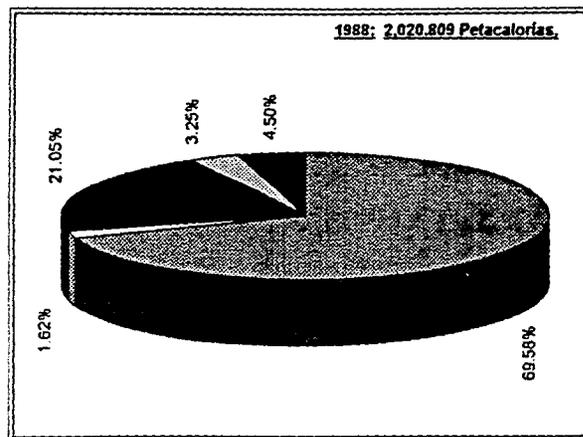


GRAFICA 8.

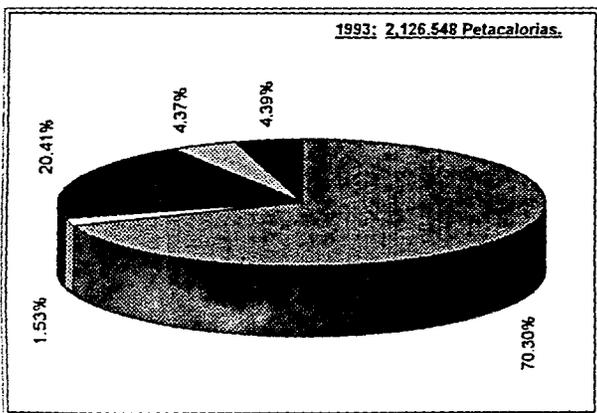
PARTICIPACION PORCENTUAL EN LA PRODUCCION NACIONAL DE ENERGIA PRIMARIA.



GRAFICA 9.



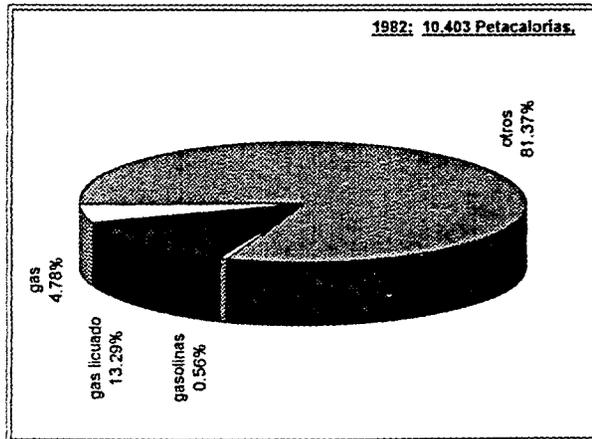
GRAFICA 10.



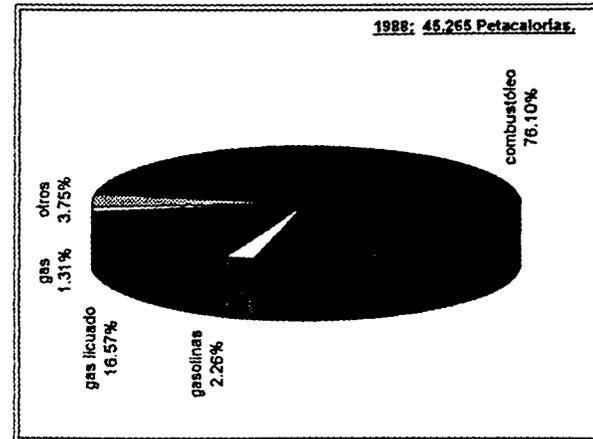
GRAFICA 11.

- petróleo crudo
- carbón
- gas asociado, no asociado y condensados
- ▨ hidro, geo y nucleoeenergía
- bagazo de caña y leña

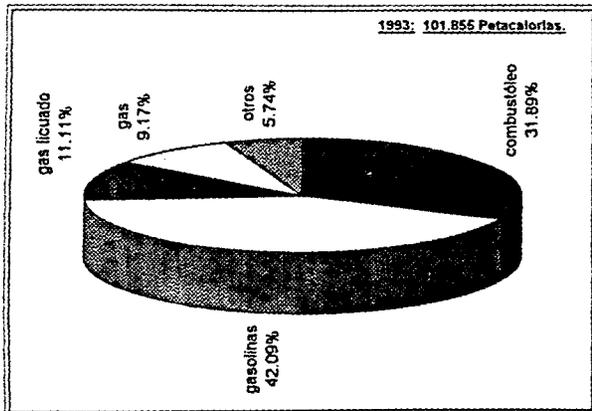
PARTICIPACION PORCENTUAL EN LAS IMPORTACIONES NACIONALES DE ENERGIA.



GRAFICA 12.



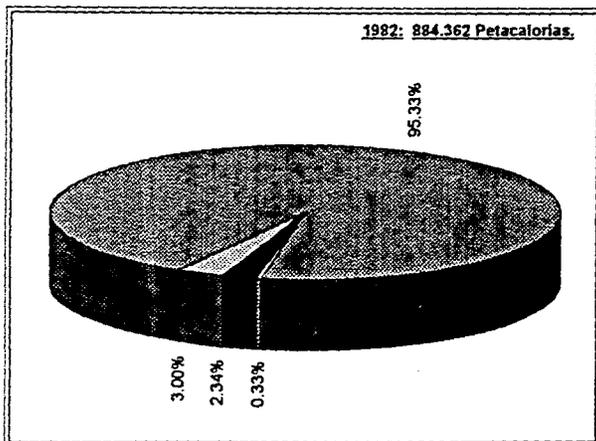
GRAFICA 13.



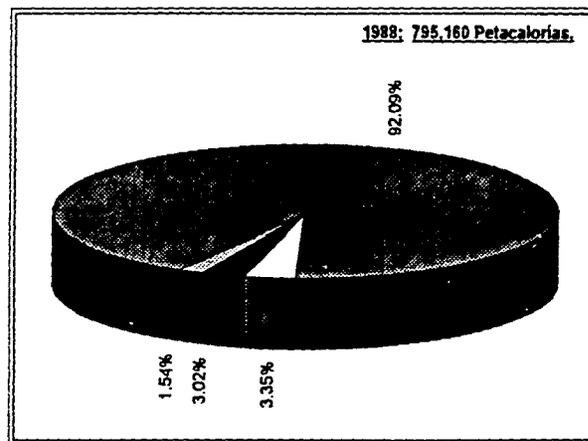
GRAFICA 14.

- otros:
- carbón
 - coque
 - kerosinas
 - diesel
 - productos no energéticos
 - electricidad

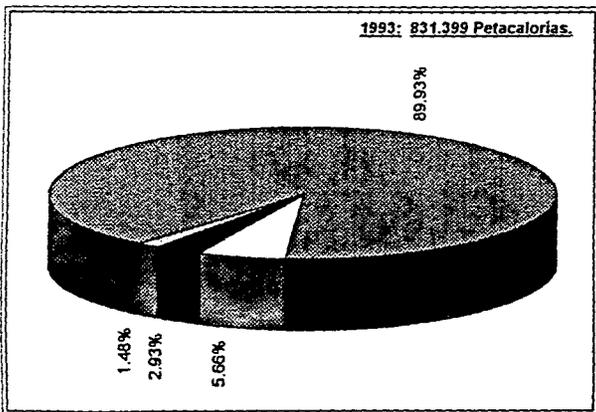
PARTICIPACION PORCENTUAL EN LAS EXPORTACIONES NACIONALES DE ENERGIA.



GRAFICA 15.



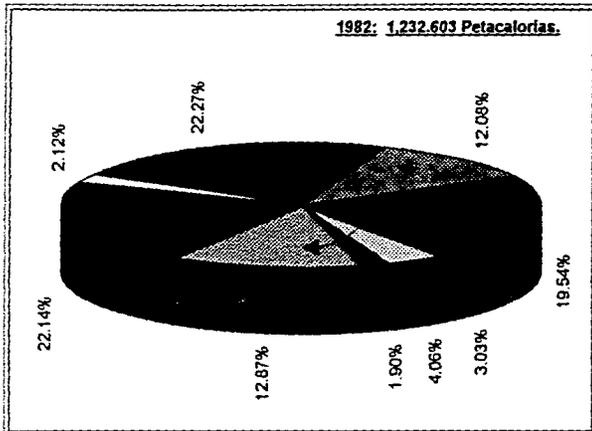
GRAFICA 16.



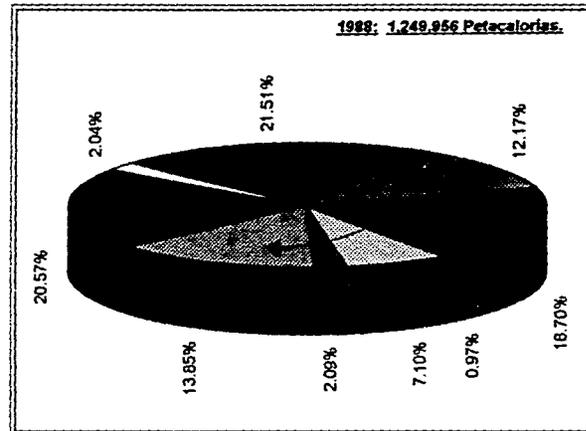
GRAFICA 17.

- | | | |
|-------------------|----------|----------------------------|
| ■ petróleo crudo | ■ otros: | - gas |
| □ gasli.gaso.dies | | - carbón |
| ■ combustóleo | | - coque |
| □ otros | | - kerosinas |
| | | - carga virgen |
| | | - productos no energéticos |
| | | - electricidad |

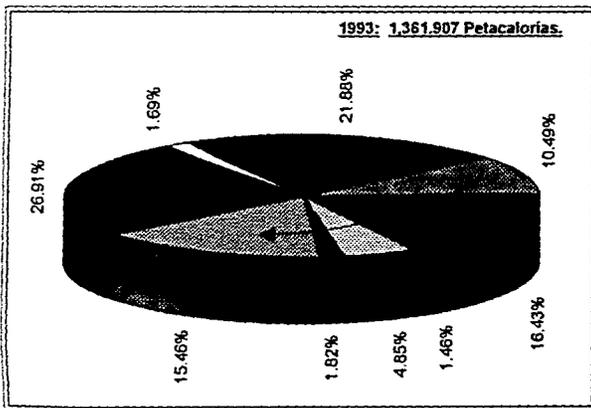
PARTICIPACION PORCENTUAL EN EL CONSUMO NACIONAL DE ENERGIA POR SECTORES ECONOMICOS.



GRAFICA 18.



GRAFICA 19.



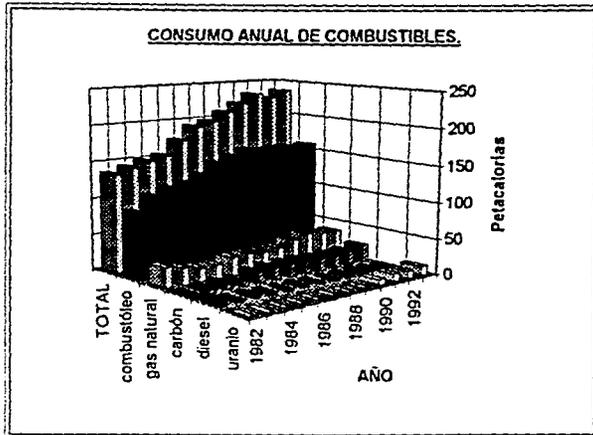
GRAFICA 20.

- autoconsumo
- petroq-pemex
- transporte
- perd. trans.
- otras ramas ec.
- agropecuario
- perd. distrib.
- res-comer-púb.
- indus.- minería

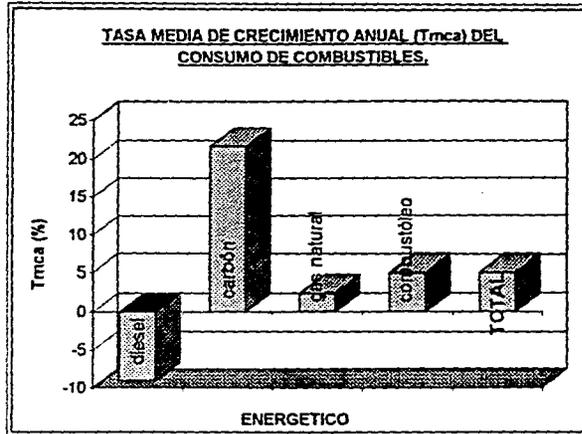
FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993, SEMIP.

LAMINA A.6.

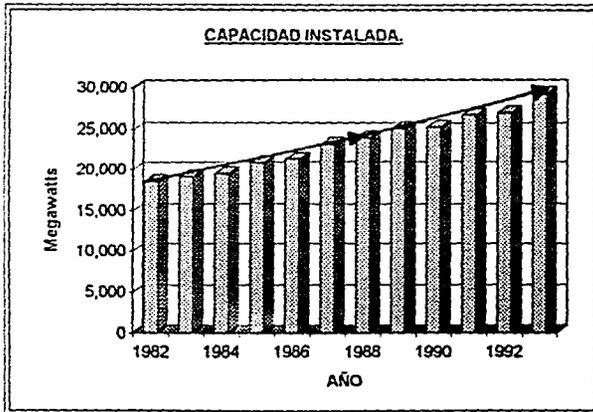
GENERACION DE ENERGIA ELECTRICA EN MEXICO, 1982 - 1993.



GRAFICA 21.

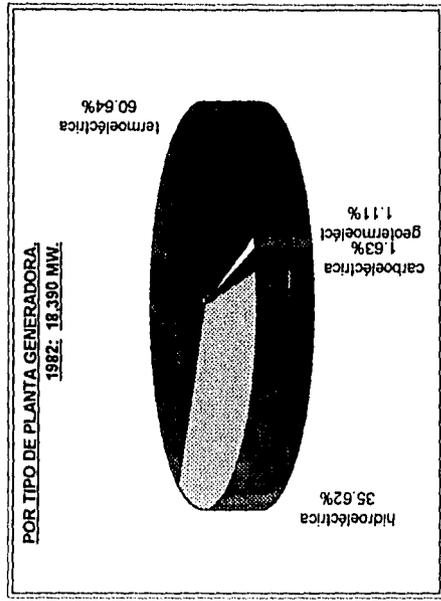


GRAFICA 22. (Tmca del Uranio = 91.63%, no incluido).

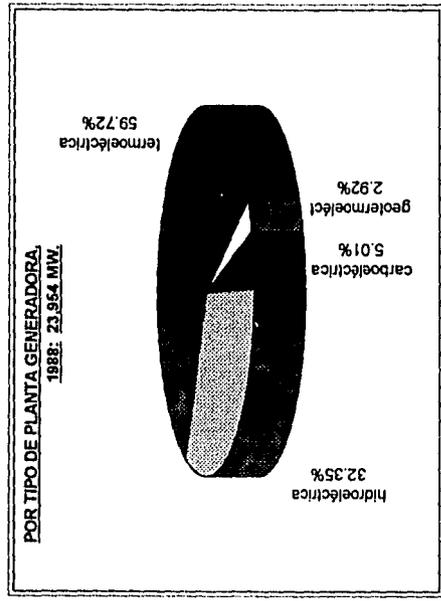


GRAFICA 23.

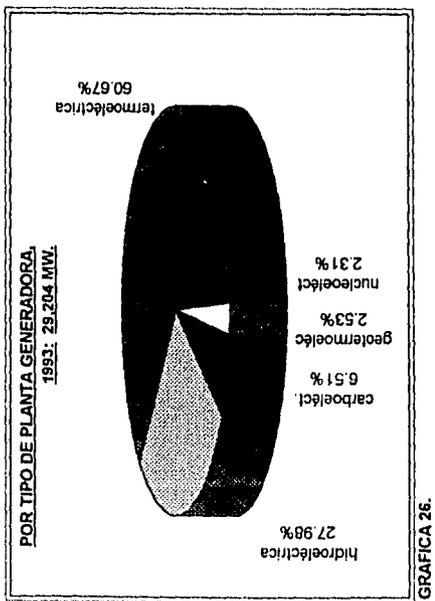
PARTICIPACION PORCENTUAL EN LA CAPACIDAD INSTALADA PARA LA GENERACION DE ELECTRICIDAD POR TIPO DE PLANTA GENERADORA Y POR TIPO DE INDUSTRIA AUTOGENERADORA.



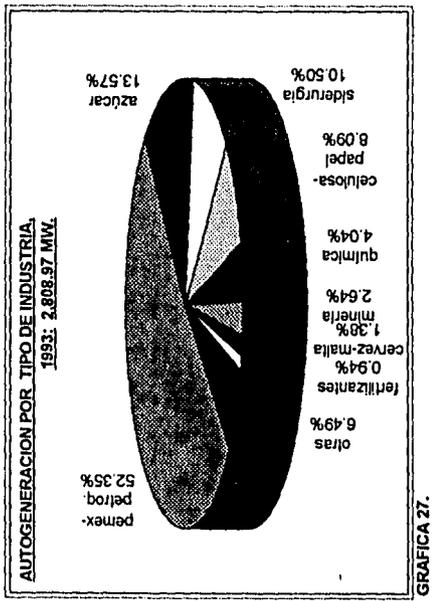
GRAFICA 24.



GRAFICA 25.



GRAFICA 26.



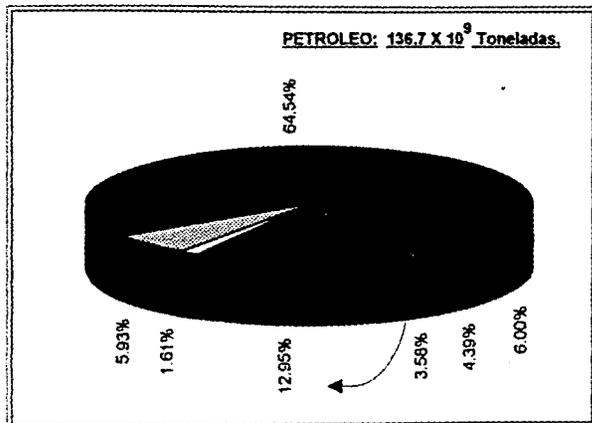
GRAFICA 27.

FUENTE: BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993, SEMIP.

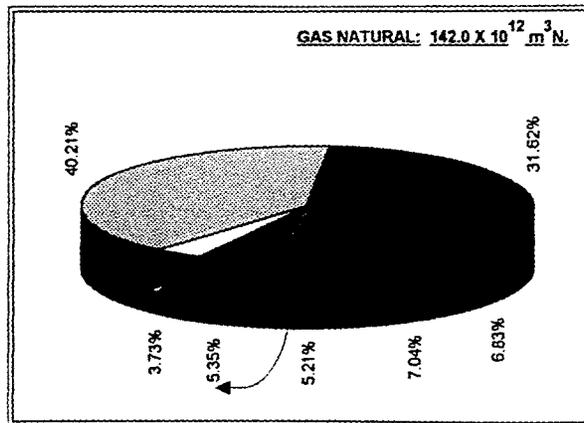
LAMINA A.8.

ANEXO B.
PANORAMA ENERGETICO MUNDIAL, 1982 - 1993.

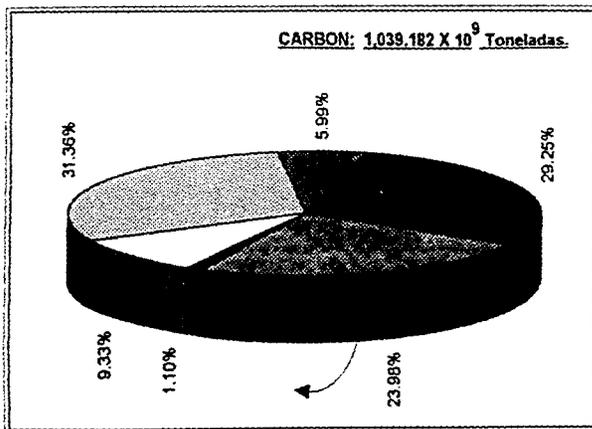
PARTICIPACION PORCENTUAL EN LAS RESERVAS MUNDIALES PROBADAS DE ENERGIA PRIMARIA*, 1993.



GRAFICA 1.



GRAFICA 2.



GRAFICA 3.

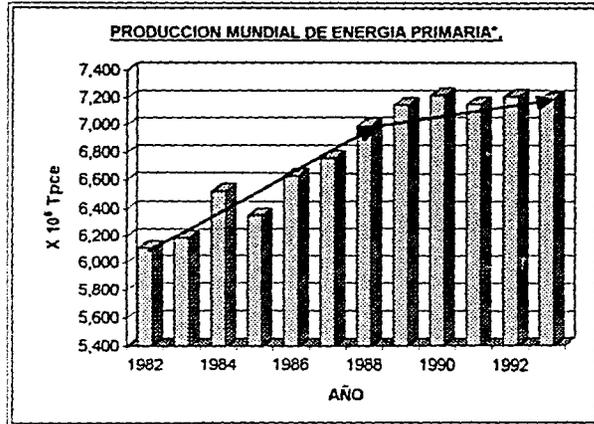
- Estados Unidos y Canadá
- América Latina
- Europa-OCDE
- Europa-no OCDE
- Medio Oriente
- Medio Oriente y África (acumulados para el CARBON)
- Africa
- Asia y Australia

NOTA: 1 Tpc = 7.33 barriles de Petróleo crudo = 308 galones (US) de Petróleo crudo.

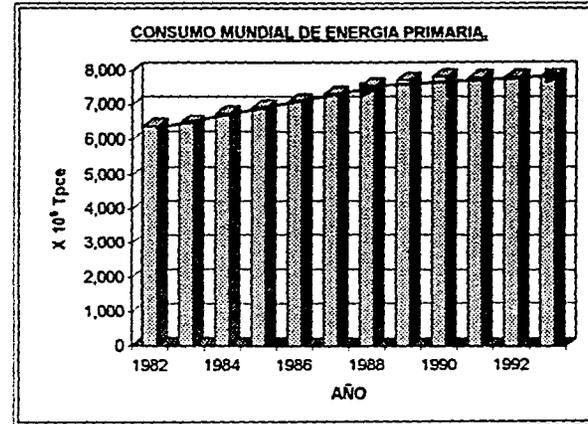
FUENTE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 1993, JUNE 1994.

LAMINA B.1.

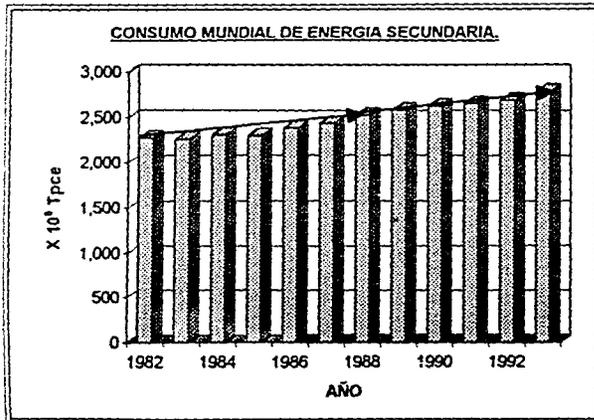
DESEMPEÑO ENERGETICO MUNDIAL, 1982 - 1993.



GRAFICA 4. (*No incluye Hidroelectricidad y Nucleoenergía).



GRAFICA 5.



GRAFICA 6.

1 Tpce = 1 Tonelada de Petróleo Crudo Equivalente.

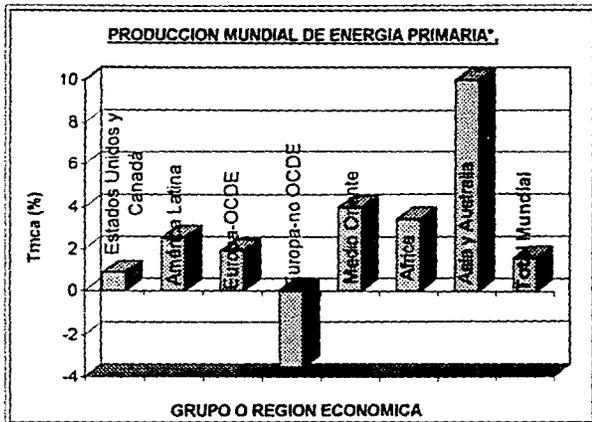
1 Tpce = 1,111 m³ de Gas.

1 Tpce = 1.5 Toneladas de Carbón.

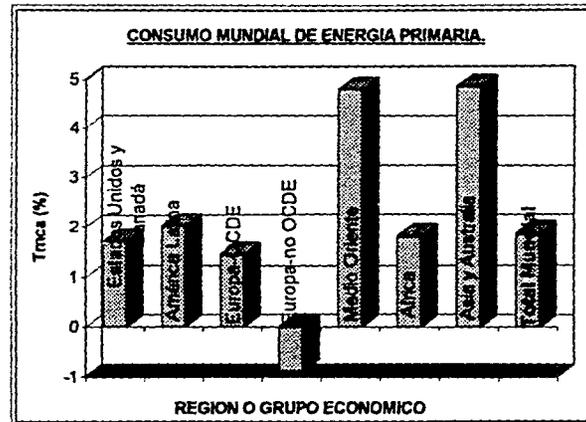
1 Tpce = 7.33 barriles = 308 gal (US).

Estos valores son las equivalencias promedio aproximadas para el año 1993.

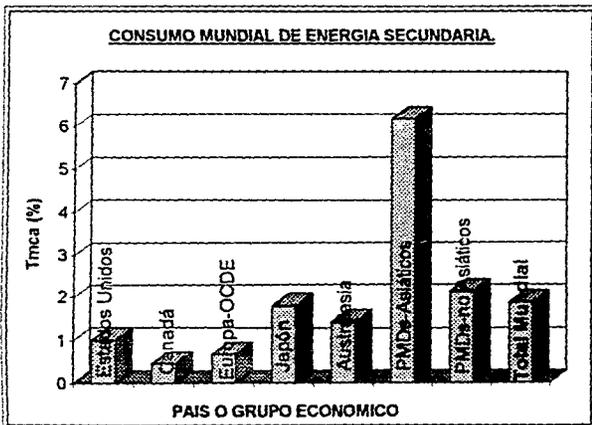
TASAS MEDIAS DE CRECIMIENTO ANUAL DE LA ENERGIA MUNDIAL (Tmca), 1982 - 1993.



GRAFICA 7. (*No incluye Hidroelectricidad y Nucleoenergía).



GRAFICA 8.



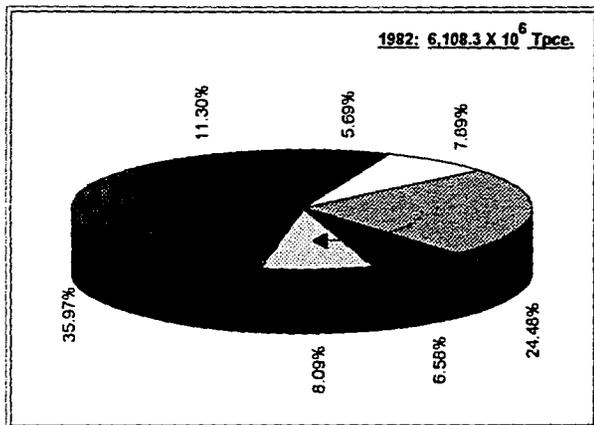
GRAFICA 9.

PMD's: Países Menos Desarrollados.
(Ver Tablas B.1. y B.2., Anexo B.)

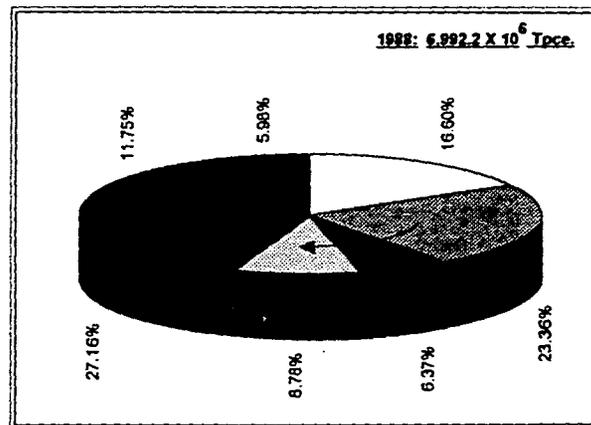
NOTA: 1 Tmca = 7.33 barriles de Petróleo crudo = 308 galones (US) de Petróleo crudo.

FUENTE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 1993, JUNE 1994.

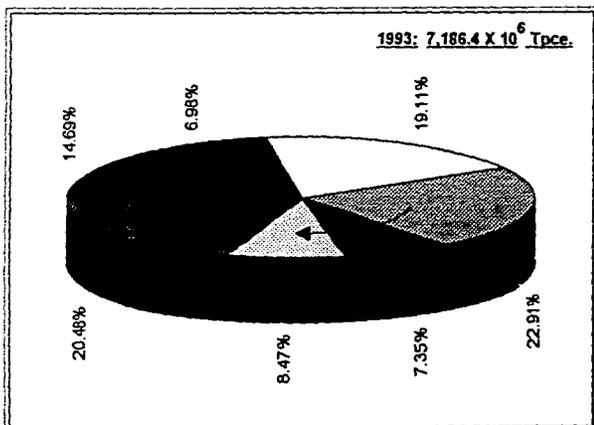
PARTICIPACION PORCENTUAL EN LA PRODUCCION MUNDIAL DE ENERGIA PRIMARIA.



GRAFICA 10.



GRAFICA 11.

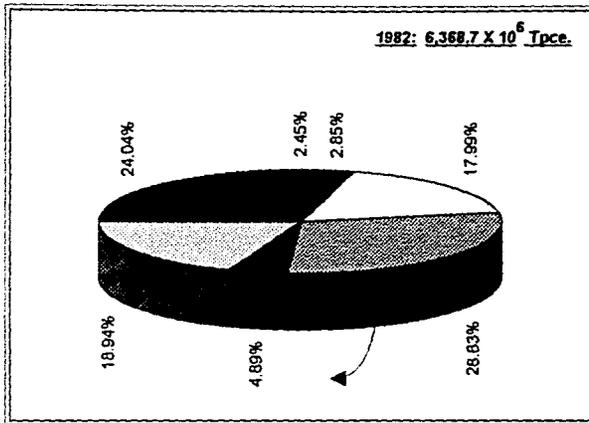


GRAFICA 12.

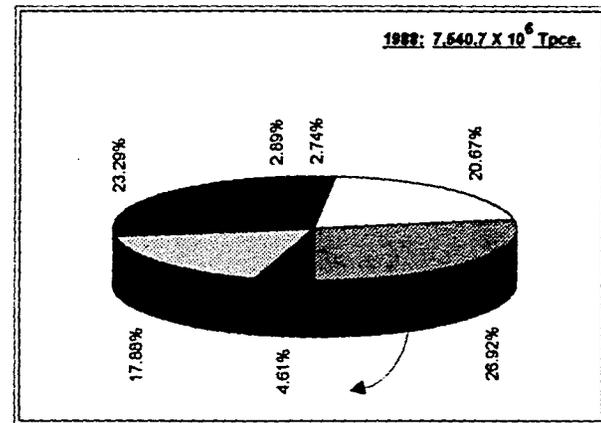
- ▣ Estados Unidos y Canadá
- ▣ América Latina
- ▣ Europa-OCDE
- ▣ Europa-no OCDE
- ▣ Medio Oriente
- ▣ Africa
- ▣ Asia y Australia

NOTA: 1 Tpce = 7.33 barriles de Petróleo crudo = 308 galones (US) de Petróleo crudo.
 FUENTE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 1993, JUNE 1994.

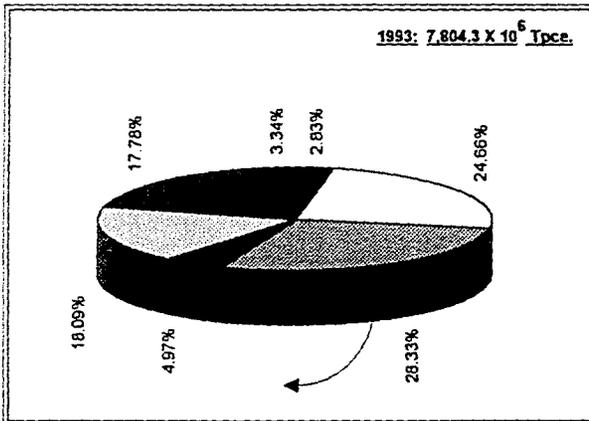
PARTICIPACION PORCENTUAL EN EL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA PRIMARIA.



GRAFICA 13.



GRAFICA 14.



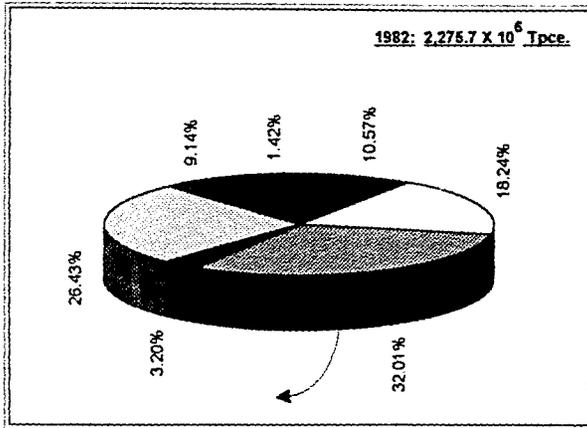
GRAFICA 15.

- ▣ Estados Unidos y Canadá
- ▣ América Latina
- ▣ Europa-OCDE
- ▣ Europa-no OCDE
- ▣ Medio Oriente
- ▣ Africa
- ▣ Asia y Australia

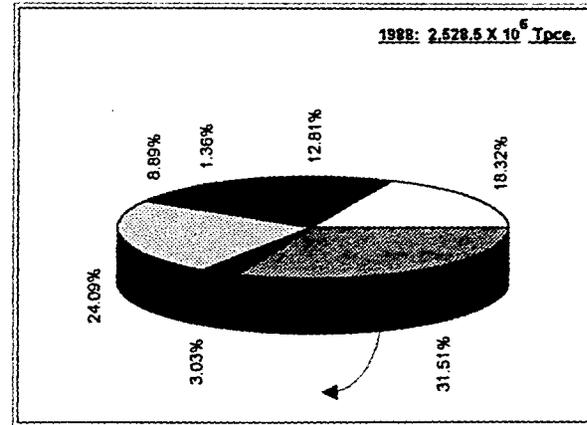
NOTA: 1 Tpce = 7.33 barriles de Petróleo crudo = 308 galones (US) de Petróleo crudo.

FUENTE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 1993, JUNE 1994.

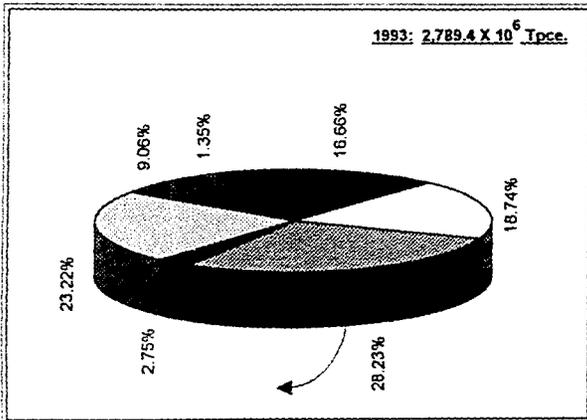
PARTICIPACION PORCENTUAL EN EL CONSUMO MUNDIAL DE ENERGIA SECUNDARIA.



GRAFICA 16.



GRAFICA 17.



GRAFICA 18.

- ▣ Estados Unidos y Canadá
- ▣ Europa-OCDE
- ▣ Medio Oriente
- ▣ Asia y Australia
- América Latina
- Europa-no OCDE
- África

NOTA: 1 Tpce = 7.33 barriles de Petróleo crudo = 308 galones (US) de Petróleo crudo.

FUENTE: BP STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY 1993, JUNE 1994.

LAMINA B.6.

REGION O GRUPO ECONOMICO y PAISES INTEGRANTES

Norteamérica Estados Unidos (excluyendo Puerto Rico)	Africa del Norte desde Egipto hasta el Sahara Occidental en la costa norte del continente africano
Canadá	
América Latina	Africa Occidental desde Mauritania hasta Angola incluyendo las islas Cabo Verde en la costa occidental del continente africano
México	
Islas del Caribe (Incluyendo Puerto Rico)	Africa del Sureste desde Sudán hasta Sudáfrica incluyendo Namibia, Malawi y Madagascar
Países de Centroamérica	
Argentina	Asia
Brasil	Brunei
Colombia	Cambodia
Ecuador	China
Venezuela	Hong-Kong
otros países sudamericanos	Indonesia
Europa OCDE	Japón
Países europeos miembros de la OCDE	Laos
	Malasia
Europa no-OCDE	Mongolia
Albania	Corea del Norte
Bulgaria	Filipinas
Checoslovaquia	Singapur
Hungría	Afganistán
Polonia	Bangladesh
Rumania	India
Rusia	Nepal
Ucrania	Pakistán
Azerbaijan	Sri-Lanka
Kazakhstan	Corea del Sur
Turkmenistan	Taiwán
Uzbekistan	Tailandia
Yugoslavia	Vietnam
Chipre	Nueva Guinea
Gibraltar	islas del Pacífico suroccidental
Malta	
Medio Oriente	Australasia
Países de la Península Arábiga	Australia
Irán	Nueva Zelanda
Iraq	
Israel	
Líbano	
Siria	

TABLA B.1.

REGION O GRUPO ECONOMICO y PAISES INTEGRANTES

PAISES MIEMBROS DE LA OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico).	PAISES MIEMBROS DE LA OPEP (Organización de Países Exportadores de Petróleo).
<p>EUROPA</p> <p>Alemania</p> <p>Austria</p> <p>Bélgica</p> <p>Dinamarca</p> <p>España</p> <p>Finlandia</p> <p>Francia</p> <p>Grecia</p> <p>Islandia</p> <p>República de Irlanda</p> <p>Italia</p> <p>Noruega</p> <p>Países Bajos</p> <p>Portugal</p> <p>Reino Unido</p> <p>Suecia</p> <p>Suiza</p> <p>Turquía</p> <p>otros países miembros</p> <p>Australia</p> <p>Canadá</p> <p>Estados Unidos</p> <p>Japón</p> <p>Nueva Zelanda</p>	<p>AMERICA LATINA</p> <p>Ecuador (que se retiró del grupo a fines de 1992)</p> <p>Venezuela</p> <p>MEDIO ORIENTE</p> <p>Irán</p> <p>Iraq</p> <p>Kuwait</p> <p>Katar</p> <p>Arabia Saudita</p> <p>Emiratos Arabes Unidos</p> <p>AFRICA DEL NORTE</p> <p>Argelia</p> <p>Libia</p> <p>AFRICA OCCIDENTAL</p> <p>Gabón</p> <p>Nigeria</p> <p>SUDESTE ASIATICO</p> <p>Indonesia</p>
<p>NOTA: México se integro a la OCDE en Mayo de 1994, por lo que no se considera como miembro oficial en esta lista</p>	<p>PAISES MENOS DESARROLLADOS (PMD's)</p> <p>América Latina</p> <p>Africa</p> <p>Medio Oriente</p> <p>Asia no-OCDE</p>

TABLA B.2.

* La lista de grupos considerada es válida sólo hasta el año de 1992.

ANEXO C.
**BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE
DE LA ENERGIA.**

ANEXO C.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

C.1. INTRODUCCION: CONCEPTOS BASICOS.

FISICOQUIMICA: Es la ciencia que estudia las propiedades físicas y la estructura de la materia, así como las leyes que rigen la interacción química de ésta. Estudia todos los cambios físicos y químicos de los fenómenos de la naturaleza.

TERMODINAMICA: Ciencia fenomenológica que estudia las transformaciones que sufren los sistemas macroscópicos sin profundizar en explicaciones moleculares o microscópicas. Estudia el uso y la conversión de la *Energía* en sus diferentes formas.^[80]

La Termodinámica, es ajena al conocimiento que se tenga de la estructura molecular de los materiales, considerando a las sustancias como un todo y sin tomar en cuenta lo que ocurre en las transformaciones físicas y químicas que aquéllos sufren.

Las propiedades de las sustancias que se utilizan en los estudios termodinámicos se miden de manera experimental ya sea en forma directa o a través

^[80] E. Bazúa Rueda. 1992. Bases Termodinámicas para el Uso Eficiente de la Energía. Diplomado de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía. Facultad de Química, U.N.A.M.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

de la medición de otras cantidades o variables como la presión, la temperatura y la concentración.

Para lograr su objetivo, para la Termodinámica se ha desarrollado un formalismo que permite atacar problemas relacionados con el estudio de los *Sistemas en Equilibrio*, ampliando su campo de acción y permitiendo la solución de problemas tales como:

1. Cálculo de los requerimientos energéticos de un proceso, ya sea en su conjunto o, de las partes que lo componen, haciendo uso de los Balances de Energía.
2. Cálculo de los requerimientos mínimos de Energía para que se pueda llevar a cabo una transformación en un sistema, y formulación de las características que debe reunir el proceso para efectuar dicha transformación.
3. Determinación de las condiciones de equilibrio en procesos con transferencia de masa y en sistemas reaccionantes.
4. Evaluación de las propiedades termodinámicas necesarias en la resolución de los problemas anteriores a partir de datos experimentales.

Debido a que la Termodinámica es una ciencia que estudia los sistemas en equilibrio, no nos proporciona las herramientas necesarias para determinar la velocidad con la que se llevan a cabo los procesos, por lo que requiere del apoyo de la información que se puede obtener a través de los Fenómenos de Transporte y de la Cinética Química.

Si el Costo de un proceso se compone de dos factores:

- a) **Costos de Operación:** Están representados por el costo de los insumos (materias primas y energéticos) que se utilizan en el proceso de producción, y son variables porque dependen de su cotización en el mercado.
- b) **Costos Fijos:** Son aquéllos que no dependen del mercado, sino que representan una cantidad fija y anualizada del costo total de producción. Estos costos están representados por los equipos del proceso.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

entonces, de acuerdo con la Termodinámica, para lograr una disminución en los Costos de Operación es necesario reducir al máximo los gradientes de las variables que rigen al proceso; en tanto que los Fenómenos de Transporte y la Cinética Química indican que para reducir los Costos Fijos es necesario aumentar dichos gradientes. Lógicamente, un proceso bien diseñado debe contemplar ambas partes y balancear adecuadamente los dos factores. Algunos ejemplos clásicos de los gradientes de un proceso son la temperatura de acercamiento en los cambiadores de calor, la relación de reflujo de las torres de destilación, la relación de compresión en los compresores, el número de interenfriadores en los compresores, el diámetro económico de las tuberías, la caída de presión máxima permisible en cambiadores de calor y torres de destilación, etc.

Hay procesos en los que las condiciones de operación han sido fijadas basándose exclusivamente en criterios termodinámicos y, hay otros en que, la Termodinámica en conjunto con la Cinética Química indica las necesidades de desarrollo tecnológico para hacer factible un proceso o bien para disminuir el costo del mismo. Los valores que se asignan a los parámetros de diseño dependen de los costos relativos de la *Energía* y del Equipo.

SISTEMA: Es una parte del Universo que se aísla en un recipiente inerte, real o imaginario, para estudiar el efecto que los cambios en las variables presión (P), temperatura (T) y volumen (V) tienen sobre sus propiedades.^[81] Los sistemas pueden ser:

1. **abiertos:** cuando intercambian materia y energía con su entorno,
2. **aislados:** no intercambian ni materia ni energía con su entorno, y
3. **cerrados:** los que solo intercambian energía con su entorno.

y además pueden ser:

- a) **homogéneos:** los que contienen una sola fase, o
- b) **heterogéneos:** que están formados por dos o más fases.

^[81] S.H. Maron & C. F. Prutton. 1989. Fundamentos de Fisicoquímica. México.: LIMUSA.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

C.2. BALANCE DE ENERGIA EN SISTEMAS CERRADOS Y ABIERTOS.

PRIMERA LEY DE LA TERMODINAMICA.

- **Primera Ley de la Termodinámica:** "La cantidad de Energía existente en el universo es constante; es decir, la Energía no se crea ni se destruye, sólo se transforma".

En otras palabras, para una cantidad dada de una forma de Energía que desaparece, aparecerá otra forma de la misma en una cantidad igual a la que ha desaparecido. Así, si consideramos una cantidad de Energía Calorífica (Calor (Q)) agregada a un sistema, este Calor (Q) dará origen a un incremento en la Energía Interna (ΔU) del sistema y a la vez, originará cierta cantidad de Trabajo (W) hecho por el sistema sobre su entorno como consecuencia de la absorción calorífica:

$$(\Delta U) + (W) = (Q) \quad ; \quad \dots (1)$$

Para un determinado cambio de estado, el cambio en la Energía (ΔE) del sistema, depende sólo de los estados inicial (U_1) y final (U_2) de la Energía y no de la trayectoria que sigue el sistema para llegar de un estado al otro; en cambio, el Trabajo (W) y el Calor (Q) si dependen de dicha trayectoria.

Desde el punto de vista de la Mecánica, la Ley de la Conservación de la Energía se puede expresar como: "El Trabajo efectuado sobre un sistema es igual a la suma de los aumentos en sus Energías Cinética y Potencial.", pudiéndola expresar como:

$$W = \Delta (gMZ / g_c) + \Delta (Mv^2 / 2g_c) \quad ; \quad \dots (2)$$

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

donde:

W: Trabajo efectuado sobre el sistema, proporcionado a éste desde el exterior.

g: aceleración de la gravedad.

g_c: factor de conversión de unidades.

Z: altura del sistema con respecto a un plano de referencia.

M: masa del sistema o cuerpo sobre el cual se aplica el Trabajo.

v: velocidad con la que se mueve o desplaza el sistema.

Δ: representa una diferencia entre las propiedades finales e iniciales del sistema en estudio.

además, se considera que las propiedades del sistema, tales como la temperatura y la composición, no se alteran a través del tiempo, sino que solamente cambian la posición y velocidad del cuerpo o sistema.

Desde el punto de vista de la Termodinámica, el concepto de conservación de Energía Mecánica se amplía para considerar también situaciones en las que las propiedades del sistema *no permanecen constantes*, sino que cambian con el tiempo desde un estado inicial hasta un estado final.

Se ha demostrado en infinidad de ocasiones y por una gran cantidad de investigadores que *"un sistema aislado del exterior (adiabático), para pasar de un estado inicial A a un estado final B, requiere siempre la misma cantidad de trabajo W independientemente de la forma en que se lleve a cabo el cambio del estado A al estado B; dependiendo exclusivamente de esos estados inicial y final"*.

Si definimos que la **Energía Interna (U)** de un sistema adiabático se calcula como la diferencia entre la Energía Interna del sistema en un estado final B y la Energía Interna del mismo en un estado inicial A es igual a la cantidad de Trabajo (W) que se le debe suministrar al sistema para pasar de A a B, es decir:

$$W = U_B - U_A = \Delta U \quad ; \quad \dots (3)$$

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

entonces, ΔU depende única y exclusivamente de los estados A y B, y por lo tanto, la Energía Interna en los estados A y B es una propiedad del sistema que tiene las mismas características que la Temperatura, la Energía Potencial y otras que se definen de manea similar.

Si combinamos las Ecuaciones (2) y (3), obtenemos la *Ley de la Conservación de la Materia aplicada a un Sistema Adiabático* que sufre cambios en sus propiedades, su posición y su velocidad, de tal forma que:

$$W = \Delta E_p + \Delta E_c + \Delta U ; \quad \dots (4)$$

Si ahora generalizamos la ecuación anterior para Sistemas no Adiabáticos en los cuales se presenta intercambio de **Energía Térmica o Calor (Q)** con el entorno que los rodea; esto es, para **Sistemas Cerrados**, obtenemos la *Ecuación de la Primera Ley de la Termodinámica correspondiente al Balance de Energía para Sistemas Cerrados*:

$$W + Q = \Delta E_p + \Delta E_c + \Delta U ; \quad \dots (5)$$

El Balance de Energía para **Sistemas Abiertos**, en los que no sólo hay intercambio de Energía con el entorno, sino también de Materia, debe incluir los términos adicionales correspondientes a las corrientes de entrada y salida de ésta tal que:

$$\mathbf{ENTRADAS = SALIDAS + ACUMULACION}$$

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

con lo que la Ecuación de la Primera Ley de la Termodinámica para Sistemas Abiertos queda como:

$$\begin{aligned} W + Q + \sum [(h + (gz/gc) + (v^2/2gc))]_{ent} M_{ent} = \\ \sum [(h + (gz/gc) + (v^2/2gc))]_{sal} M_{sal} + \\ \Delta [(u + (gz/gc) + (v^2/2gc))]_{sist} M_{sist} \quad \dots (6) \end{aligned}$$

donde:

- h: Entalpía por unidad de masa, ($h = u + Pv$)
- u: Energía Interna del Sistema por unidad de masa.
- P: Presión de flujo.
- v: Volumen por unidad de masa (inverso de la densidad).
- Pv: Trabajo de flujo de la corriente.

Para Sistemas Cerrados donde $M_{ent} = M_{sal} = 0$, la Ecuación (6) se reduce a la (5) y, para Sistemas en Régimen Permanente en los que las propiedades del sistemas no cambian con el tiempo, el término $\Delta []_{sist}$ es igual a CERO.

La mayoría de la veces, los términos de las Energías Cinética y Potencial son despreciables, sólo se utilizan en aquellos casos donde hay una diferencia apreciable de altura y velocidad entre las corrientes de entrada y salida.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

**C.3. BALANCE DE ENTROPIA EN SISTEMAS CERRADOS Y ABIERTOS.
SEGUNDA LEY DE LA TERMODINAMICA.**

- **Segunda Ley:** *"Toda la Energía del universo se transforma de manera irreversible en Energía Calorífica; es decir, toda las formas de Energía existentes se pueden transformar en Energía Calorífica pero ésta no se puede transformar en las otras en su totalidad".*

A temperatura ambiente, el Calor (Q) se transforma en Trabajo (W) sólo a expensas de algún cambio permanente (irreversible) en el sistema comprendido o en sus alrededores.

El incremento en la Entropía (S) en un ciclo irreversible (llevado a cabo en un tiempo "finito") es el resultado de la conversión del Trabajo en Calor:

$$(\Delta S) = (Q/T) > 0 ; \dots (7)$$

así, *"todo proceso natural se lleva a cabo con un incremento en la entropía del sistema afectado y, la dirección del cambio es aquella que conduce a tal aumento".*

C.3.1. CONCEPTOS BASICOS.

EQUILIBRIO TERMODINAMICO.

"Un sistema se encuentra en equilibrio cuando sus propiedades no cambian con el tiempo y no dependen de la trayectoria seguida por el sistema para llegar a este estado."

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

TEMPERATURA.

1. Si dos cuerpos que se encuentran en contacto térmico se encuentran en equilibrio termodinámico entonces tienen la misma temperatura.
2. Si ponemos en contacto térmico dos cuerpos A y B y observamos que fluye calor del cuerpo A al cuerpo B entonces la temperatura del cuerpo A es mayor que la del cuerpo B.

La Temperatura es una medida física del calor de un cuerpo.

PROCESO REVERSIBLE.

"Un proceso es reversible cuando un sistema pasa de un estado inicial A a un estado final B sin salir del equilibrio y las interacciones con el exterior son a través de gradientes infinitesimales".

Los procesos reversibles son los que se pueden llevar a cabo en ambas direcciones (A \longleftrightarrow B), pasando el sistema por los mismos estados intermedios y produciéndose los mismos cambios en el exterior pero de signo contrario (W y Q).

"Conforme un proceso se acerca al comportamiento reversible, el consumo de Energía es menor, pero aumenta el costo de los equipos porque se reducen los gradientes que lo conducen".

PROCESO IRREVERSIBLE.

"Los procesos son irreversibles cuando al pasar un sistema en forma espontánea de un estado A a un estado B hay cambios en sus propiedades". La irreversibilidad de un proceso se puede deber bien a que no hay equilibrio interno del sistema o a un desequilibrio con el exterior en donde los gradientes entre sus propiedades son apreciables, o a ambas. Un sistema que se encuentra en

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

desequilibrio interno presenta gradientes al interior del mismo que provocan flujos internos de materia y energía.

Algunas de las irreversibilidades que se presentan con mayor frecuencia en los procesos químicos son:

1. Mezclado de corrientes que se encuentran a diferentes condiciones de Presión y Temperatura o que tienen diferente composición.
2. Transferencia de Calor a través de gradientes de Temperatura muy grandes, como es el caso de los Cambiadores de Calor.
3. Expansiones súbitas en las que no hay recuperación de Trabajo (W), como en las válvulas reductoras de presión.
4. En la fricción, donde el Trabajo (W) o Energía Mecánica se convierte en Calor (Q) o Energía Térmica, causada por: rozamiento de partes móviles en equipos como bombas, compresores y turbinas; fricción producida por flujos viscosos de líquidos y gases.
5. Transformación de Energía Térmica en Calor: disipación del calor por el paso de una corriente eléctrica a través de una resistencia eléctrica, como en los focos; pérdidas en motores eléctricos.
6. En general, todas las reacciones químicas con altas velocidades de reacción. (Las que más se acercan a un proceso reversible son las reacciones electroquímicas).

PROCESO CUASISTATICO.

"Son procesos irreversibles que se encuentran en equilibrio interno pero presentan gradientes con el exterior, mismos que son los causantes de las irreversibilidades existentes".

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

C.3.2. CONVERSION DE ENERGIA TERMICA EN ENERGIA MECANICA.

Se tiene una fuente de Energía Térmica (Calor) como la generada por la combustión de gas o combustóleo, a una temperatura T_1 , y se quiere saber cuánta de esta Energía se puede transformar en Energía Mecánica (Trabajo) o de movimiento. La transformación se efectúa utilizando una "máquina térmica" que no sufrirá cambios durante el proceso de generación de Energía Mecánica; operará en forma cíclica y a régimen permanente. La parte de la Energía Térmica a T_1 que no se transforma en Energía Mecánica será desechada como Energía Térmica a T_2 , siendo $T_2 < T_1$.

La Eficiencia de Carnot (η) de la máquina térmica reversible, se define como la fracción de Calor absorbido que se transforma en Trabajo y siempre es inferior a la unidad; esta eficiencia depende exclusivamente de los niveles de temperatura entre los que opera la máquina térmica y no de sus características.

$$\eta_{rev} = (W_{rev} / Q) = 1 - (T_2 / T_1) ; \quad \dots (8)$$

en tanto que para una máquina térmica irreversible:

$$\eta_{irrev} = (W_{irrev} / Q) < 1 - (T_2 / T_1) ; \quad \dots (9)$$

además:

1. Ninguna máquina térmica puede ser más eficiente que una máquina reversible operando en el mismo nivel de temperaturas.
2. Todas las máquinas térmicas reversibles que operan en los mismos niveles de temperatura tienen la misma eficiencia.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

3. La eficiencia de una máquina térmica reversible depende exclusivamente de los niveles de temperatura de la fuente y del receptor del Calor.
4. Una máquina térmica irreversible tiene una eficiencia menor que una máquina térmica reversible operando bajo los mismos niveles de temperatura y, su eficiencia disminuye conforme más alejada se encuentra de la reversibilidad (a medida que aumentan las irreversibilidades). Por lo tanto, *las irreversibilidades consumen Trabajo.*
5. Debido a que no toda la Energía Térmica se transforma en Energía Mecánica, sino que una parte se disipa en forma de Calor, si se desea operar este proceso en forma continua por un largo período de tiempo, se requiere tener un cuerpo como receptor de Energía de desecho con capacidad prácticamente ilimitada y, para ello disponemos solamente del medio ambiente: agua de enfriamiento o aire atmosférico, siendo T_2 la temperatura del medio ambiente.
6. De la Ecuación (8) se desprende que cuanto mayor es T_1 , mayor será la eficiencia del proceso logrando obtener mayor cantidad de Trabajo por unidad de Energía Térmica. Así pues, se tiene una Energía Térmica de mayor calidad cuanto mayor es su temperatura.

C.3.3. ENTROPIA (S).

"Es la medida del desorden de un Sistema", y depende exclusivamente de sus estados inicial y final..

La Entropía sirve para cuantificar las irreversibilidades de un proceso y poder determinar cuánto trabajo se pierde a causa de ellas. También nos ayuda en los cálculos energéticos en procesos irreversibles o cuasiestáticos, así como para los estudios de equilibrio físico y químico.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

Para un proceso cíclico reversible en el que el Calor se convierte en Trabajo y luego el sistema regresa a su estado original, la diferencia entre la Entropía inicial (A) y final (B) de un sistema en equilibrio a lo largo de todo el proceso depende exclusivamente de los estados inicial y final del proceso y no de la trayectoria que se siguió y se define como:

$$S_B - S_A = \Delta S = \sum (Q_{rev} / T) = 0 \quad ; \quad \dots (10)$$

y para un proceso cíclico irreversible:

$$S_B - S_A = \Delta S = \sum (Q_{irrev} / T) < 0 \quad ; \quad \dots (11)$$

Generalizando, para cualquier proceso cíclico:

$$S_B - S_A = \Delta S = \sum (Q / T) = \sum (Q / T)_{AB} + \sum (Q / T)_{BA} \leq 0 \quad ; \dots (12)$$

donde:

T: Temperatura a la que se lleva a cabo la transferencia de Calor.

y la desigualdad es una medida de las irreversibilidades del proceso y se interpreta diciendo que existen dos contribuciones al aumento en la Entropía de un sistema: una por Transferencia de Calor y la otra por las irreversibilidades; el Trabajo no contribuye a la Entropía.

La Entropía generada (S_{gen}), que es siempre positiva y es una medida cuantitativa de las irreversibilidades, se define como:

$$S_{gen} = S_B - S_A - \sum (Q / T)_{AB} > 0 \quad ; \quad \dots (13)$$

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

ecuación que representa el *Balance de Entropía en Sistemas Cerrados*.

El *Balance de Entropía en Sistemas Abiertos* incluye los dos términos adicionales que corresponden a las entropías que contienen las corrientes de entrada y salida del sistema y tiene la forma:

ENTRADAS = SALIDAS + ACUMULACION - GENERACION

resultando la *Segunda Ley de la Termodinámica* dice que "en todo proceso irreversible la Entropía del Universo siempre aumenta".

$$(Q / T_{sist}) + \sum (sM)_{ent} = \sum (sM)_{sal} + \Delta (sM)_{sist} - S_{gen} \quad \dots (14)$$

donde:

(Q / T_{sist}) : representa el flujo de entropía por la transferencia de Calor desde el exterior del sistema.

T_{sist} : Temperatura del Sistema.

s : Entropía por unidad de masa.

S_{gen} : Entropía generada al interior del Sistema a causa de las irreversibilidades.

Cuando no hay irreversibilidades, el término S_{gen} es igual a CERO y, para Sistemas en Régimen Permanente en los que las propiedades del sistemas no cambian con el tiempo, el término $\Delta [\quad]_{sist}$ es igual a CERO. Para Sistemas Cerrados donde $M_{ent} = M_{sal} = 0$, la Ecuación (14) se reduce a la (13) y, para Sistemas

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

Aislados o Adiabáticos $Q = 0$. Por lo tanto, para un sistema a régimen permanente, reversible y adiabático: $S_{ent} = S_{sal}$.

El Balance de Entropía se puede utilizar en:

1. Como auxiliar en el cálculo de las condiciones de las corriente de proceso para procesos reversibles y adiabáticos.
2. En el cálculo de la carga térmica Q en procesos reversibles; el caso más común es cuando además tenemos un proceso isotérmico.
3. Para la evaluación cuantitativa de las irreversibilidades de un proceso, **las cuáles** son proporcionales al trabajo perdido.

C.4. ENERGIA IDEAL Y ENERGIA PERDIDA.

"Si un proceso proporciona Energía, entonces la Energía Ideal (E_{ideal}) es la cantidad máxima de Energía que podemos obtener de dicho proceso; por otro lado, si el proceso requiere de Energía, entonces la Energía Ideal es la cantidad mínima de Energía necesaria para operar en forma óptima el proceso". Para poder hacer un análisis sencillo y válido para la mayoría de los casos, se considera que tenemos un proceso a Régimen Permanente y, que es reversible:

La Energía se puede suministrar al proceso en dos formas diferentes: como Trabajo (W) o como Calor (Q). El Calor y el Trabajo no son energías de la misma calidad, ya que el primero no se puede convertir totalmente en Trabajo y, por lo tanto, el Calor suministrado al proceso se debe transformar en "Trabajo Equivalente". La Eficiencia de Camot (η), dada por la Ecuación (8) se utiliza como factor de transformación. El receptor de Calor a T_2 deberá ser un cuerpo con capacidad "ilimitada" para absorber energía sin cambiar en forma apreciable sus condiciones (Temperatura), y el único cuerpo capaz de lograr esto, como ya se había dicho antes, es el medio ambiente (agua o aire de enfriamiento). Si se denota como T_0 a la temperatura del medio ambiente, entonces se obtiene que el Trabajo Equivalente al Calor transferido al sistema está dado por:

$$W_{eq} = Q \left[1 - \left(T_0 / T_{fuente} \right) \right] \quad \dots (15)$$

donde:

T_{fuente} : Temperatura de la fuente emisora de Energía Térmica que proporciona el Calor al sistema.

W_{eq} : Trabajo equivalente al Calor transferido.

entonces, la Energía total suministrada al Sistema se obtiene de sumar el Trabajo proporcionado (W) más el Trabajo Equivalente (W_{eq}):

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

$$E = W + Q[1 - (T_0 / T_{fuente})] \quad ; \quad \dots (16)$$

y, rearreglando términos tenemos que:

$$E = (W + Q) - [Q (T_0 / T_{fuente})] \quad ; \quad \dots (17)$$

donde $(W + Q)$ se obtiene del Balance de Energía en tanto que $[Q (T_0 / T_{fuente})]$ se obtiene del Balance de Entropía para un proceso a Régimen Permanente, de tal forma que sustituyendo las Ecuaciones (6) y (14) en la Ecuación (17) obtenemos que:

$$E_{real} = \sum [(h + (gz / gc) + (v^2 / 2gc)) - (T_0)(T_{sist})(s) / (T_{fuente})]_{sal} M_{sal} \\ - \sum [(h + (gz / gc) + (v^2 / 2gc)) - (T_0)(T_{sist})(s) / (T_{fuente})]_{ent} M_{ent} \\ + [(T_0)(T_{sist})(S_{gen}) / (T_{fuente})] \quad ; \quad \dots (18)$$

y para un proceso reversible donde $S_{gen} = 0$ y $T_{sist} = T_{fuente}$ obtenemos:

$$E_{ideal} = \sum [(h + (gz / gc) + (v^2 / 2gc)) - (T_0)(s)]_{sal} M_{sal} \\ - \sum [(h + (gz / gc) + (v^2 / 2gc)) - (T_0)(s)]_{ent} M_{ent} \quad ; \quad \dots (19)$$

Para el cálculo de E_{ideal} requerimos única y exclusivamente de las propiedades y condiciones de las corrientes de entrada y salida del Sistema, por lo que no se necesita especificar los detalles del proceso reversible, teniendo así un cálculo directo.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

La **Energía o Trabajo Perdido** ($E_p = W_p$) resulta de la diferencia entre la Energía suministrada en el proceso real (Ecuación (18)) y la Energía Ideal (Ecuación (19)), obteniendo una nueva ecuación que dice:

$$E_p = (T_0) \left[\sum (s)_{sal} M_{sal} - \sum (s)_{ent} M_{ent} \right] \left[1 - (T_{fuerza} / T_{fuente}) \right] + \left[(T_0) M_{fuente} (S_{gen}) / (T_{fuente}) \right] ; \quad \dots (20)$$

y, si despejamos S_{gen} de la Ecuación (14) para un proceso a Régimen Permanente donde $\Delta[]_{sist} = 0$ y lo sustituimos en la Ecuación (20), tenemos que:

$$E_p = (T_0) \left[\sum (s)_{sal} M_{sal} - \sum (s)_{ent} M_{ent} - (Q / T_{fuente}) \right] ; \quad \dots (21)$$

pero, si despejamos de la misma Ecuación (14) la diferencia $[\sum (s)_{sal} M_{sal} - \sum (s)_{ent} M_{ent}]$ y la sustituimos ya sea en la Ecuación (20) o bien en la (21), obtenemos otra Ecuación equivalente que queda como:

$$E_p = (T_0) \left\{ S_{gen} + Q \left[(1 / T_{sist}) - (1 / T_{fuente}) \right] \right\} ; \quad \dots (22)$$

Así, de la Ecuación (22) podemos reconocer los dos factores que contribuyen a la pérdida de Energía en un proceso y que son S_{gen} , que como ya se había dicho antes, representa la Entropía generada al interior del sistema y debida a los cambios fisicoquímicos que éste sufre durante el proceso; y Q , que representa la Entropía causada por la irreversibilidad de la transferencia de Calor (Energía) a través del gradiente de temperaturas ($T_{sist} - T_{fuente}$). Por lo tanto, las causantes de que se

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

necesite mayor cantidad de Energía que la mínima necesaria o ideal para llevar a cabo un proceso son las *irreversibilidades*.

La Energía Perdida es proporcional a la Entropía generada y siempre es de signo positivo. La Temperatura del medio ambiente (T_0) funge como constante de proporcionalidad.

Las Ecuaciones (19) y (21) son las herramientas necesarias para llevar a cabo los cálculos energéticos mediante los cuales se hacen los *análisis termodinámicos de los procesos*. Estos análisis se pueden aplicar sobre algún equipo en particular, una pequeña parte de un proceso o bien, sobre todo un complejo proceso industrial, especificando únicamente cuáles son las fronteras de nuestro sistema.

De las deducciones anteriores, se concluye que, al reducir al mínimo la Energía Perdida en un proceso, se logra reducir al máximo el consumo de Energía de éste y, esto se logra reduciendo las irreversibilidades, esto es, reducir gradientes y procurar que las corrientes que se mezclen en un proceso tengan condiciones de operación lo más parecidas posible. Es por esta razón, entre otras, que en la industria productiva se prefieren los procesos a contracorriente; la alimentación a las torres de destilación de los procesos químicos se hace en el plato donde se tiene una composición más parecida a la de la alimentación; se ponen interenfriadores en los compresores; se busca que las caídas de presión en los equipos así como los gradientes de temperatura (utilizando sistemas de intercambio térmico integrado) sean mínimos.

C.5. ANALISIS TERMODINAMICO DE PROCESOS: METODOLOGIA.

Para obtener un Análisis Termodinámico confiable de los Procesos en estudio y determinar así su eficiencia energética, debemos seguir los siguientes pasos:

1. Establecer las condiciones de operación del proceso que se desea estudiar. Procurar que la operación sea estable y representativa de las condiciones normales de operación.
2. Efectuar mediciones de Temperatura, Presión, Flujo y composición de las corrientes de proceso. Deben ser mediciones simultáneas y del mayor número posible de corrientes de proceso y de servicio (vapor, agua, gas, combustible y electricidad).
3. Dividir el proceso en secciones de tal modo que se conozcan las condiciones de las corrientes de entrada y salida. Cada sección se deberá considerar como un sistema termodinámico abierto. Se procurará que cada sección incluya el menor número posible de equipos. Las corrientes de los servicios deben quedar fuera del sistema, de tal modo que sea clara la cantidad de Trabajo o Calor suministrada al proceso. Aquí, se entienden como servicios todas aquellas corrientes que suministran Energía al proceso.
4. Efectuar los Balances de Materia y Energía de cada sección del proceso. Si éstos no se cumplen, se deben revisar las condiciones de las corrientes del proceso y de servicios y, si la inconsistencia de los Balances persiste, será necesario revisar los medidores y garantizar que las lecturas reflejen correctamente los valores de las propiedades que se están midiendo. (Aquí, se deben identificar las cantidades de combustible y electricidad que consume cada equipo, qué equipos son los principales consumidores, y qué cantidad de combustible y electricidad sobrantes no se identifican con ningún equipo).
5. Calcular los valores de Generación de Entropía, el Trabajo Perdido y la Energía Ideal o Trabajo Equivalente Mínimo para cada sección y tabularlos junto con el

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

Calor, el Trabajo y el Trabajo Equivalente que necesitó cada una de las secciones del proceso.

6. Calcular la eficiencia con que se utiliza la Energía en cada sección del proceso.
7. Enlistar las causas de irreversibilidades presentes en cada una de las secciones del proceso.
8. Proponer modificaciones al proceso que tiendan a reducir las irreversibilidades, particularmente en aquellas secciones donde se presenten los valores más altos de Trabajo Perdido y las condiciones más desfavorables de Eficiencia en el uso de la Energía.

C.6. MODIFICACIONES A LOS PROCESOS PARA USAR EFICIENTEMENTE LA ENERGIA.

1. El agua de retorno al domo de una caldera debe tener la mayor temperatura posible para acercarla a la temperatura del agua del domo.
2. Aumentar la presión a la que se genera vapor con el fin de disminuir el gradiente de temperaturas entre el agua en ebullición y los gases de combustión.
3. Eliminar válvulas de expansión y poner en su lugar turbinas que recuperen trabajo.
4. Operación del equipo motriz (bombas, compresores, turbinas) cerca de su punto de mayor eficiencia.
5. Reemplazar equipo motriz que tenga baja eficiencia por otro con diseño más apropiado y que opere cerca de su punto mayor eficiencia.
6. Diseñar procesos de separación a contracorriente para acercar en composición a las corrientes que se deben mezclar.

BASES TERMODINAMICAS PARA EL USO EFICIENTE DE LA ENERGIA.

7. Localizar apropiadamente el plato de alimentación a una columna de destilación.
8. Aumentar el factor de potencia evitando la transformación de Energía Eléctrica en Calor.
9. Diseño de los reactores químicos para que la curva de operación esté cerca de la curva de equilibrio.
10. Integración térmica de procesos para reducir los gradientes de transferencia de calor.
11. Instalar equipos recuperadores de calor como precalentadores de aire de combustión, generadores de vapor de baja presión, precalentadores de agua de alimentación de calderas.

BIBLIOGRAFIA.

1. ODUM, Howard T. & ODUM, Elisabeth C. Hombre y Naturaleza, Bases Energéticas. Omega. España 1981.
2. ROSE, David J. Learning about Energy. Plenum Press. New York, London 1986.
3. MARON, Samuel H. & PRUTTON, Carl F. Fundamentos de Fisicoquímica. LIMUSA. México 1989.
4. CASTELLAN, Gilbert W. FISICOQUIMICA. Fondo Educativo Interamericano. México 1974.
5. TIPPENS, Paul E. FISICA: Conceptos y Aplicaciones. McGraw - Hill. México 1985.
6. RESNICK, Robert & HALLIDAY, David. FISICA, parte 1. Compañía Editorial Continental, S.A de C.V. 3a. reimpresión. México, Julio 1981.
7. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1993. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Octubre 1994.
8. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1992. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Octubre 1993.
9. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1991. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Octubre 1992.
10. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1990. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Noviembre 1991.
11. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1989. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Julio 1990.
12. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1987. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Julio 1988.
13. BALANCE NACIONAL DE ENERGIA 1965 - 1985. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, SEMIP. México, Agosto 1985.

BIBLIOGRAFIA.

14. MEMORIA DE LABORES DE PEMEX, 1993. Petróleos Mexicanos, PEMEX. México, Marzo 1994.
15. PEMEX STATISTICAL YEARBOOK, 1992. Petróleos Mexicanos, PEMEX. México.
16. BRITISH PETROLEUM STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 1993. July 1994.
17. BRITISH PETROLEUM STATISTICAL REVIEW OF WORLD ENERGY, 1992. July 1993.
18. TRAGEDY OR FARCE?. Expectations for Oil, then and now. A compilation from the files of Michael C. Lynch. Massachussets Institue of Technology, MIT. Boston, USA 1994.
19. SALINAS DE GORTARI, Carlos. Sexto Informe de Gobierno. INEGI, México 1994.
20. L'ENERGIE ET LE DEVELOPPMENT. QUELS ENJEUX?, QUELLES MÉTHODES?, SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS. Commision des Communautés Européens. Direction Générale de l'Energie. Ed. Technique et Documentation - Lavoisier. Brouxelles et Luxemburg 1984.
21. RAINBOW, Robert. OIL OUTLOOK 2020. World Energy Council 15th Congress. Madrid, España, 20-25 Septiembre 1992.
22. ENERGY IN EUROPE, A VIEW TO THE FUTURE. (Special Issue). Commission of the European Communities, Directorate General for Energy. September 1992.
23. ESTUDIO DE RECURSOS DE ENERGIA. Consejo Mundial de la Energía 1992.
24. Energy and Development. Commission of the European Communities, Directorate General for Energy. Lavoisier Publishing Inc.; Brussels 1984.
25. SHEPARD, M. L.; CHADDOCK, J. B.; COCKS, F. H.; & HARMAN, C. M. Introduction to Energy Technology. Ann Arbor Science Publishers, Inc. 4th printing; USA 1979.
26. ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 1993. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.
27. ANUARIO ESTADISTICO DE LOS ESTADOS UNIDOS MEXICANOS 1991. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI.
28. MATRIZ INSUMO-PRODUCTO PARA MEXICO, año 1980. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, INEGI. (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo)
29. METODOLOGIA Y APLICACIONES DEL SISTEMA INSUMO-PRODUCTO DE LEONTIEF. Julio 1987.

BIBLIOGRAFIA.

30. BERNDT, Ernst R. Aggregate Energy Efficiency and Productivity Measurement. Annual Review of Energy. Vol. 43, 1978.
31. PRESTON, John L., ADLER Robert K. & SCHIPPER Mark A. Energy Efficiency in the Manufacturing Sector. Monthly Energy Review. Dec. 1992.
32. HAN, Xiaoli & LAKSHMANAN, T. K. Structural Changes and Energy Consumption in the Japanese Economy, 1975- 1985. An Input-Output Analysis. The Energy Journal, 1986. p.p. 165-188.
33. MEALLIER, André & CHOUARD, Phillipe. ALÉAS ET CONSTANTES D'ÉVOLUTIONS DE CONSOMMATIONS ENERGÉTIQUES. Sur les chemins de la Prévision. Revue de L'ENERGIE. No. 383, Mai 1986. p.p. 213-223
34. ESCOBAR TOLEDO, Carlos E. Apuntes de Ingeniería Económica I. Facultad de Química, UNAM. México 1993.
35. SCHUTZ ESTRADA, Fernando. IIE; Fac. Ingeniería, UNAM. Aplicación de la Matriz Insumo-Producto al Problema de los Energéticos. MEMORIA DEL SIMPOSIO: Modelos Matemáticos para la Planeación Energética. UNAM-SEMIP, PUE-PUC. México 18 y 19 de Octubre de 1983.
36. NORIEGA BERNECHEA, Jaime. Fac. Química, UNAM. Sensibilidad Potencial en la Industria Química al Incremento en los Costos de los Energéticos. MEMORIA DEL SIMPOSIO: Modelos Matemáticos para la Planeación Energética. UNAM-SEMIP, PUE-PUC. México 18 y 19 de Octubre de 1983.
37. DYCHTER POLTOLAREK, Aarón; VARGAS BREMS, Juan; MENDOZA MEDELLIN, Yolanda & VIDANA MARTINEZ, Georgina. Dirección General de Política Energética, SEMIP. Modelo de Demanda de Energía. MEMORIA DEL SIMPOSIO: Modelos Matemáticos para la Planeación Energética. UNAM-SEMIP, PUE-PUC. México 18 y 19 de Octubre de 1983.
38. CHERNOWETZ, William. Energy Management. Preserve Energy Savings Momentum. Hydrocarbon Processing, July 1979. p.p. 117-120.
39. ENERGY EFFICIENCY AND CONSERVATION IN THE DEVELOPING WORLD. A World Bank Policy Paper. The World Bank. Washington, D.C.; USA 1993
40. ENERGY FOR TOMORROW'S WORLD. The Realities, the Real Options and the Agenda for Achievement. Draft Summary, Global Report. World Energy Council 15th WEC Congress; Madrid, España, September 1992.
41. BEN ABDALLAH, Moncef; Tunisia. ENERGY CONSERVATION IN DEVELOPING COUNTRIES. World Energy Council. Seminar Proceedings: ENERGY ISSUES IN DEVELOPING COUNTRIES. Tunis, May 11-12, 1992. Revue Tunisienne de L'ENERGIE; Revue Trimestrelle, 2ème Trimestre 1992, No. 26. p.p. 32-38. (Numero Special).

BIBLIOGRAFIA.

42. DEBBAGH, Mounir. Morocco. INTERNATIONAL AND REGIONAL ENERGY COOPERATION. World Energy Council. Seminar Proceedings: ENERGY ISSUES IN DEVELOPING COUNTRIES. Tunis, May 11-12, 1992. Revue Tunisienne de L'ENERGIE; Revue Trimestrelle, 2ème Trimestre 1992, No. 26. p.p. 39-46. (Numero Special).
43. SIMON, David. Deputy Chairman and Group Chief Executive. ENERGY AND THE ENVIRONMENT. The British Petroleum Company, p.l.c. WORLD ENERGY COUNCIL 15th Congress. Madrid, 20-25 September 1992.
44. Análisis y Diagnóstico del Ahorro de Energía en el Sector Industrial. Comisión Nacional para el Ahorro de Energía. Secretariado Técnico. Documento de Trabajo No. 1-01. México, 15 de Agosto 1991.
45. SCHAEFER, H. RATIONAL USE OF ENERGY: Paths and Relisable Potential. International Journal of Global Energy Issues. 1993. Vol. 3, No. 3. p.p. 117-125.
46. MUÑOZ, John; CADEM, S.A. USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA: Estrategia de Actuación y Resultados. Memorias Técnicas del II Simposio Internacional y Exposición: Industria, Energía y Medio Ambiente. Museo Tecnológico de la CFE. México 17-20 Mayo de 1994.
47. Resultados y Experiencias en la Implantación de un Programa de Uso Racional de la Energía. CELANESE MEXICANA S.A. México 1991.
48. BAZUA RUEDA, Enrique. Bases Termodinámicas para el Uso Eficiente de la Energía. Diplomado de Ahorro y Uso Eficiente de la Energía. Facultad de Química, UNAM. México 1992.
49. AUSTIN, L. G. Fuel Efficiency via the Mass Energy Balance. CHEMTECH, October 1974. p.p. 631-636.
50. BARCENA IBARRA, Vicente A. Apuntes de Energéticos I. Facultad de Química, UNAM. México 1993.
51. Temas de Integración y Desarrollo: Cuidar la Tierra, Estrategia para el Futuro de la Vida. Capítulos 5, 10 y 12. UICN, PNUMA, WWF, CADESCA. (publicación).
52. ALTERNATIVAS PARA COMBUSTIBLES EN EL TRANSPORTE. Comisión Petroquímica Mexicana. México, Agosto 1990.
53. LA ENERGIA. Revista *muy interesante* (especial). México 1993.
54. McMULLAN, J. T.; MORGAN, R. & MURRAY, R. B. ENERGY AND RESOURCES. Edward Arnold Editions. London 1978.
55. DUTKIEWICZ, R. K.; Energy Institute of Cape Town South Africa. TECHNOLOGY TRANSFER FOR DEVELOPING COUNTRIES. World Energy Council. Seminar Proceedings: ENERGY ISSUES IN DEVELOPING COUNTRIES. Tunis, May 11-

BIBLIOGRAFIA.

- 12,1992. Revue Tunisienne de L'ENERGIE; Revue Trimestrelle, 2ème Trimestre 1992, No. 26. p.p. 50-55. (Numero Special).
56. ESCOBAR TOLEDO, Carlos E. EL USO LIMPIO DE LOS HIDROCARBUROS: TECNOLOGIAS Y COSTOS. SIMPOSIO México: Los Relevos Energéticos-Ambientales - Desarrollo Económico con Energía Limpia. - PROGRAMA UNIVERSITARIO DE ENERGIA, - X Aniversario. - Coordinación de la Investigación Científica, U.N.A.M. México 1994. p.p. 131-167.
57. UNZELMAN, George H. Reformulated Gasolines will challenge Product-Quality Maintenance. Oil & Gas Journal; Vol. 43. Apr 23, 1990. p.p. 91-93.
58. UNZELMAN, George H. Options to meet 1990's fuel composition rules limites. Oil & Gas Journal; Vol. 43. Apr 9 1990. p.p. 43-48.
59. KULAKOWSKI, Mike. Reformulated Gasoline Defining the Challenge. p.p 494-500.
60. MOORE, James S. & SHADIS, William J. Automotive Fuels Today and Tomorrow. CHEMTECH, September 1984. p.p. 554-561.
61. ANDERSON, Earl V. Methanol touted as Best Alternative Fuel for Gasoline. C&EN, New York, June 11-1984. p.p. 14-16.
62. ANDERSON, Earl V. Large Volume Fuel Market still eludes Methanol. C&EN, New York, June 16-1984. p.p. 9-16.
63. MORRISON, Robert T. & BOYD, Robert N. Química Organica. Ed. ADDISON-WESLEY IBEROAMERICANA. 5a. ed. México 1990.
64. HATCH, Lewis F. & MATAR, Sami. From Hydrocarbons to Petrochemicals. Gulf Publishing Company. Houston, Texas; U.S.A. 1981.
65. New Direction: Natural Gas, Energy and the Environment. Natural Gas Coucil; Cat. No. F83002. USA, May 1993.
66. SLOAN, H. D. Refinery Expansion/Upgrading means Lighter, Quality Products. Hydrocarbon Processing. January 1994. p.p 82C-82H.
67. REKIK, Kemel. Tunisia. THE ROLE OF GAS IN TUNISIAN ENERGY SCENE. World Energy Council. Seminar Proceedings: ENERGY ISSUES IN DEVELOPING COUNTRIES. Tunis, May 11-12, 1992. Revue Tunisienne de L'ENERGIE; Revue Trimestrelle, 2ème Trimestre 1992, No. 26. p.p. 47-49. (Numero Special).
68. GREEN, N. Wayne & RAMANTHAN, Ram V. CONVERSION OF NATURAL GAS TO TRANSPORT FUELS. Pacific Area Chemical Engineering Congress Energy. - Alternative Sources. Acapulco, México; October 19-22 1988.
69. Fischer-Tropsch Synthesis. McKETTA John J. Encyclopedia of Chemical Processing and Design, 1985. Vol. 22. p.p. 81-119. Marcel Decker Inc. New York.

BIBLIOGRAFIA.

70. KREUCHER, Walter. Clean Fuels & Clean Cars. Will they match? Symposium and Tutorial Impact of Reformulated Fuels Presented before the Division of Petroleum Chemistry, Inc. 208 National Meeting, American Chemical Society. Washington, D.C., August 21-26 1994. p.p. 507-512.
71. LOVINK, H. J. Reformulation of Motor Fuels in Europe. Symposium and Tutorial Impact of Reformulated Fuels Presented before the Division of Petroleum Chemistry, Inc. 208 National Meeting, American Chemical Society. Washington, D.C., August 21-26 1994. p.p. 513-519.
72. PIEL, William J.; KARAS, Lawrence J. & KESLING, Haven Jr. Chemical use in Reformulated Fuels and Potential Impact on the Petrochemical Industry. Symposium and Tutorial Impact of Reformulated Fuels Presented before the Division of Petroleum Chemistry, Inc. 208 National Meeting, American Chemical Society. Washington, D.C., August 21-26 1994. p.p. 520-523.
73. MAGEE, John S. & LETZSCH, Warren. Impact of Reformulated Fuels on Catalytic Cracking. The Process and Catalyst. Symposium and Tutorial Impact of Reformulated Fuels Presented before the Division of Petroleum Chemistry, Inc. 208 National Meeting, American Chemical Society. Washington, D.C., August 21-26 1994. p.p. 524-527.
74. BECKMAN, R.F., CHAPEL, D.G., CRAWFORD, D.C. & RAJGURU, A. MTBE Option for a Modern Refinery. Fluor Daniels, California, USA 1993.
75. KUMMER, J.T. Catalyst for Automobile Emission Control. Energy Combustion Science. Vol. 6, p.p. 177-190. USA 1990.
76. VAN GOOL, Wilem. FUNDAMENTAL ASPECTS OF ENERGY CONSERVATION POLICY. Institute for Energy Analysis, Oak Ridge Associated Universities. February 1979.
77. Refinería Antonio Dovalí Jaime. Instituto Mexicano del Petróleo. División Editorial, Subdirección General de Capacitación y Desarrollo Profesional. México 1986.
78. POLITICA ENERGETICA EN MEXICO. Fundación Mexicana Cambio XXI, Luis Donaldo Colosio. México, Octubre 1994.
79. WORLD ENERGY COUNCIL JOURNAL. July 1992.
80. QUINTANILLA, J. & BAUER, M. Desplazamientos de personas en zonas urbanas: Cambios estructurales para el Ahorro Energético. 1a. Reunión Nacional sobre el Ahorro y Uso Eficiente de la Energía, Mesa de Trabajo No. 4: Sector Transporte. Toluca, México 4-Abril-1986.
81. HARLEM BRUNDTLAND, Gro. Sustainable Development: A viable strategy for Global Change. International Journal of Global Energy Issues.
82. GRIFFIN, James M. & STEELE, Henry B. Energy and Economics Policy. Academic Press Inc. USA 1980.

83. Hay que Fomentar el uso Eficiente de los Energéticos: EFM.
EL EXCELSIOR. México, 13 de Agosto de 1992. p.p. 15.
84. Impide la falta de recursos financieros implementar programas de Ahorro de Energía.
EL ECONOMISTA. México, 23 de Agosto de 1992. p.p. 41.
85. Crece y se Diversifican las Importaciones; Concentradas las Exportaciones.
EL ECONOMISTA. México, 24 de Mayo de 1993. p.p. 23.
86. Preven Repunte de la Demanda Mundial.
EL NACIONAL. México, 24 de Mayo de 1993. p.p. 24.
87. Demanda la IP más claridad para invertir en el Sector Energético.
EL ECONOMISTA. México, 13 de Septiembre de 1993. p.p. 27.
88. Se Cuadruplicó el Consumo de Energía.
EL SOL DE MEXICO. México, 19 de Noviembre de 1993. p.p. 5B.
89. Contracción en las Reservas Probadas de Hidrocarburos Debido a Intensa Explotación.
Análisis EL FINANCIERO. México, 8 de Diciembre de 1993. p.p. 3A.
90. Se requerirán más de US27,000 millones para generar Energía Eléctrica.
EL ECONOMISTA. México, 24 de Diciembre de 1993. p.p. 34.
91. Destinará PEMEX la mitad de su Presupuesto a Exploración y Producción.
EL ECONOMISTA. México, 13 de Enero de 1994. p.p. 30.
92. Crece Promedio Anual de 4% en la Demanda Primaria de Energía: Chevron.
Análisis EL FINANCIERO. México, 18 de Enero de 1994. p.p. 28A.
93. La Nucleoelectricidad, una alternativa real de diversificación energética.
EL NACIONAL. México, 14 de Febrero de 1994. p.p. 27.
94. Evalúa la CFE 529 proyectos para generar Energía Eléctrica.
EL ECONOMISTA. México, 11 de Marzo de 1994. p.p. 38.
95. Ambiguo, el Marco Regulatorio del Sector Energético Mexicano.
EL ECONOMISTA. México, 7 de Marzo de 1994. p.p. 41,42.
96. Baja Inversión y Plantas Obsoletas caracterizan Electricidad Privada.
EL ECONOMISTA. México, 5 de Abril de 1994. p.p. 25.
97. Bajó a 29 el número de equipos que perforan en México.
EL ECONOMISTA. México, 26 de Abril de 1994. p.p. 28.
98. Mantendrá el Estado el Carácter Estratégico del Sector Eléctrico.
EL ECONOMISTA. México, 26 de Abril de 1994. p.p. 29.

BIBLIOGRAFIA.

99. Grandes presiones para privatizar las funciones estratégicas de PEMEX.
EL ECONOMISTA. México, 29 de Abril de 1994. p.p. 48.
100. No aumentará la Importación a México de gasolina oxigenada.
EL ECONOMISTA. México, 29 de Abril de 1994. p.p. 42.
101. Fabricará el ININ combustible para Laguna Verde.
EL ECONOMISTA. México, 3 de Mayo de 1994. p.p. 29.
102. Depende de las Inversiones el Desarrollo Exportador del Petróleo.
EL ECONOMISTA. México, 4 de Mayo de 1994. p.p. 42.
103. ¿Por qué México dice sí a la AIE y no a la OPEP?
EL ECONOMISTA. México, 5 de Mayo de 1994. p.p. 30.
104. Aumentaron 26.5% las Exportaciones de Diesel en Enero.
EL ECONOMISTA. México, 9 de Mayo de 1994. p.p. 32.
105. Ahorro de Energía Eléctrica en México: Situación Actual y Perspectivas.
Análisis EL FINANCIERO. México, 10 de Mayo de 1994. p.p. 32A.
106. Interesados más de 100 Grupos en la Planta Mérida III.
EL ECONOMISTA. México, 11 de Mayo de 1994. p.p. 10.
107. Las Reservas de Crudo y sus Derivados Registraron Fuertes Descensos en Abril: UE.
Análisis EL FINANCIERO. México, 12 de Mayo de 1994. p.p. 36A.
108. Invertirán 225 mdd en la Primera Planta de Cogeneración de Energía.
Análisis EL FINANCIERO. México, 12 de Mayo de 1994. p.p. 13.
109. Empresas podrán instalar Sistemas de Cogeneración de Energía.
Análisis EL FINANCIERO. México, 16 de Mayo de 1994. p.p. 36.
110. Creecerán Mercados en EU y en el mundo: ¿Desaprovechará México las nuevas oportunidades?
EL ECONOMISTA. México, 17 de Mayo de 1994. p.p. 30.
111. Interesa a Banqueros Foráneos invertir en el Sector Energético.
EL ECONOMISTA. México, 18 de Mayo de 1994. p.p. 31.
112. Recuperación de los Precios de Crudos Mexicanos en el Mercado Mundial.
EL ECONOMISTA. México, 18 de Mayo de 1994. p.p. 29.
113. Recesión en Cinco de Nueve Ramas.
EL ECONOMISTA. México, 18 de Mayo de 1994. p.p. 33.
114. Insuficiente la Producción de GAS para apoyar el Crecimiento Económico.
EL ECONOMISTA. México, 19 de Mayo de 1994. p.p. 31.

BIBLIOGRAFIA.

115. El Negocio de la Gasolina: PEMEX vende 78 millones de litros por día a 3,260 gasolineras nacionales.
EL ECONOMISTA. México, 19 de Mayo de 1994. p.p. 35.
116. Listas las Bases para Licitación Contratos de Generación Eléctrica.
EL ECONOMISTA. México, 19 de Mayo de 1994. p.p. 39.
117. Diseñar nuevas estrategias de suministro de Gas, reto de PEMEX.
EL ECONOMISTA. México, 20 de Mayo de 1994. p.p. 29.
118. Mejores Petroprecios, pero la recuperación es aún frágil.
EL ECONOMISTA. México, 24 de Mayo de 1994. p.p. 30.
119. Realizaron México y EU reunión bilateral de Energía.
EL ECONOMISTA. México, 24 de Mayo de 1994. p.p. 37.
120. Invertirá PEMEX 365 millones para iniciar el Proyecto Olmecca: Rojas.
EL ECONOMISTA. México, 25 de Mayo de 1994. p.p. 30.
121. Frena PEMEX la caída de reservas con nuevos esquemas de trabajo.
EL ECONOMISTA. México, 26 de Mayo de 1994. p.p. 28.
122. Lanza la CFE convocatoria para adjudicar la construcción y operación de la Central Mérida III.
EL ECONOMISTA. México, 27 de Mayo de 1994. p.p. 25.
123. Sería más conveniente Importar Gas Natural de EU que producirlo.
EL ECONOMISTA. México, 30 de Mayo de 1994. p.p. 35.
124. Permite la Participación Privada un Rápido Crecimiento en Infraestructura.
EL ECONOMISTA. México, 2 de Junio de 1994. p.p. 25.
125. Podrían capitales multinacionales financiar proyectos eléctricos.
EL ECONOMISTA. México, 6 de Junio de 1994. p.p. 32.
126. El Mundo demandará más Crudo, pero los países exportadores no invierten para producirlo.
EL ECONOMISTA. México, 7 de Junio de 1994. p.p. 28.
127. Registraron menor crecimiento las ventas de petrolíferos en 1994.
EL ECONOMISTA. México, 9 de Junio de 1994. p.p. 34.
128. Piden Precisión al Reglamento para generar Energía Eléctrica.
EL ECONOMISTA. México, 10 de Junio de 1994. p.p. 35.
129. El Costo de las Materias Primas y el Crecimiento del Mercado.
EL ECONOMISTA. México, 15 de Junio de 1994. p.p. 39.
130. Cuestionable la Política Oficial de Producción.
EL ECONOMISTA. México, 16 de Junio de 1994. p.p. 36.

BIBLIOGRAFIA.

131. Podrían Enlazarse México y EU para intercambiar Energía Eléctrica.
EL ECONOMISTA. México, 17 de Junio de 1994. p.p. 32.
132. Fideicomiso para financiar 13 proyectos de líneas de transmisión.
EL ECONOMISTA. México, 4 de Julio de 1994. p.p. 38.
133. Renuencia para asumir riesgo de obras energéticas.
EL ECONOMISTA. México, 4 de Julio de 1994. p.p. 35.
134. Urge definir una Estrategia de Desarrollo para el Sector Energético.
EL ECONOMISTA. México, 11 de Julio de 1994. p.p. 43.
135. México, con mayores atractivos para invertir en el Sector Energético.
EL ECONOMISTA. México, 12 de Julio de 1994. p.p. 37.
136. Tiene México una Política Energética Ineficiente.
EL ECONOMISTA. México, 20 de Julio de 1994. p.p. 30.
137. ¿Cuáles son los avances del "Paquete Ecológico"?
EL ECONOMISTA. México, 21 de Julio de 1994. p.p. 34.
138. Inicia hoy operaciones la Planta Hidroeléctrica de Aquamilpa.
EL ECONOMISTA. México, 21 de Julio de 1994. p.p. 37.
139. Próximamente la Convocatoria para la Planta Mérida III: SEMIP.
EL ECONOMISTA. México, 23 de Julio de 1994. p.p. 38.
140. Construirá CELANESE una Planta de Cogeneración en Querétaro.
EL ECONOMISTA. México, 4 de Agosto de 1994. p.p. 31.
141. Habrán 17 nuevas plantas generadoras de Electricidad al final del Sexenio.
EL ECONOMISTA. México, 8 de Agosto de 1994. p.p. 36.
142. Astringencia Financiera, principal lastre para PEMEX y CFE: BANAMEX.
EL FINANCIERO. México, 29 de Agosto de 1994. p.p. 8.
143. Gran reto tecnológico en el Sector Energético.
EL FINANCIERO. México, 30 de Agosto de 1994. p.p. 29.
144. Continúa la balanza deficitaria de PEMEX en Gas Natural.
EL ECONOMISTA. México, 1 de Septiembre de 1994. p.p. 36.
145. Carece la industria del Gas de un marco regulatorio moderno.
EL ECONOMISTA. México, 5 de Septiembre de 1994. p.p. 37.
146. Escasa Participación Privada en la Generación de Energía Eléctrica.
EL FINANCIERO. México, 6 de Septiembre de 1994. p.p. 11.
147. Apertura al Capital Privado, exige el BID para Financiar la Energía.
EL FINANCIERO. México, 8 de Septiembre de 1994. p.p. 8.

148. Más exportación de crudo olmeca, tabla de salvación para PEMEX.
EL ECONOMISTA. México, 19 de Septiembre de 1994. p.p. 44.
149. Prevén Tendencia Negativa en Precios Mundiales de Petróleo hasta Mediados de 1995.
Análisis EL FINANCIERO. México, 19 de Septiembre de 1994. p.p. 34A.
150. Con Inversión Foránea en Materia Eléctrica no se pierde la Rectoría sobre el Sector: Lozoya.
EL FINANCIERO. México, 28 de Septiembre de 1994. p.p. 30.
151. Este año entrará en operación la primera Planta Eoeléctrica.
EL FINANCIERO. México, 3 de Octubre de 1994. p.p. 49.
152. La CFE instaló 186 Módulos Fotovoltáicos en Oaxaca.
EL FINANCIERO. México, 3 de Octubre de 1994. p.p. 64.
153. Crecerán las Inversiones en el Sector Energético, durante la Próxima Administración: Nomura.
Análisis EL FINANCIERO. México, 5 de Octubre de 1994. p.p. 5A.
154. Puede México generar Electricidad por la vía nuclear en el mediano plazo.
EL ECONOMISTA. México, 24 de Octubre de 1994. p.p. 43.
155. Requerirá México inversiones por US8,000 millones en Electricidad.
EL ECONOMISTA. México, 5 de Diciembre de 1994. p.p. 36.
156. Las Prioridades de una Nueva Política Energética.
EL ECONOMISTA. México, 6 de Diciembre de 1994. p.p. 42.
157. Hablemos de Energía en México.
REFORMA. México, 14 de Diciembre de 1994. p.p. 34A.
158. El proyecto de Lajous para PEMEX: nacionalista, polémico, pero pragmático en tiempos de crisis.
EL ECONOMISTA. México, 3 de Enero de 1995. p.p. 22
159. Alcanza la Inflación 7.05% en 1994: Banco de México.
EL ECONOMISTA. México, 10 de Enero de 1995. p.p. 31
160. Bursatilizará la CFE sus ingresos para obtener capital privado.
EL ECONOMISTA. México, 11 de Enero de 1995. p.p. 27
161. La gasolina importada se vende dos veces más cara en México.
EL ECONOMISTA. México, 23 de Enero de 1995. p.p. 38.
162. Crece 3.5% la Economía Mexicana durante 1994: SHCP.
EL ECONOMISTA. México, 17 de Febrero de 1995. p.p. 28.

BIBLIOGRAFIA.

163. En 1995, PIB de -3% e Inflación de hasta 33%.
EL ECONOMISTA. México, 27 de Febrero de 1995. p.p. 39.
164. Se disparó en 20% el consumo de Combustóleo en el Sector Eléctrico.
EL ECONOMISTA. México, 21 de Marzo de 1995. p.p. 27.
165. México debe convertirse en Exportador de Gas Natural.
EL ECONOMISTA. México, 24 de Abril de 1995. p.p. 35.
166. Mejorará la Eficiencia Industrial al participar la IP en Gas.
EL ECONOMISTA. México, 28 de Abril de 1995. p.p. 57.
167. No debió modificarse el Artículo 27 para legislar sobre gas natural.
EL ECONOMISTA. México, 8 de Mayo de 1995. p.p. 38.
168. Pronostican que el PIB crecerá el próximo año.
EL ECONOMISTA. México, 12 de Mayo de 1995. p.p. 21
169. Licitarán trece Proyectos de Generación Eléctrica a más tardar en 1997.
EL ECONOMISTA. México, 28 de Julio de 1995. p.p. 51.
170. Aprobado, el programa de expansión de la CFE a diez años. Casi listo el Reglamento de Gas Natural: Pichardo Pagaza.
EL ECONOMISTA. México, 30 de Agosto de 1995. p.p. 30.