

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

**Facultad de Ingeniería**

**Escuela de Estudios de Postgrado**

**Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente**

The seal of the University of San Carlos of Guatemala is a circular emblem. It features a central shield with a figure holding a book, surrounded by various symbols including a crown, a lion, and a cross. The shield is set against a background of green hills and a blue sky. The Latin motto "LETTERAS ORBIS CONSPICUA CAROLINA ACADEMIA COACTEMALENSIS INTER" is inscribed around the perimeter of the seal.

**Caracterización Energética de Guatemala**

**Romel Alaric García Prado**

**Guatemala, julio de 2008**

**Universidad de San Carlos de Guatemala**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Escuela de Estudios de Postgrado**  
**Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente**

## **Caracterización Energética de Guatemala**

**Informe final de Tesis para la obtención del Grado de Maestro en Ciencias,  
con base en el “Normativo de Tesis para Optar al Grado de Maestro”  
aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería.**

**ASESOR: Ing. MSc. Manuel Tay Oroxcon**

**AUTOR: Ing. Romel Alaric Garcia Prado**

**Guatemala, julio de 2008**

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

DECANO: \_\_\_\_\_

SECRETARIO: \_\_\_\_\_

VOCAL I: \_\_\_\_\_

VOCAL II: \_\_\_\_\_

VOCAL III: \_\_\_\_\_

VOCAL IV: \_\_\_\_\_

VOCAL V: \_\_\_\_\_

JURADO EXAMINADOR QUE PRACTICÓ EL

EXAMEN PRIVADO DE TESIS SEGÚN

EL ACTA CORRESPONDIENTE

PRESIDENTE: \_\_\_\_\_

SECRETARIO: \_\_\_\_\_

EXAMINADOR: \_\_\_\_\_

EXAMINADOR: \_\_\_\_\_

ASESOR DE TESIS: \_\_\_\_\_

## DECANATO DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

GUATEMALA, DE DE DOS MIL OCHO.

Con base en el punto . inciso subinciso del Acta No. de la sesión celebrada por la Junta Directiva de la Facultad el de 2,008, se conoció el Acta de la Escuela de Estudios de Postgrado No. de aprobación del Examen Privado de Tesis, de fecha de y el trabajo de Tesis de Maestría en denominado: **Caracterización Energética de Guatemala**, autorizándose su impresión.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

---

SECRETARIO

---

DECANO

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
ESCUELA DE ESTUDIOS DE POSTGRADO

ACTA No. \_\_\_\_\_

En el salón \_\_\_\_ del Edificio S-11 de la Escuela de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, nos reunimos los infrascritos miembros del Jurado Examinador, el día \_\_\_\_ del año en curso, a las \_\_\_\_\_ horas para practicar el EXAMEN PRIVADO DE TESIS, del ingeniero Romel Alaric García Prado, carné No. \_\_\_\_\_ de la Maestría en Ciencia y Tecnología del Medio Ambiente. Procedimos a efectuar el referido examen de conformidad con los artículos \_\_, \_\_, y \_\_ del NORMATIVO DE TESIS PARA OPTAR LA GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS,, aprobado por la Junta Directiva de la Facultad de Ingeniería en el numeral \_\_ del punto \_\_\_\_ del Acta \_- \_ de la sesión celebrada el \_\_ de \_\_\_\_\_ de 2008.

El examen privado de tesis fue oral y consistió en la evaluación de los elementos técnico-formales y de contenido científico del informe final de la tesis denominado “Caracterización Energética de Guatemala”, elaborado por el postulante. El resultado del examen fue \_\_\_\_\_ por \_\_\_\_\_ de votos \_\_\_\_\_ por el Jurado Examinador.

Previo a la aprobación final de tesis, el postulante debe incorporar las recomendaciones emitidas en reunión del Jurado Examinador; las cuales, se le entregarán por escrito y presentará nuevamente la tesis en el plazo máximo de 30 días a partir de la presente fecha.

En fe de lo cual firmamos la presente acta, en la ciudad de Guatemala a \_\_\_\_ días del mes de \_\_\_\_\_ del año dos mil ocho.

\_\_\_\_\_  
Presidente

\_\_\_\_\_  
Secretario

\_\_\_\_\_  
Vocal I

\_\_\_\_\_  
Vocal II

\_\_\_\_\_  
Asesor de tesis

\_\_\_\_\_  
Estudiante

# Índice

	<b>Página</b>
Resumen	I
Introducción	1
I. Antecedentes: La situación del sector energía	3
1.1 Situación internacional	3
1.1.1 A escala mundial	7
1.1.2 A escala latinoamericana y el Caribe	7
1.1.2.1 Política energética	8
1.1.2.2 Perspectiva energética para Latinoamérica y el Caribe	12
1.1.2.3 Programas sobre eficiencia energética y recursos renovables	10
1.1.3 A nivel centroamericano	11
1.1.3.1 Política energética	12
1.1.3.1.1 Político e institucional	25
1.1.3.1.2 Financiero	26
1.1.3.1.3 Mercado eléctrico	26
1.1.3.1.4 En el ámbito político/institucional	27
1.1.3.1.5 Financiamiento	27
1.1.3.1.6 Mercado energético	28
1.2 Perspectivas del sector energía en la región centroamericana y en Guatemala	28
2. Justificación	36
3. Planteamiento del Problema	36
4. Objetivos	37
5. Hipótesis	37
6. Metodología	38
7. Caracterización energética actual en Guatemala	39
7.1 Regulaciones y Marco Legal del Sector Energético	39
7.2 Marco Institucional Actual	41
7.3 Balance Energético del País	42
7.4 El subsector eléctrico	45
7.4.1 Marco Institucional actual	45
7.4.1.1 Comisión Nacional de Energía Eléctrica	45
7.4.1.2 Administrador del Mercado Mayorista	45
7.4.1.3 Tarifas eléctricas en el 2006	47
7.4.1.4 Políticas públicas del INDE para el subsector eléctrico	49

7.4.2	Generación de Energía en Guatemala	50
7.4.3	Consumo de Energía en Guatemala	53
7.4.4	Expectativas de Crecimiento de la Red Eléctrica	56
7.4.4.1	Infraestructura de transmisión y transformación del INDE	56
7.4.4.2	Plan de Electrificación Rural	59
7.5	El subsector de hidrocarburos	59
7.5.1	Marco Institucional	59
7.5.2	Políticas públicas para el subsector	59
7.5.3	Situación Actual del subsector	59
7.5.4	Empresas productoras de petróleo en Guatemala	62
7.5.5	Consumo	65
7.5.6	Previsión de la Demanda	66
7.6	El subsector de energías renovables	67
7.6.1	Marco Institucional	67
7.6.2	Las políticas públicas	67
7.6.2.1	Participación de las Energías Renovables	67
7.6.3	Desarrollo del Sector de Energías Renovables	69
7.6.4	Aplicaciones más relevantes	71
7.6.4.1	Biomasa	71
7.6.4.1.1	Leña	71
7.6.4.1.2	Carbón vegetal	71
7.6.4.1.3	Residuos agroindustriales	72
7.6.4.2	Energía Eólica	72
7.6.4.3	Energía Solar	74
7.6.4.4	Hidroenergía	78
7.7	Perspectivas de crecimiento	79
7.7.1	Proyectos realizados por la Dirección de Energía del MEM	79
7.7.2	Proyectos en desarrollo	79
7.7.3	Proyectos en gestión	79
7.8	Educción y percepción pública	80
7.9	Capacidades científico-tecnológicas	84
7.10	Comunicación y colaboración a nivel nacional e internacional	86
7.11	Interacción entre el sector productivo y la academia	87
8.	Política Energética y Minera 2008-2015	88
8.1	Visión	88
8.2	Principios Rectores	88
8.3	Objetivo General	89
8.4	Objetivos Específicos	90

8.5 Acciones de Política Energética	90
8.5.1 Ampliar la capacidad de generación	90
8.5.2 Elevar el índice de electrificación	90
8.5.3 Aumentar la exploración y explotación de hidrocarburos	91
8.5.4 Diversificar las fuentes para la generación de electricidad	91
8.5.5 Incorporar nuevas fuente de energía para el transporte	92
8.5.6 Ampliar las instalaciones de refinación y almacenamiento	92
8.5.7 Ampliar las inversiones en electricidad y Energías Renovables	92
8.5.8 Promover más inversiones en el área de hidrocarburos	93
8.5.9 Promover competencia y eficiencia en los mercados de Gasolinás y gas propano y elevar la calidad del producto	93
8.5.10 Contribuir a elevar el desarrollo económico y social de las comunidades y regiones donde se ejecuten proyectos energéticos	94
8.5.11 Impulsar proyectos de eficiencia energética	94
8.5.12 Desarrollo de programas de capacitación	94
8.5.13 Completar la integración eléctrica regional	95
8.5.14 Integración y armonización de los mercados de hidrocarburos de la región	95
8.5.15 Establecer un esquema institucional de coordinación Regional	95
9. Previsión de Evolución del Sector de Energías Renovables	96
9.1 Oportunidades de Aplicación de las Energías Renovables	97
9.1.1 Energía Eólica	97
9.1.2 Energía Solar	98
9.1.2.1 Energía Solar Fotovoltaica	100
9.1.2.1.1 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos	104
9.1.2.2 Energía Solar Térmica	104
9.1.2.2.1 Aplicaciones de la energía solar térmica	106
9.1.3 Energía Biomásica	106
9.1.3.1 Residuos forestales	108
9.1.3.2 Residuos agrícolas	108
9.1.3.3 Residuos Industriales	108
9.1.3.4 Residuos Urbanos	109
9.1.3.5 Combustibles líquidos	110
9.1.3.6 Co generación (calor / electricidad)	111
9.1.3.7 Aplicaciones de la energía biomásica	111



9.1.4 Energía Geotérmica	113
9.1.4.1 Aplicaciones de la energía geotérmica	114
9.1.5 Energía hidroeléctrica	114
9.2 Propuesta de aplicaciones futuras para la integración de los Recursos Renovables	115
10. Conclusiones y Recomendaciones	120
10.1 Conclusiones	120
10.2 Recomendaciones	121
Bibliografía	122
Anexos	124
ANEXO I ÁREAS TEMÁTICAS Y POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN	124
ANEXO II TABLA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO	126
ANEXO III PARTICIPANTES EN EL SEMINARIO-TALLER del SECTOR ENERGIA	128

## Índice de Tablas

	<b>Página</b>
Tabla 1.1 Uso de las fuentes energéticas en el mundo	4
Tabla 1.2 Evolución de las Reservas de Petróleo en el mundo	4
Tabla 1.3 Evolución del Consumo Mundial de Petróleo	5
Tabla 1.4 Producción Mundial de Petróleo	5
Tabla 1.5 Precios Internacionales de Petróleo	6
Tabla 1.6 Inversión y Costos Promedio de Generación	18
Tabla 1.7 Las Reformas en los Sistemas Eléctricos y el Tamaño de Los Mercados	23
Tabla 1.8 Proyectos energéticos para la subregión Centroamericana y México	31
Tabla 7.1 Consumo de Energía por tipo de energético. 2005	43
Tabla 7.2 Balance Energético de Guatemala, Año 2006	44
Tabla 7.3 Generación por tipo de central generadora. 2006	50
Tabla 7.4 Generación por tipo de energético utilizado. 2001-2006	52
Tabla 7.5 Consumo de Petróleo y Productos Derivados de Petróleo	66
Tabla 7.6 Potencial energético en Guatemala	69
Tabla 7.7 Centrales Generadoras de Energía Renovable instaladas en Guatemala	70
Tabla 7.8 Áreas de interés geotérmico	76
Tabla 7.9 Generación de energía por vapor geotérmico. Período 2002 – 2006	76
Tabla 9.1 Estados típicos de la biomasa	109
Tabla 9.2 Principales iniciativas e instituciones subregionales	116
Tabla 9.3 Potencial del recurso geotérmico en Centroamérica	118
Tabla 9.4 Potencial del Recurso hidroeléctrico en Centroamérica	118

## Índice de Figuras

	<b>Página</b>
Figura 1.1 Evolución de los Precios de Petróleo hasta enero de 2008	6
Figura 1.2 Consumo de electricidad. Escenario Baja Integración	13
Figura 1.3 Consumo de electricidad. Escenario Alta Integración	14
Figura 1.4 Demanda total de Gas Natural. Escenario Baja Integración	15
Figura 1.5 Demanda total de Gas Natural. Escenario Alta Integración	16
Figura 1.6 Intensidad Energética Final. Subregiones	20
Figura 1.7 Intensidad Energética Final. Países con Reformas Estructurales	21
Figura 1.8 Comparación de la Intensidad Energética Final en Europa y A.L	22
Figura 1.9 Capacidad intercambio entre países centroamericanos	29
Figura 1.10 Proyecto de interconexión Guatemala – México y Guatemala – Belice	30
Figura 7.1 Consumo de Energía por tipo de energético. 2005	43
Figura 7.2 Regiones de Distribución por empresa distribuidora	46
Figura 7.3 Tarifas en baja tensión de enero de 2001 a enero de 2007. EEGSA (Q/KWh)	47
Figura 7.4 Tarifa en baja tensión. DEOCSA (Q/KWh)	48
Figura 7.5 Tarifa en baja tensión. DEORSA (Q/KWh)	49
Figura 7.6 Generación por tipo de central generadora. 2006	51
Figura 7.7 Generación por tipo de energético utilizado. 2006	53
Figura 7.8 Flujo de energía 2006	54
Figura 7.9 Distribución del consumo de energía eléctrica	55
Figura 7.10 Participación en el consumo de energía	56
Figura 7.11 Sistema de transporte de energía	57
Figura 7.12 Mapa de cobertura eléctrica 2006	58
Figura 7.13 Cuencas Sedimentarias de Guatemala	60
Figura 7.14 Áreas Protegidas en Guatemala	61
Figura 7.15 Contratos y tramos de los oleoductos en Guatemala	64
Figura 7.16 Oferta Total de energías primarias en el año 2005	68
Figura 7.17 Mapa de la densidad de energía eólica en Guatemala	73
Figura 7.18 Radiación solar directa anual	75
Figura 7.19 Zonas con potencial geotérmico	77
Figura 7.20 Producción de energía hidroenergía en el período 2002 – 2006	78
Figura 9.1 Esquema simple de un sistema fotovoltaico	100

Figura 9.2	Conjunto de paneles fotovoltaicos típico y su estructura metálica de soporte	102
Figura 9.3	Batería para sistemas fotovoltaicos	102
Figura 9.4	Típico regulador de carga fotovoltaico	103
Figura 9.5	Proceso de producción de agua caliente a partir de la energía solar	105
Figura 9.6	Distribución aproximada de la radiación de un receptor plano	105
Figura 9.7	Generación de la Biomasa	109
Figura 9.8	Procesos de conversión y formas de energía	111

## Resumen

La demanda de energía eléctrica en América Latina y el Caribe está creciendo de forma acelerada debido al incremento de la población. La falta de políticas claras, de financiamiento y de estabilidad económica, provoca que proyectos de desarrollo de energías renovables se paren y no se realicen a pesar del alto potencial energético del cual gozan.

Es por esto que en Guatemala se tiene la necesidad de dar propuestas que se puedan llevar a cabo según una caracterización clara de lo que es el sector energético en el país. Lo que llevó a la realización del estudio el cuál tuvo como objetivo realizar una caracterización energética de Guatemala, en donde se incluyeron las energías renovables y no renovables. Y se comprobó la hipótesis que, en Guatemala existe suficiente potencial energético proveniente de fuentes renovables, que bien administrado solucionaría los problemas energéticos del país, reduciría el consumo de combustibles fósiles y los niveles de contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero.

Entre las conclusiones del estudio se obtuvieron que; el sector energético en Guatemala está regido por el petróleo por ser este el mayor energético utilizado, por lo tanto, todas las tarifas energéticas están siendo manejadas por el precio de este, lo que ha causado dependencia del energético y de sus derivados. Pero la entrada de los problemas ambientales, en particular, el cambio climático, ha desencadenado la preocupación por el planeta y por consiguiente la búsqueda de nuevas alternativas para la producción y uso eficiente de la energía.

Entre las recomendaciones presentadas están el, invertir en investigaciones de energías renovables para conocer cómo utilizarlo. Modificar la forma en que se desarrolla el balance energético para que puedan entrar todas aquellas energías que no han sido cuantificadas. Lograr el desarrollo de proyectos energéticos y buscar innovaciones, mejoras a los procesos actuales y nuevos productos para la utilización de las energías renovables. Descentralizar la energía y crear una cultura de aceptación de leyes y acuerdos en materia energética y establecer una voluntad de participación para lograr la toma de decisiones por parte del gobierno y las empresas productoras de energía.

# Caracterización Energética de Guatemala

## Introducción

Cada forma de vida y todas las sociedades requieren en mayor o menor grado de una recepción constante de energía. En general, las civilizaciones industriales complejas utilizan más energía que las no industrializadas. Mientras las sociedades modernas continúen sobreviviendo y desarrollándose, deben consumir más. Sin embargo, deberán cambiar su modelo de consumo cuando las fuentes tradicionales se vuelvan limitadas o bien cuando el impacto ambiental demande un cambio en el modelo de consumo y el descubrimiento de nuevas formas de energía compatibles con el ambiente.

La energía es vital para el desarrollo de los pueblos. El desarrollo de las naciones se mide por su consumo, sin embargo, en algunos casos se ha caído en el despilfarro en todas sus formas, debido a los hábitos de vida de las sociedades modernas.

La demanda energética mundial, representada por los combustibles fósiles se incrementó entre los años 1955 y 2005 en un 450%, trayendo como consecuencia crisis energéticas, la más reciente y que estamos viviendo no sólo se refiere a la escasez de los hidrocarburos sino que está relacionada con conflictos bélicos y con el calentamiento global que está produciendo un cambio climático.

Ante la problemática planteada, la ciencia, la tecnología y la innovación juegan un papel sumamente importante, para mejorar el nivel de vida de las sociedades del mundo así como la protección del medio ambiente y por consiguiente minimizar el cambio climático mediante la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero; serán de vital importancia la eficiencia y ahorro energético mediante el uso de equipos y fuentes de energía más eficientes y amigables con el ambiente. Un papel importante lo tiene también la transferencia tecnológica en el campo de la energía, ya que los países desarrollados están avanzando en la ciencia y la investigación tecnológica para la utilización de nuevas fuentes y ser cada día menos dependientes de las fuentes convencionales por cuestiones estratégicas, económicas y ambientales.

El Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005 – 2014 de Guatemala, contempla la preparación de planes específicos para las distintas áreas, componentes y líneas de acción. Una de las líneas de acción es el desarrollo del Programa Nacional Sectorial de Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sector Energía. Para la elaboración del mismo se contó con la participación de representantes de los sectores académicos, privado y público, habiéndose llevado a cabo para el efecto dos seminarios – taller, con un espaciado de una semana. En el primer seminario taller se dio información sobre la Política energética nacional, diagnóstico del sector energía a nivel mundial, Latinoamericano, Mesoamericano y en Guatemala, la academia en la investigación y desarrollo tecnológico en el sector energía, nuevas tecnologías de producción de energía sostenible para enfrentar los efectos del cambio climático y el nuevo rol de la Organización Latinoamericana de Energía como apoyo a la Ciencia y la Tecnología en la región Mesoamericana. Seguidamente, se determinaron las áreas temáticas principales para el sector (fuentes de energía, uso eficiente y conservación energética, transferencia de tecnología, energía y ambiente, marco regulatorio y normas).

En el segundo seminario taller se desarrollaron temas tales como el desarrollo de la Ciencia y la Tecnología a nivel mundial, estufas de baja temperatura (turbo estufas) y el uso de máquinas sumergibles para producción de energía aprovechando las corrientes marinas, seguidamente se procedió en el taller a priorizar las áreas temáticas, se elaboró un listado de acciones e indicadores para alcanzar los objetivos estratégicos del programa, finalmente se establecieron las posibles líneas de investigación para cada una de las áreas temáticas.

En la primera parte de este documento se describe el estado de la energía en el mundo, Latinoamérica y Centroamérica. La segunda parte del documento contiene una caracterización del sector energético en Guatemala, el cual se ha hecho para los subsectores eléctrico, hidrocarburos y fuentes renovables de energía. En la tercera parte del documento se hace un análisis de las necesidades de energía y las oportunidades con que cuenta el país en el sector. La cuarta parte describe el Programa Nacional Sectorial de Energía, que incluye la estrategia para el fortalecimiento integral del sector energético, así como la descripción de las áreas temáticas más importantes para el desarrollo del país.

## **II. Antecedentes**

### **1. La situación del sector energético a nivel mundial**

Los países más desarrollados son los mayores consumidores de energía llegando a veces a niveles de despilfarro. Una forma de medir el grado de desarrollo de un país es a través del consumo de energía o intensidad energética, es importante para la elaboración de un programa de energía desde la óptica de la ciencia, la tecnología y la innovación, conocer la situación del sector a nivel internacional debido a la globalización y a los diferentes acuerdos de cooperación entre países o bloques de naciones.

La situación energética ha evolucionado de acuerdo a una creciente y desmedida demanda de energía, conflictos entre países y bloques, unos tratando de conservar sus propios recursos y otros para garantizarse el abastecimiento y no frenar el desarrollo de sus países o regiones.

En los últimos años, por la utilización desmedida de los recursos y el uso ineficiente de la energía, se ha producido el calentamiento global ya aceptado por la comunidad internacional, lo cual ha traído como consecuencia el cambio climático que afecta y afectará de diferente manera a todos los países.

#### **1.1. Situación Internacional**

Se analiza la situación energética internacional en diferentes escalas: mundial, latinoamericano y centroamericano incluyendo a Guatemala.

##### **1.1.1 A escala mundial**

El desarrollo de los países está vinculado con la disponibilidad y utilización de la energía, los nuevos procesos industriales dependen de fuentes de energía confiable. El desarrollo de la Tecnología se aceleró en el siglo XX. Entre 1900 y 2003 el consumo de energía se incrementó por un factor 16, la cantidad de los productos fabricados aumentó casi 40 veces. **(1)**

Las fuentes de energía que las naciones industrializadas utilizan más comúnmente son los combustibles fósiles como se observa en la tabla 1.1.



**Tabla 1.1** Uso de las Fuentes Energéticas en el Mundo

<b>FUENTES DE ENERGÍA (MUNDIAL)</b>	<b>%</b>
Renovable	13.7
Petróleo	34.9
Gas Natural	21.1
Carbón	23.5
Nuclear	6.8

**(6)**

El 35% de la energía total proviene del petróleo, el cual está distribuido alrededor del mundo en diferentes cantidades. En la tabla 1.2 se muestran las regiones con reservas de petróleo a nivel mundial.

**Tabla 1.2** Evolución de las Reservas de Petróleo en el Mundo

<b>2.1.2 PETRÓLEO - RESERVAS MUNDIALES (Gbb)</b>				<b>Tasa de Crecimiento (%)</b>	
<i>OIL - WORLD RESERVES (Gbb)</i>				<i>Growth Rate (%)</i>	
<b>Regiones / Regions</b>	<b>1996</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>1996-2005</b>	<b>2004-2005</b>
AFRICA <i>AFRICA</i>	74.39	112.23	114.27	4.88	1.81
AMERICA LATINA Y EL CARIBE <i>LATIN AMERICA &amp; CARIBBEAN</i>	114.80	112.79	115.11	0.03	2.06
ASIA Y AUSTRALASIA <i>ASIA &amp; AUSTRALASIA</i>	55.29	41.10	40.22	-3.47	-2.13
EUROPA OCCIDENTAL <i>WESTERN EUROPE</i>	20.74	18.46	17.65	-1.78	-4.40
NORTEAMERICA <i>NORTH AMERICA</i>	40.79	46.15	45.80	1.29	-0.77
ORIENTE MEDIO <i>MIDDLE EAST</i>	672.17	733.86	742.71	1.11	1.21
URSS-EUROPA ORIENTAL <i>USSR-EASTERN EUROPE</i>	61.88	120.79	122.89	7.92	1.74
<b>MUNDO / WORLD</b>	<b>1,040.07</b>	<b>1,185.38</b>	<b>1,198.65</b>	<b>1.59</b>	<b>1.12</b>

**(17)**

A medida que los años avanzan la utilización del petróleo es mayor (tabla 1.3), lo que conlleva a que cada año las reservas vayan disminuyendo, como lo muestra la tabla 1.2.

**Tabla 1.3** Evolución del Consumo Mundial de Petróleo

2.1.8 PETRÓLEO - CONSUMO INTERNO MUNDIAL (Mbbbl) \				Tasa de Crecimiento (%)	
OIL - WORLD CONSUMPTION (Mbbbl)				Growth Rate (%)	
Regiones / Regions	1996	2004	2005	1996-2005	2004-2005
AFRICA AFRICA	764.52	966.14	1,008.39	3.12	4.37
AMERICA LATINA Y EL CARIBE LATIN AMERICA & CARIBBEAN	1,944.41	2,202.94	2,080.30	0.75	-5.57
ASIA Y AUSTRALASIA ASIA & AUSTRALASIA	6,431.04	8,557.93	8,744.46	3.47	2.18
EUROPA OCCIDENTAL EUROPE	5,345.15	5,944.96	5,991.33	1.28	0.78
NORTEAMERICA NORTH AMERICA	6,619.11	8,293.95	8,357.34	2.62	0.76
ORIENTE MEDIO MIDDLE EAST	1,427.44	1,930.63	2,094.57	4.35	8.49
URSS-EUROPA ORIENTAL USSR-EASTERN EUROPE	1,359.71	1,409.27	1,436.52	0.61	1.93
<b>MUNDO / WORLD</b>	<b>23,891.38</b>	<b>29,305.81</b>	<b>29,712.91</b>	<b>2.45</b>	<b>1.39</b>

(17)

**Tabla 1.4** Producción Mundial de Petróleo

2.1.4 PETRÓLEO - PRODUCCIÓN MUNDIAL (Mbbbl)				Tasa de Crecimiento (%)	
OIL - WORLD PRODUCTION (Mbbbl)				Growth Rate (%)	
Regiones / Regions	1996	2004	2005	1996-2005	2004-2005
AFRICA AFRICA	2,345.37	3,381.27	3,589.77	4.84	6.17
AMERICA LATINA Y EL CARIBE LATIN AMERICA & CARIBBEAN	3,286.02	3,632.41	3,590.38	0.99	-1.16
ASIA Y AUSTRALASIA ASIA & AUSTRALASIA	2,413.39	2,893.89	2,919.93	2.14	0.90
EUROPA OCCIDENTAL EUROPE	1,639.61	2,250.38	2,076.89	2.66	-7.71
NORTEAMERICA NORTH AMERICA	3,585.10	3,768.99	3,605.11	0.06	-4.35
ORIENTE MEDIO MIDDLE EAST	6,060.20	8,968.47	9,168.49	4.71	2.23
URSS-EUROPA ORIENTAL USSR-EASTERN EUROPE	3,716.96	4,167.30	4,322.96	1.69	3.74
<b>MUNDO / WORLD</b>	<b>23,046.65</b>	<b>29,062.71</b>	<b>29,273.52</b>	<b>2.69</b>	<b>0.73</b>

(17)

La producción mundial de petróleo a nivel mundial varía de región en región dependiendo de la cantidad de reserva que estas regiones posean (tabla 1.4); al igual que la producción, los precios del petróleo aumentan año con año, como se observa en la tabla 1.5, alcanzando valores de 60 US\$/bbl (60 dólares americanos por barril de petróleo) y según la tendencia el precio sigue en aumento, así lo muestra la figura 1.1.

**Tabla 1.5** Precios Internacionales de Petróleo

2.1.19 PRECIOS INTERNACIONALES DE PETRÓLEO (US\$/bbl)				Tasa de Crecimiento (%)	
	INTERNATIONAL CRUDE OIL PRICES (US\$/bbl)			Growth Rate (%)	
Crudos / Types of Crude	1996	2004	2005	1996-2004	2004-2005
Alaska North Slope	23.72	35.81	57.11	10.26	59.48
Arab Light	23.05	34.64	52.84	9.66	52.54
Bonny Light	24.53	39.08	57.91	10.01	48.18
Brent	23.74	39.43	57.20	10.26	45.07
Canasta OPEP / OPEC Basket	23.51	35.70	52.65	9.37	47.48
Dubai	21.82	34.16	53.22	10.41	55.80
Istmo	23.78	35.31	52.77	9.26	49.45
Minas	23.48	34.76	54.43	9.79	56.59
Oman	22.35	34.66	54.21	10.35	56.41
Saharan Blend	24.68	39.61	57.65	9.89	45.54
Tijuana Light	22.74	32.36	49.23	8.96	52.13
West Texas Int.	25.47	43.12	59.36	9.86	37.66

(17)

**Figura 1.1** Evolución de los Precios de Petróleo hasta enero de 2008



(12)

La energía nuclear para producir electricidad es utilizada principalmente por Estados Unidos y la Unión Europea, el país de Europa con más plantas nucleares es Francia. China tiene planificado invertir \$50,000 millones de Dólares en los próximos años para construcción de plantas nucleares para producir energía eléctrica.

Los principales yacimientos de carbón se ubican en el hemisferio norte y algunos en el hemisferio sur principalmente en Sudamérica, África y Australia.

Los países más pobres y con población de menos ingresos son los que utilizan más la biomasa como fuente energética para uso doméstico.

#### **1.1.1.1 Política energética**

Se consideran dos regiones líderes en el mundo por la tecnología y el grado de desarrollo que tienen, tales como Estados Unidos y la Unión Europea.

Estados Unidos ha priorizado los siguientes aspectos de política energética:

- Cerrar la brecha entre la oferta y la demanda
- Aumentar la diversidad de la oferta
- Fortalecimiento de la cooperación internacional en Tecnología
- Estrategias de emergencia: la respuesta a las perturbaciones de la oferta
- Estados Unidos sigue comprometido a adelantar la seguridad energética internamente y en el extranjero, y ha desarrollado una estrategia a largo plazo para que la ciencia y la tecnología se conviertan en elemento central de una política energética, ambiental y económica integrada.
- Cambios a la manera en que proporcionamos energía a nuestras casas y empresas
- El gobierno se dedicará a diversificar las fuentes de energía para casas y empresas. **(22)**

La Unión Europea considera los siguientes aspectos de política energética:

- Sostenibilidad
- Seguridad de abastecimiento
- Competitividad
- Mercado interno de la energía
- Solidaridad entre Estados miembros y seguridad de abastecimiento de petróleo, gas y electricidad
- El compromiso a largo plazo para reducir la emisión de gases de efecto invernadero y el régimen comunitario de comercio de derechos de emisión

- Un ambicioso programa de medidas de eficiencia energética a nivel comunitario, nacional, local e internacional
- Un objetivo a más largo plazo para la energía renovable
- Plan Estratégico Europeo de Tecnología Energética
- Hacia un futuro con combustibles fósiles de baja emisión de CO<sub>2</sub> (mientras se cambia el modelo energético)
- El futuro de la energía nuclear
- Una política energética internacional al servicio activo de los intereses europeos

#### **1.1.1.2 Perspectiva energética mundial para 2050**

El análisis de la Agencia Internacional de Energía – EIA- en apoyo al Plan de Acción G8 2006 resume las tecnologías clave identificadas, que contribuirán a lograr un futuro energético sostenible, tales como: **(1)**

- Eficiencia energética en los edificios, la industria y el transporte
- Reducción del consumo de combustibles y emisiones de CO<sub>2</sub>
- Tecnologías limpias de tratamiento de carbón y de captura y almacenamiento de CO<sub>2</sub>
- Generación de electricidad a partir de gas natural
- Generación de electricidad a partir de energía nuclear
- Generación de electricidad a partir de fuentes renovables
- El gobierno, la industria y los consumidores tendrán que cooperar ampliamente en los siguientes aspectos: La eficiencia de la energía como la máxima prioridad, los programas específicos de investigación y desarrollo (I+D) como algo esencial, frenar la disminución de los presupuestos destinados a I+D en energía e inclusive incrementarlos. La transición desde el I+D al despliegue tecnológico resulta crítico. Los gobiernos tienen que crear un entorno político estable que promueva opciones energéticas que emitan bajas emisiones de CO<sub>2</sub>. También se debe prestar atención a los obstáculos no económicos que dificultan la ejecución de proyectos energéticos. Será necesaria una colaboración entre los países desarrollados y en desarrollo.

### **1.1.1.3 El papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en el desarrollo energético mundial**

El aumento en la demanda de energía, el incremento de los precios de los derivados de los hidrocarburos, el impacto ambiental de las fuentes convencionales de energía, lo cual ha provocado un cambio climático y calentamiento global, lo que ya ha sido aceptado por los países desarrollados y mayores consumidores de energía y por ende los que más han contribuido a la emisión de gases tipo invernadero. Por lo que las políticas energéticas de los principales países y bloques de países desarrollados han puesto como fundamento básico la ciencia la tecnología y la innovación, para paliar la crisis energética a mediano y largo plazo hasta el año 2050 en el caso de algunas perspectivas

Existen en el mundo entidades académicas de investigación y capacitación que están abordando el tema energético y ambiental, tratando de generar nuevas tecnologías para la producción de energía, así como más amistosas con el ambiente y con mayor eficiencia.

Dentro de estas se puede mencionar al Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas –CIEMAT- el cual tiene presencia a nivel mundial, funcionando dentro del Ministerio de Educación y Ciencia de España, el centro cuenta con un número aproximado de 280 personas, sólo en el departamento de energía, entre profesionales y técnicos, los cuales están trabajando teniendo como elemento principal la energía.

Los objetivos del centro son las fuentes convencionales y alternativas de energía, aprovechamientos energéticos que tengan impacto social, económico y ambiental, dentro de lo cual destacan: **(11)**

- Estimular la política energética del país.
- Generar conocimientos y tecnología en el campo energético
- Formar científicos, ingenieros y técnicos en el campo de la energía
- Explorar nuevos procedimientos y fuentes de energía
- Transferencia de tecnología a la industria
- Análisis de viabilidad de propuestas energéticas
- Asesoría a las autoridades del sector energético
- Representación de España en organismos internacionales
- Fomento de investigación y desarrollo (I + D) y las iniciativas en el campo de la energía en todo el territorio.
- Tareas de formación y concienciación del público en materia energética.

#### Características:

- Integra proyectos, culturas y tecnologías diversas
- Desarrolla proyectos horizontales ambiciosos que requieren cooperación y coordinación
- Organiza actividades focalizándolas alrededor de programas y objetivos importantes.
- Aúna esfuerzos para la coordinación aunque haya campos de inevitable dispersión.
- Sigue los objetivos para dar respuesta a las demandas de la sociedad.
- Relación con el exterior: UE, Plan Nacional, organismos e instituciones e industria.

#### Organización:

- Plataforma solar de Almería - PSA
- Energías renovables
- Centro de desarrollo de energías renovables – CEDER
- Combustión y gasificación
- Fusión nuclear
- Unidad de análisis de sistemas energéticos (socioeconomía, ambiente, externalidades, aplicaciones de modelos energéticos)

También existe el Centro de Energía Solar – CESONLAR- , el cual se dedica específicamente a la energía solar térmica y fotovoltaica, el centro está autorizado por el Ministerio de Educación y Ciencia de España.

#### Sus principales actividades son:

- Difusión de la investigación
- Formación de recursos humanos
- Asesoría a proyectos
- Cooperación en temas de energía solar

En Estados Unidos funciona el Centro para la Energía Renovable y Tecnología Sostenible, el cual es el más importante de ese país. En Europa se encuentra el Foro Europeo de Educación en Energía Sustentable conocido por las siglas en inglés ESEEF. También existe la Asociación Internacional para la Educación en Energía Solar conocido por sus siglas en inglés IASEE. Otras entidades interesadas en el tema energético son el Consejo Mundial de Energía. La Agencia Internacional de Energía –EIA-

### **1.1.2 A escala Latinoamericana y el Caribe**

Para fines prácticos la región Latinoamericana y el Caribe ha sido subdividida en las siguientes subregiones: México, Centroamérica, El Caribe, Andina y Cono Sur.

Las reservas probadas de petróleo para la región Latinoamericana ascienden a un poco más de 100,000 millones de barriles, siendo Venezuela en país que cuenta con las mayores reservas. Los países que tienen costas en el océano Pacífico cuentan con potencial geotérmico el cual en algunos ya está siendo aprovechado. Los principales yacimientos de carbón se encuentran en el norte de México, Colombia, Venezuela, Perú, sur del Brasil, sur y este de Argentina y en la parte central de Chile.

En los países del Caribe, se encuentran instaladas unas de las más grandes refinerías con capacidad de refinación de alrededor de 250,000 barriles diarios de petróleo, en el caso de Trinidad y Tobago, las empresas petroleras están haciendo exploraciones en su plataforma y ha encontrado importantes yacimientos.

#### **1.1.2.1 Política energética**

En Suramérica se ha impulsado la integración en dos bloques, uno que es Mercosur y el otro el del grupo Andino, los cuales por cuestiones políticas se han visto afectados. Sin embargo, la integración energética continúa como una necesidad de contar con el abastecimiento energético necesario para las actividades económicas de todos los países. Existe una integración energética pero no una política energética en común para los diferentes bloques.

La situación energética en Latinoamérica ha sufrido cambios en los últimos tiempos, los cuales están ligados a cambios en la política gubernamental implantada por los nuevos gobernantes, el caso más destacado es el de Venezuela que es considerada una potencia energética debido a los grandes yacimientos de hidrocarburos que posee. Las decisiones políticas del gobierno tienden a un control directo por parte del estado de las fuentes energéticas. La ventaja competitiva más obvia para Venezuela está en la producción de energía derivada de hidrocarburos, gas, e hidroeléctrica.

En el caso de Brasil, país con grandes recursos pero con un alto consumo de combustibles ha optado por utilizar etanol para uso como combustible en los automotores, recientemente ha firmado un acuerdo con Estados Unidos para investigar conjuntamente esta fuente de energía.



En el caso de Bolivia, país que cuenta con grandes reservas de gas, el gobierno también ha promulgado una ley para la nacionalización de la industria hidrocarburífera.

Ecuador está en una situación en la cual se tiende al control de la actividad hidrocarburífera siguiendo más o menos el modelo venezolano.

Colombia cuenta con recursos de carbón e hidrocarburos pero debe continuar con la exploración de nuevos campos petroleros para garantizar su autoabastecimiento.

### **1.1.2.2 Perspectiva energética para Latinoamérica y el caribe**

Recientemente, la Organización Latinoamericana de Energía (OLADE), ha concluido un Estudio de Prospectiva Energética de sus 26 Países Miembros de América Latina y el Caribe. El estudio ha sido planteado por países y subregiones: México, Centro América, Caribe, Países Andinos y Cono Sur y con un horizonte hasta el año 2018.

Este esfuerzo, financiado por la Comunidad Europea y apoyado por la Fundación Bariloche Argentina y la UNAM de México, a través de Programa Universitario Energético, es sin duda una contribución más de la Organización hacia el análisis de la oferta y demanda de energía en los países y subregiones, para poder mostrar los beneficios de lograr seguridad de abastecimiento y las ventajas económicas palpables de la integración.

Como todo estudio de esta naturaleza, se han considerado algunos supuestos de orden mundial como el alto crecimiento de la demanda de China, India y USA, que presionarán la demanda principalmente de petróleo para el segmento del transporte. De la misma manera, el mundo no duerme y se ha desatado una intensa búsqueda de alternativas al petróleo convencional y derivados.

En este panorama mundial, se han asumido precios volátiles del petróleo en los próximos 3 a 4 años con una banda entre 45-70 U\$/bbl y con posibles picos 80 a 100 U\$/bbl. El escenario base mundial, después del 4 año plantea un precio promedio de 55 U\$/Bbl, mientras que el escenario alternativo, después de 4 años, asume un promedio de 45 U\$/bbl. **(19)**

También, el estudio ha considerado supuestos regionales. Un escenario de baja integración, es decir que se consoliden muy pocos proyectos de infraestructura principalmente en gas natural y electricidad, lo que se espera afecte y repercuta en menor competitividad y menores tasas de crecimiento y bajo desarrollo. Un escenario de alta integración, que permita mayor competitividad

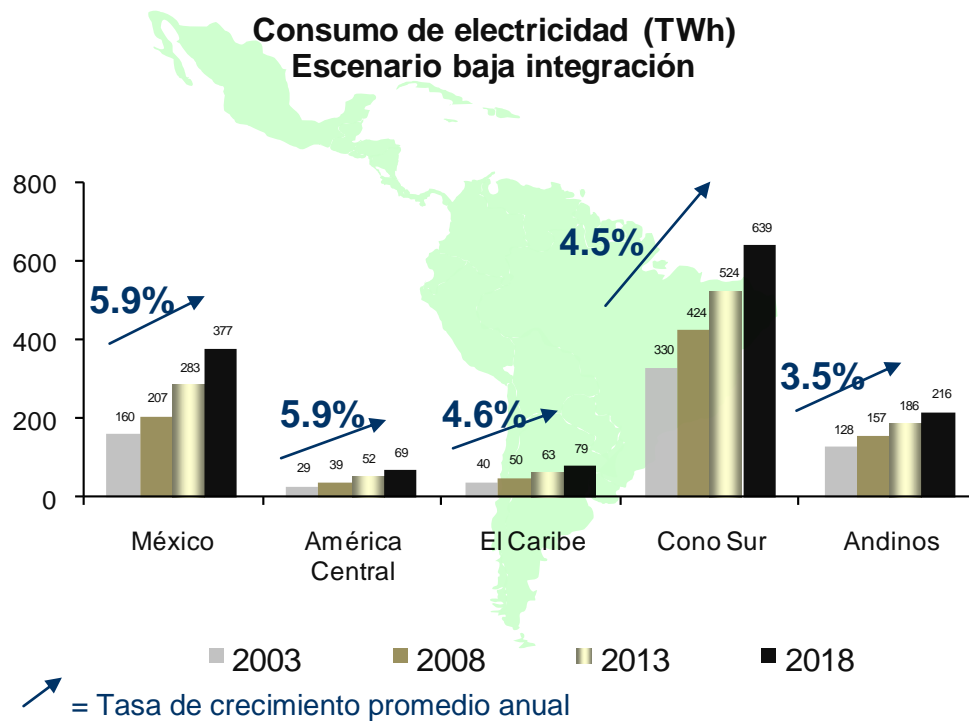
regional, mayor crecimiento y más elevado desarrollo. Esta diferencia de escenarios plantea un 1% de diferencial de crecimiento del PIB para los países de la OLADE. **(19)**

Es conocido por todos, que los países que integran la OLADE han utilizado únicamente un 26% de su potencial energético hídrico, y que las abundantes reservas probadas de gas en varios países (50 años), son una fuente de energía abundante, limpia y económica, que genera complementos para fomentar e impulsar integración energética por subregiones.

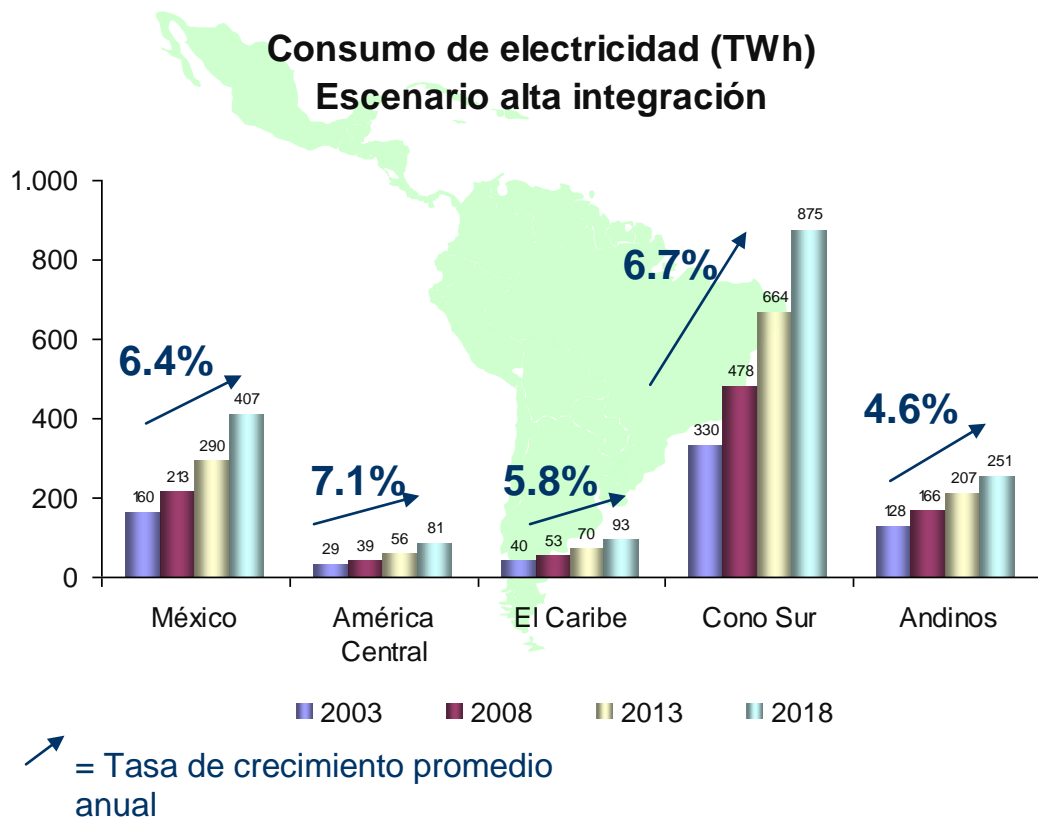
La prospectiva, presenta la relación oferta demanda por país y por subregión para toda la gama de productos energéticos que se demandan y ofertan bajo los escenarios considerados de baja y alta integración.

En el caso de la demanda de electricidad hasta el 2018 muestra para los escenarios estudiados: México 5.9% y 6.4%, América Central 5.9% y 7.1%, Caribe 4.6% y 5.8%; Cono Sur 4.5% y 6.7% y finalmente los países Andinos con 3.5% y 4.6%. Lo que demuestra que la mayor competitividad regional permitirá un mayor crecimiento y desarrollo en los países integrantes. (Figura 1.2 y Figura 1.3)

**Figura 1.2** Consumo de electricidad. Escenario Baja Integración



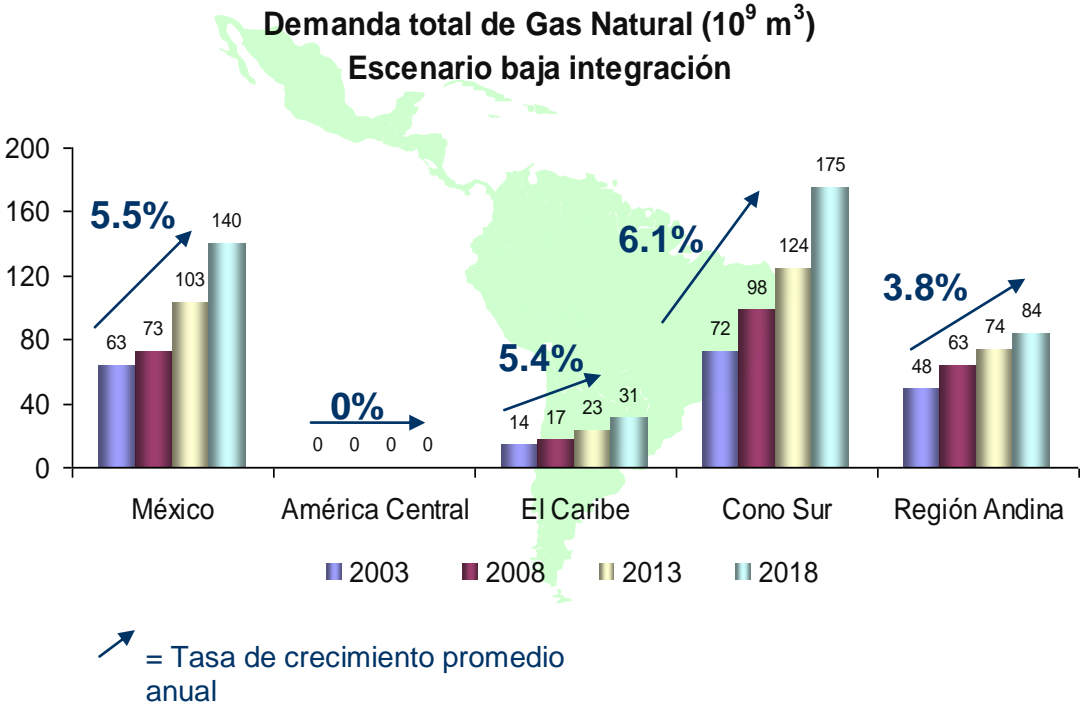
**Figura 1.3** Consumo de electricidad. Escenario Alta Integración



(19)

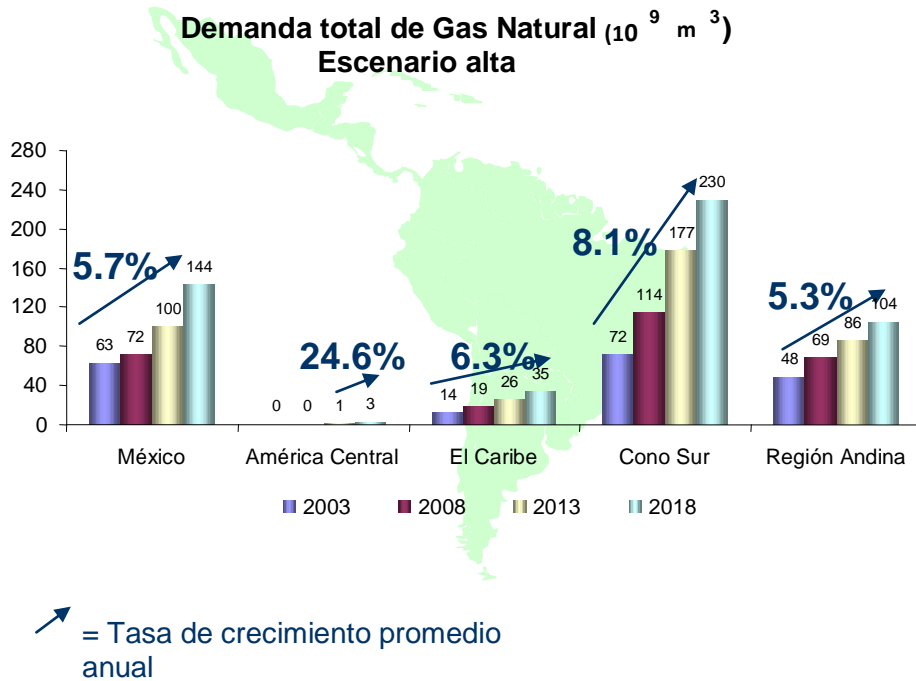
En relación a la demanda de gas natural, los crecimientos pronosticados son algo más elevados que para la electricidad en ambos escenarios, notándose penetración del gas en Centro América en el escenario de alta integración. Los resultados lo muestran las figuras 1.4 y 1.5 referente a cada uno de los escenarios.

**Figura 1.4** Demanda total de Gas Natural. Escenario Baja Integración



(19)

**Figura 1.5** Demanda total de Gas Natural. Escenario Alta Integración



(19)

El resultado neto para el crecimiento del gas natural para todas las subregiones es de 6.6% para alta integración y de 5.5% para el de baja integración. Esta diferencia de crecimiento en los escenarios se estima en 692 billones de metros cúbicos en el horizonte hasta el 2018.

Un análisis de los resultados del estudio de prospectiva, señala claramente los beneficios económicos de la integración por subregiones, fruto de las potencialidades energéticas en algunos países y las necesidades en otros. Sólo en gas natural, los cálculos iniciales indican un beneficio neto aproximado de 90 billones de dólares hasta el 2018, por supuesto si se tiene la voluntad política de lograr acuerdos y hacer las cosas bien.

### **1.1.2.3 El papel de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación en el desarrollo energético Latinoamericano y el Caribe.**

En la Latinoamérica y el Caribe funcionan entidades muy importantes como son la Organización Latinoamericana y del Caribe de Energía – OLADE – y la Comisión Económica para América Latina – CEPAL -, El Programa Universitario Energético – PUE – de la Universidad Autónoma de México –UNAM-, La Fundación Bariloche de Argentina, con el Instituto Energético del Mercosur – IEMSUR-, la Organización de Estados Americanos- OEA- estas instituciones analizan la situación energética de la región, hacen prospectivas energéticas, capacitan personal principalmente profesional, mantienen sistemas de información energética de la región y de cada uno de los países, y desarrollan investigación en las diferentes áreas energéticas. **(10)**

Recientemente, para lograr el desarrollo de proyectos energéticos, en Medellín, Colombia, las Empresas Públicas de Medellín – EPM -, y las universidades Nacional de Colombia sede Medellín, Pontificia Bolivariana y de Antioquia, acordaron crear un centro de investigación de alto nivel que potencie la gestión y el desarrollo de innovaciones tecnológicas en el campo de la energía. De esta manera se quiere articular el conocimiento de la comunidad científica universitaria con la capacidad de gestión de EPM.

El trabajo priorizará las fuentes de energía renovable y se orientará a buscar innovaciones, mejoras a los procesos actuales y nuevos productos que entren al mercado energético colombiano o mundial.

En este momento se formulan las líneas de investigación y se define el marco jurídico de alianza. Asimismo, se determinan las capacidades de los equipos científicos de las universidades y se elabora un inventario de los temas que abordan y sus recursos.

### **1.1.2.4 La eficiencia energética en Latinoamérica y el Caribe**

La organización centralizada de muchos países y la pobreza en que viven, entorpecen la implementación de energías descentralizadas y el uso eficiente de la energía. En la región muchos países carecen de una cultura de consenso que impide la aceptación de leyes y de acuerdos entre gobiernos y entre los consumidores y los actores económicos, de una voluntad en la participación ciudadana lo que deja que los gobiernos y las empresas energéticas sean los que tomen las decisiones del sector energético. Por lo que en estos casos una reforma democrática espera que exista una difusión de información que pueda descentralizar la energía como las decisiones que se toman, algo que la Comisión Europea está interesándose como una política en estos países. **(9)**

Existen barreras que impiden el desarrollo de una energía eficiente y sostenible en toda la región de Latinoamérica y el Caribe. Se consideran entre estas barreras las económicas, las financieras y las políticas.

#### 1.1.2.4.1 Barreras económicas

Las barreras económicas se fundamentan en la competitividad que puedan alcanzar en el mercado liberalizado de energía. Por lo que proyectos energéticos alternativos se han visto truncados, ya que la inversión y los costos promedios de generación son los únicos factores de comparación entre las tecnologías de combustibles fósiles y las tecnologías de fuentes renovables como se presenta en la tabla 1.6. **(2)**

**Tabla 1.6** Inversión y Costos Promedio de Generación

<b>TECNOLOGÍA</b>	<b>COSTO PROMEDIO DE GENERACIÓN (US\$ cents/kWh)</b>		<b>INVERSIÓN PROMEDIO (US\$ /Watt)</b>	
Ciclo Combinado a Gas	3,5	(3.0 – 4.0)	0,6	(0.4 – 0.8)
Carbón	4,8	(4.0 – 5.5)	1,2	(1.0 – 1.3)
Nuclear	4,8	(2.4 – 7.2)	1,8	(1.6 – 2.2)
Eólico	5,5	(3.0 – 8.0)	1,4	(0.8 – 2.0)
Biomasa (25 MW combustión)	6,5	(4.0 – 9.0)	2,0	(1.5 – 2.5)
Geotermia	6,5	(4.5 – 8.5)	1,5	(1.2 – 1.8)
Pequeñas Hidro	7,5	(5.0 – 10.0)	1,0	(0.8 – 1.2)
Fotovoltaica	55,0	(30.0 – 80.0)	7,0	(6.0 – 8.0)

**(8)**

Como se observa en la tabla 1.6, los costos de las energías renovables exceden los costos de las de combustibles fósiles. Aunque cabe mencionar, como muchos autores lo dicen que los costos de las renovables disminuirá con el tiempo, cuando la necesidad del uso de estas energías sea mayor y se comiencen a tomar otros factores en cuenta.

#### **1.1.2.4.2 Barreras Financieras**

Los riesgos de los mercados energéticos de la región por la falta de un mercado claro y de precios estables hace que las inversiones en este campo sean limitadas, es por se han creado bancos para canalizar los recursos internacionales y crear líneas de crédito que creen estabilidad en el retorno. **(2)**

#### **1.1.2.4.3 Barreras Políticas**

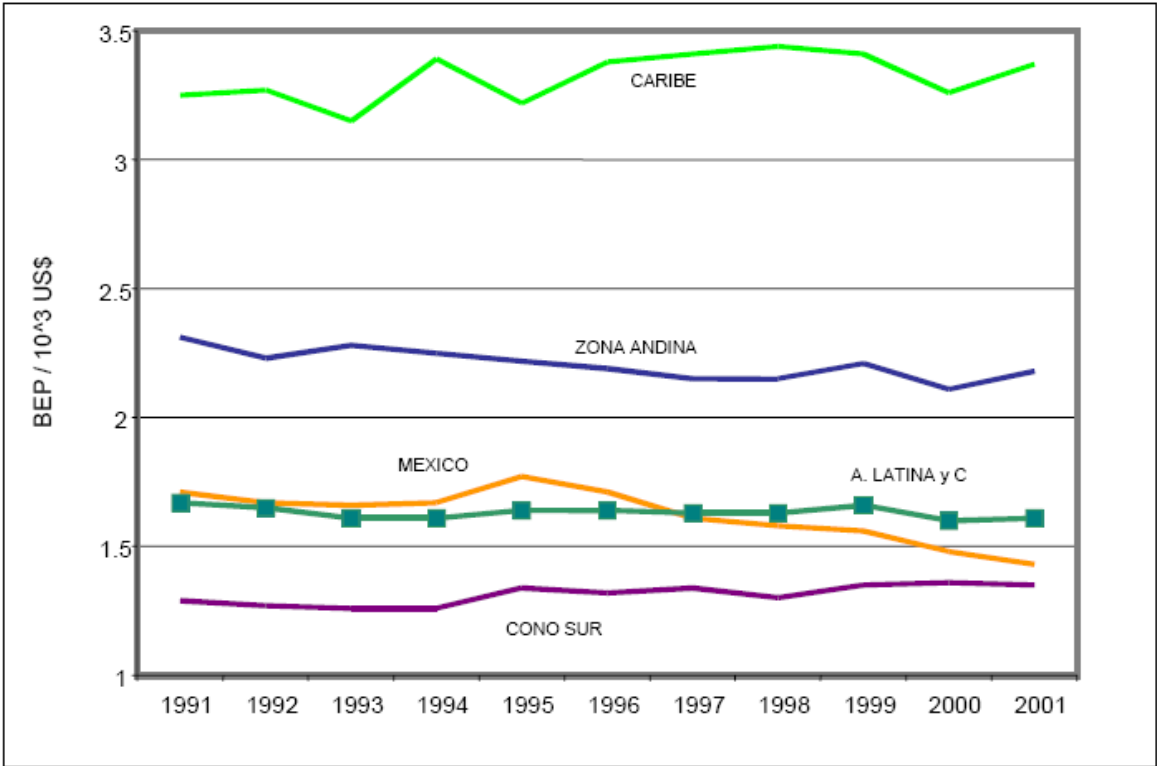
La voluntad política fundamentada en una política pública requiere resolver los siguientes problemas: la escasez de los recursos energéticos, los efectos de la factura energética en la balanza de pagos, el deterioro del medio ambiente, las demandas sociales sobre los precios de los energéticos o de la protección del medio ambiente, las convicciones ideológicas, las presiones y acuerdos internacionales, como el comercio, normas y demandas de reducción de emisiones. **(2)**

#### **1.1.2.5 Trayectoria de la intensidad energética en Latinoamérica**

A Continuación se presenta un análisis final, industrial y doméstico de la intensidad energética dividida en zonas según el marco legal y el comportamiento energético del sector en la región latinoamericana y del Caribe.



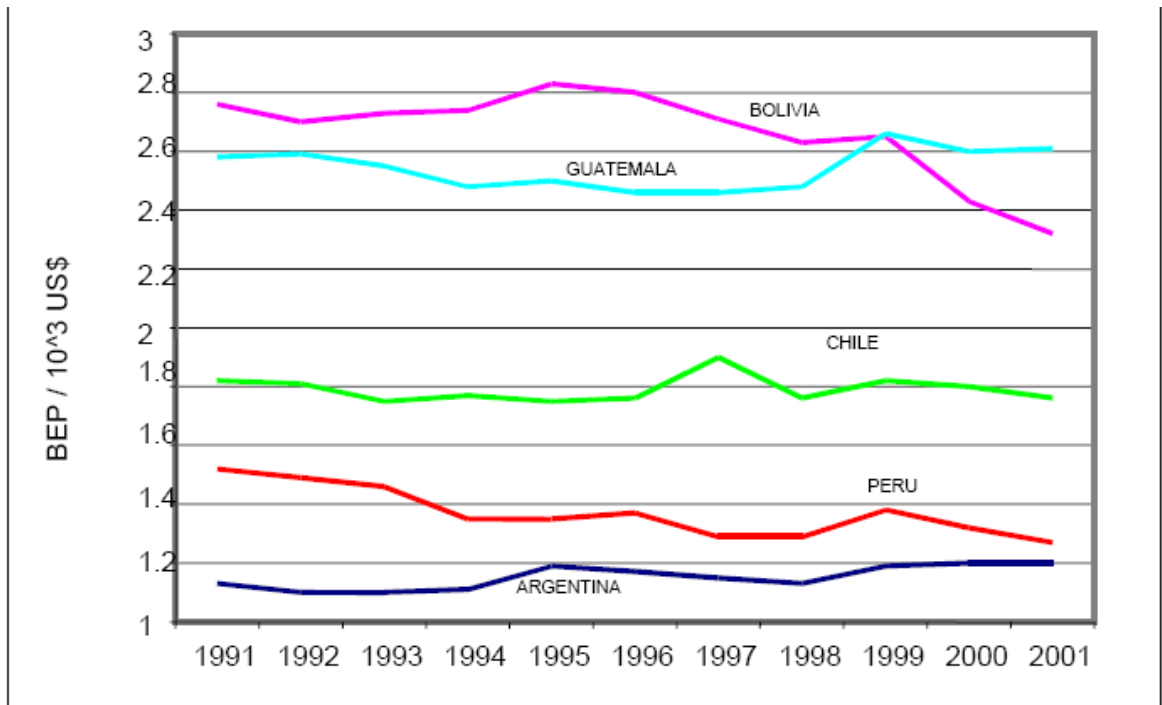
Figura 1.6 Intensidad Energética Final. Subregiones



(8)

Como se observa en la figura 1.6, el Caribe muestra una intensidad energética alta, esto se debe al uso de equipos de altos consumo energético y una baja eficiencia. Lo contrario con el cono sur debido al uso de tecnologías más avanzadas en los procesos de producción.

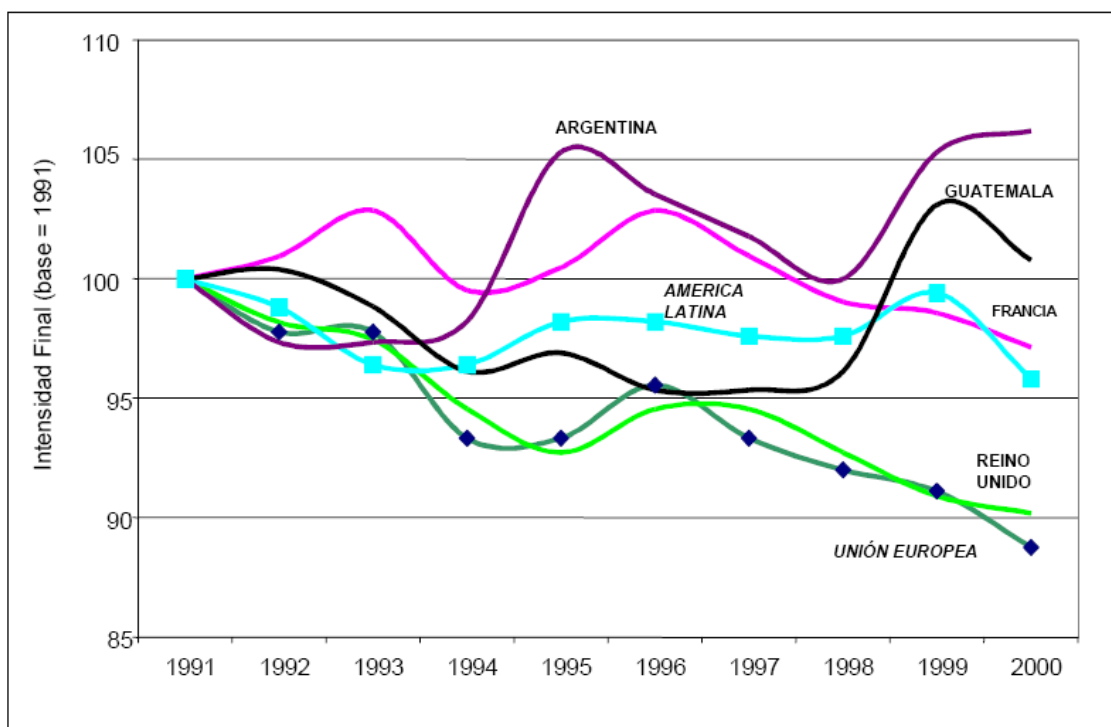
**Figura 1.7** Intensidad Energética Final. Países con Reformas Estructurales



(8)

Como se observa en la figura 1.7 de los países con reformas energéticas estructurales, Bolivia muestra un aumento en la eficiencia de la intensidad energética reduciéndola a finales de 1996. Argentina y Chile muestran una tendencia no muy variable a lo largo de los años. Guatemala muestra un alza negativa en el uso ineficiente de la energía a partir de 1998.

**Figura 1.8** Comparación de la Intensidad Energética Final en Europa y A.L.



(8)

Como se observa en la figura 1.8, en América Latina no presentan mejoras en los últimos años a diferencia del Reino Unido que su intensidad energética mejora por lo que su eficiencia es mejor.

### 1.1.2.6 Programas sobre eficiencia energética y recursos renovables

Los sistemas eléctricos y el tamaño del mercado en los países de Latinoamérica

**Tabla 1.7** Las Reformas en los Sistemas Eléctricos y el Tamaño de Los Mercados

Potencia Instalada en Generación (MW)	Control Central		Sistema Integrado Regulado		Comprado Único		Mercado Abierto	
	Parte Integral del Estado	Cierto grado de autonomía empresarial	Estructura integrada única	Varias unidades empresariales	Distribución Integrada	Distribución desintegrada	Integración Vertical permitida	Segmentación vertical obligatoria
0-500		Haití	Barbados Grenada		Suriname Guyana		Nicaragua	
500-1000					Jamaica Honduras		Panamá El Salvador	Bolivia
1000-2000	Cuba	Uruguay		Costa Rica	Trinidad y Tobago			Guatemala
2000-5000		Paraguay		Ecuador		Perú Rep. Domin.		
5000-10000						Chile		
10000-20000						Colombia		Argentina
>20 000				Venezuela Brasil	México			

(7)

Como se observa en la tabla 1.7, Cuba es el único país en Latinoamérica en donde el Estado controla el sistema eléctrico. Por el contrario, Guatemala junto con Bolivia y Argentina cuentan con una segmentación vertical obligatoria dentro de un mercado abierto.

### 1.1.3 A nivel centroamericano

La subregión centroamericana cuenta con recursos energéticos hidráulicos, hidrocarbúricos a menor escala que el resto del mundo, geotérmicos, los cuales ya se aprovechan en parte, siendo El Salvador el país pionero en el aprovechamiento de este recurso. La región también cuenta con potencial en biomasa, solar y eólico, haciéndose ya algún aprovechamiento de los mismos

En el caso de los hidrocarburos, sólo Guatemala ha tenido reservas probadas y susceptibles de ser aprovechadas en dos campos específicos como son Rubelsanto y Xan, de este último se produce actualmente una cantidad promedio de 23500 barriles por día.

Dentro del Plan Puebla Panamá – PPP – se tiene contemplado el desarrollo en el sector energía, adoptando el proyecto de interconexión Centroamericana, ampliado con la interconexiones Guatemala – México y Panamá – Colombia y Guatemala- Belice. Dentro de este plan se está apoyando la ejecución de varios proyectos dentro del área centroamericana.

En el subsector eléctrico sobresale el esfuerzo de integración denominado Sistema de Interconexión Eléctrica de Centroamérica y Panamá – SIEPAC- el cual ya ha avanzado creándose todo el andamiaje legal y operativo para su funcionamiento, tales como la Empresa Propietaria de la Red – EPR – , la que se encarga de la construcción de las líneas y subestaciones, así como de su operación y mantenimiento, así mismo se ha creado la Comisión Regional de Interconexión Eléctrica – CRIE - y el Ente Operador Regional – EOR-. También se han sentado las bases para el Mercado Eléctrico Regional - MER-.

La Estructura del Sector Eléctrico en Centroamérica ha evolucionado de la siguiente forma:

A principios de 1990

- Empresas propiedad del estado
- Empresas verticalmente integradas
- Ineficiencia y recursos escasos
- Difícil situación financiera

Década de los 90s: privatización y reformas regulatorias

- Reformas estructurales dirigidas a la introducción de competencia y mejoras en la eficiencia económica

Reformas Sectoriales

- Cuatro de los seis países han implantado reformas estructurales de sus sectores eléctricos: El Salvador, Guatemala, Nicaragua y Panamá
- Los países adoptaron distintos modelos de acuerdo con sus propias características
- Dos países no han avanzado en la reforma regulatoria: CR y HO
- Subsisten en la región contratos firmados durante los 90s

### **1.1.3.1 Política energética**

A pesar de que se impulsan proyectos de integración energética en el área Mesoamericana sobre todo en el subsector eléctrico, cada uno de los países ha definido su propia política energética, lo cual se puede ver en la evolución de la estructura del subsector eléctrico, así como en las relaciones con otros países o bloques en el sector energético. En el sector de los hidrocarburos por ejemplo, en Costa Rica están vedadas las actividades de exploración petrolera anteponiéndose el tema ambiental. Recientemente se está negociando la instalación de una refinería en la región y no se ha logrado un acuerdo, pues cada país está tratando de que la refinería se ubique en su territorio.

*Principales barreras encontradas en el Seminario de Barreras y Oportunidades al Mercado de Fuentes Renovables de Energía Realizado en Nicaragua en 2001:*

#### **1.1.3.1.1 Político e Institucional:**

- Falta de implementar políticas y estrategias adecuadas para promover el desarrollo de energías renovables y atraer inversiones en este rubro.
- Se continua ofreciendo mayores ventajas y privilegios al desarrollo de fuentes térmicas que aquellas de aprovechamiento de fuentes renovables (hídrica, biomasa, geotermia, eólica y solar).
- Se requiere mayor fortalecimiento institucional y aumentar la capacitación en energías renovables.
- Hace falta una instancia consultiva en la CNE, que permita asegurar el proceso de retroalimentación sobre el tema de energía renovable y que facilite y complemente diversas acciones en el desarrollo de proyectos de energía renovable.

#### **1.1.3.1.2 Financiero:**

- El sistema financiero no valora los beneficios sociales a alcanzar en los aspectos de la salud, empleo, educación y medio ambiente local y global, que las energías renovables traen consigo.
- Falta de conocimientos y procedimientos adecuados para lograr el financiamiento adecuado en el campo de la energía renovable.
- Las tasas comerciales de interés son muy altas y no existen mecanismos alternativos de financiamiento (por ejemplo, que la garantía sea el mismo flujo financiero del proyecto), así como una falta de recursos de pre-inversión.

#### **1.1.3.1.3 Mercado Eléctrico:**

- El mercado no valora el enfoque integral con todos sus beneficios ni la sostenibilidad, que conllevan los proyectos de energía renovable.
- El mercado no reconoce los beneficios aún de la eficiencia energética, ni existen normativas para el uso eficiente de los equipos.
- Falta de competitividad de las energías renovables en el mercado, debido a la falta de un incentivo fiscal a fin de que puedan competir en el mercado con las fuentes térmicas que si gozan de incentivos fiscales.
- Para el desarrollo de sistemas autónomos y otros usos
- Aunque hay existencia del recurso renovable en muchos sitios aislados, no hay la infraestructura de acceso como carreteras y líneas de transmisión, ni capacidad de pago en las áreas rurales.
- Los trámites burocráticos para el desarrollo de sistemas autónomos con energía renovable son poco amigables.
- Se requieren leyes especiales para lograr el acceso a las redes de transmisión y distribución.
- No existen guías y manuales de divulgación para la administración y operación de los proyectos, que permitan crear un programa de capacitación permanente y ampliado.
- Carencia de incentivos legales y fiscales para el desarrollo de energía renovable en sistemas autónomos y usos productivos.
- No existe un centro de información con fácil acceso sobre los proyectos y los estudios del potencial de energías renovables en el país.
- Existe disponibilidad de sistemas de bombeo, secadores solares, cercas solares, etc., pero hace falta una estrategia de educación y divulgación de este tipo de sistemas.

*En el seminario de Barreras y Oportunidades al Mercado de Fuentes Renovables de Energía se recomendó lo siguiente:*

**1.1.3.1.4 En el ámbito Político / Institucional:**

- Definir una política que estimule la inversión y el desarrollo en la generación con energías renovables.
- Que las políticas y leyes nacionales para energía renovable sean coherentes con las demás leyes y regulaciones a nivel nacional.
- Fortalecer las instituciones con la legislación adecuada para que ejerzan su función de facilitadores del desarrollo del sector.
- Que exista una oficina que facilite la elaboración y promoción de proyectos de energía renovable.
- Fortalecer el marco jurídico institucional mejorando políticas, leyes y procedimientos burocráticos, generando un marco de política que trascienda los periodos de gobierno.
- Que la Legislación permita una aplicación equitativa (entre energías fósiles y renovables).
- Conformar un centro de información con base de datos sobre energía renovable a nivel nacional.
- Crear una red entre instituciones gubernamentales y no-gubernamentales orientado a la capacitación en energía renovable.

**1.1.3.1.5 Financiamiento:**

- Promover y buscar fuentes de financiamiento con condiciones adecuadas para el desarrollo de proyectos de energía renovable.
- Crear un fondo de financiamiento para proyectos donde se disponga recursos para la fase de pre-inversión.
- Crear los mecanismos de créditos para proyectos de energías renovables, para que facilite a los desarrolladores de proyectos lograr el financiamiento de sus proyectos.
- Revalorizar los beneficios sociales y ambientales en la formulación de los proyectos de energía renovable.



#### **1.1.3.1.6 Mercado Energético:**

- Promover la competitividad de las energías renovables en el mercado energético a través de incentivos fiscales que compense las actuales exenciones de impuestos que gozan las térmicas.
- Se requieren compensar con incentivos estos tipos de proyectos, con mecanismos innovadores como emisiones reducidas y por la reducción de cargas impositivas.
- Incentivar el uso eficiente de la energía en forma masiva (medios de comunicación, educación), ya que el costo más barato de un Kw. es el Kw. ahorrado.
- Normar el uso eficiente de los equipos mediante incentivos fiscales y leyes especiales.

#### **1.2. Perspectiva del sector energía en la región centroamericana y en Guatemala.**

En los próximos años el sector energético en el área centroamericana se verá beneficiado con la interconexión eléctrica entre los países miembros (Guatemala, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica y Panamá). A través del SIEPAC, como lo muestra la figura 1.9. Se darán también las interconexiones entre Guatemala y México, entre Panamá y Colombia, así como entre Guatemala y Belice, lo cual le dará mayor estabilidad a todo el sistema.

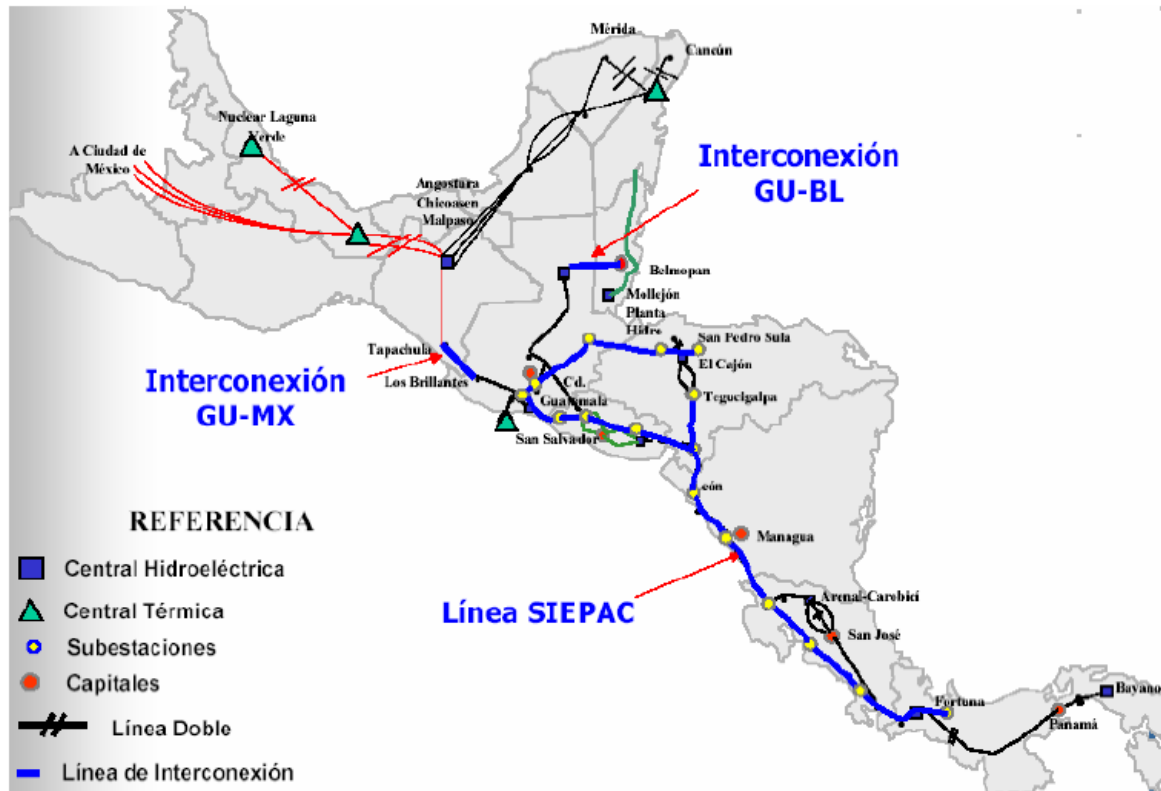
Figura 1.9 Capacidad intercambio entre países centroamericanos



(21)

El Proyecto de interconexión de los sistemas eléctricos de Guatemala y México, se hace posible con la construcción de una ampliación (Salida de línea en 400 KV) de la subestación Tapachula Potencia, una línea de transmisión en 400 kV de 103 kilómetros de longitud (71 del lado guatemalteco y 32 del lado mexicano) y una Subestación de transformación 400/230 KV con capacidad de 375 MVA en la S/E Los Brillantes, Retalhuleu, Guatemala, como lo muestra la figura 1.10. (15)

**Figura 1.10** Proyecto de interconexión Guatemala – México y Guatemala – Belice



(21)

Entre otros proyectos, se tenía la intención de instalar una refinería en algún país del área centroamericana, pero la cantidad de petróleo ofrecida por México no fue suficiente e hizo inviable el proyecto. Cada país por su cuenta está analizando la posibilidad de instalar una refinería en su territorio, lo cual es contraproducente, lo ideal es una negociación en bloque del área, lo cual está pendiente.

En Nicaragua, que está pasando por una crisis energética por desperfectos de varias de sus plantas generadoras, se tiene planeado instalar una refinería, con el apoyo de Venezuela.

El BCIE, EL PNUD Y EL GEF, lanzaron un fondo de USD 59.87 millones para pequeñas hidroeléctricas, parques eólicos o geotérmicos de hasta 10 MW, así como programas ambientales

En la tabla 1.8 se muestran proyectos energéticos que están contemplados en Centroamérica y México.

**Tabla 1.8** Proyectos energéticos para la subregión Centroamericana y México

NOMBRE	COSTO (MILLON ES DE US\$)	FINANCIAMEN TO OBTENIDO	ENTIDAD FINANCIERA	ESTADO	AVANCES
Evaluación potencial geotérmico	Nd	Nd	JBIC	EJECUTADO	<p>Estudio concluido en 2005. Japón ha identificado mecanismos para apoyar a los países centroamericanos.</p> <p>Se realizaron reuniones el 6 de octubre de 2005, el 14 de febrero de 2006 y dos misiones de los consultores en marzo y agosto de 2006. Se estructuraron dos productos:</p> <p>i) un esquema de financiamiento por país del JBIC para proyectos de exploración y ii) un programa regional de capacitación.</p>

SIEPAC	337.00	337.00	BID, BCIE, España, Gobiernos	EN EJECUCIÓN	La licitación se efectuó en 2 bloques (Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua, Costa Rica y Panamá). El 11 de julio se inauguró el inicio de las obras.
Interconexión eléctrica Guatemala – México	55.8	55.8	BID, Gobierno de México, INDE	EN EJECUCIÓN	El 13 de junio, los Presidentes de Guatemala y México dieron inicio formal a las obras de construcción de la línea.
Electrificación rural para Guatemala	40.1	40.1	BCIE, INDE	EN EJECUCIÓN	Proyecto inaugurado en marzo 2006 en El Petén, Guatemala.
Programa para la Explotación de Recursos Geotérmicos para Guatemala para Proyectos	0.35	0.35	GEF/BID/Gobierno	EN EJECUCIÓN	Proyecto en ejecución a cargo del Ministerio de Energía y Minas

de Generación Eléctrica					
Exploración de condiciones de producción del campo Geotérmico de Tecuamburro	0.35	0.35	JICA / METI	EJECUTADO	Proyecto ya ejecutado. Pendiente de definir una operación crediticia al Gobierno de Guatemala para explotación del campo geotérmico.
Apoyo al Programa de desarrollo de la FTN (GVEP)	0.11	0.11	BID	EN EJECUCIÓN	Cooperación técnica apoyará estudios para elaborar el diseño final del proyecto, cuya inversión se estima en mas de US\$ 6 millones en el área de la Franja Transversal del Norte de Guatemala.
Refuerzos a sistema de transmisión nacional El Salvador	43.5	43.5	BCIE	EN GESTIÓN DE FINANCIAMIENTO	Proyecto en ejecución a cargo de ETESAL de El Salvador.

Electrificaci3n rural para Honduras	45.90	45.90	BID, Gobierno de Honduras	EN EJECUCI3N	En condiciones previas a desembolso
Centro de adiestramiento regional geot3rmico	2	Nd	JICA	EN GESTI3N DE FINANCIAMIENTO	En proceso de dise1o.
Interconexi3n el3ctrica Panam3 – Colombia	207	Nd	Nd	EN DISE1O	Se cuenta con estudios ambientales elaborados y la propuesta de 2 probables rutas.
Interconexi3n el3ctrica Guatemala – Belice	Nd	Nd	Nd	EN DISE1O	Se evalúan 2 alternativas de ruta.
3ra. Unidad de la Central Hidroel3ctrica Cerr3n Grande	30	30	BCIE, CEL	EN GESTION DE FINANCIAMIENTO	Proyecto presentado por CEL. Pendiente de definir si ser3 financiado por medio de cr3dito o asociaci3n p3blica privada.
Proyecto Central Hidroel3ctrica El Chaparral (65.9 MW)	135.3	135.3	BCIE, CEL	EN EJECUCI3N	Para el a1o 2009 se pretende contar con la Central Hidroel3ctrica El Chaparral con una

					potencia de 67.3 MW. Proyecto presentado por CEL. Pendiente de definir si será financiado por medio de crédito o asociación público privada.
<b>14 proyectos</b>	<b>897.41</b>	<b>688.411</b>			

La ciencia, la tecnología y la innovación en el sector energético de Mesoamérica, tiende a integrarse como parte de las gestiones que hace la Organización Latinoamericana de Energía – OLADE-, para formar la Red de Investigación Energética de Latinoamérica y del Caribe – RIELAC-, así mismo se tiene previsto crear una red de investigación energética de Mesoamérica, la cual estará apoyada en sus inicios por el Centro de Investigaciones Energéticas, Medio Ambientales y Tecnológicas – CIEMAT- de España, así como con la creación de una subsección regional de la OLADE.

La Alianza de energía y ambiente –AEA- continuará apoyando los proyectos energéticos que utilicen fuentes renovables de energía, así como tecnologías limpias.



### **III. Justificación**

La demanda de energía en América Latina y el Caribe está creciendo de forma acelerada debido al incremento de la población. La falta de políticas claras, de financiamiento y de la estabilidad económica de un país, provoca que proyectos de desarrollo de energías renovables se paren y no se realicen a pesar del alto potencial energético que gozan estos países.

Guatemala tiene un alto potencial de desarrollo en las fuentes de energía renovables pudiendo ser estas sostenibles y sustentables, el problema está en la falta de voluntad política, la inconsciencia de sus habitantes al no querer formar parte de este cambio por formas de pensar y culturas que los hacen dependientes a energías ineficientes. Por lo que, para la toma de decisiones se hace necesaria la caracterización energética del país.

### **IV. Definición del Problema**

La energía en Guatemala tiene grandes deficiencias debido al mal uso que se le da y la falta de voluntad, tanto de parte de los gobiernos como del pueblo en general. Es un reto para Guatemala crear fuentes energéticas eficientes y renovables, pero sólo sabiendo lo que tenemos y cuánto tenemos de este recurso sabremos lo que podemos usar y cómo se debe usar. En Guatemala existen datos sobre el potencial energético y cuánto se utiliza de cada recurso energético, el problema es que la información está dispersa, y a la hora dar propuestas para el uso de la energía surgen temas tan contradictorios con la realidad que vive el país. Por lo que, ¿una caracterización energética serviría de herramienta para la obtención de propuestas para la utilización de energías renovables?

## **V. Objetivos**

### **Generales**

- Realizar una caracterización energética de Guatemala, incluyendo las energías renovables y no renovables.

### **Específicos**

- Evaluar cuál ha sido el uso de las energías renovables en Guatemala.
- Conocer qué ha frenado la búsqueda de nuevas fuentes energéticas en Guatemala.
- Evaluar el potencial energético renovable en Guatemala y determinar las fuentes energéticas con mayor potencial aprovechable.
- Dar propuestas para la utilización de las energías renovables.
- Evaluar si la utilización del potencial de energías renovables en Guatemala, reduciría el consumo de combustibles fósiles y de energías no sustentables.

## **VI. Hipótesis**

### **Nula**

En Guatemala no existe suficiente potencial energético proveniente de fuentes renovables, por lo que no solucionaría los problemas energéticos del país, no se reduciría el consumo de combustibles fósiles ni los niveles de contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero.

### **Alterna**

En Guatemala existe suficiente potencial energético proveniente de fuentes renovables, que bien administrado solucionaría los problemas energéticos del país, reduciría el consumo de combustibles fósiles y los niveles de contaminación por emisiones de gases de efecto invernadero.

## **VI Metodología**

- 6.1** Se hizo una revisión bibliográfica de los documentos actuales sobre energía, con datos reales.
- 6.2** Con los datos obtenidos se hizo una comparación y un análisis para saber cuales son las energías que se utilizan en Guatemala, y de esas cuál es la más utilizada.
- 6.3** Después de haber realizado el análisis y la comparación, se hizo una evaluación de las energías renovables a futuro y se dieron propuestas de aplicación de esas energías en Guatemala.

## VII Caracterización Energética actual en Guatemala

Se analizan los subsectores eléctrico, hidrocarburífero y de fuentes alternas y renovables de energía.

### 7.1 Regulaciones y marco legal del sector energético

La electrificación es un mandato constitucional, abordado en la Constitución Política de la República, de la manera siguiente: Declarar de urgencia nacional, la electrificación del país, con base en planes formulados por el Estado y las Municipalidades, en el cual podrá participar la iniciativa privada (artículo 129).

El subsector eléctrico ha estado sujeto a un proceso de cambios y adaptaciones, a partir de la emisión de la Ley General de Electricidad, la cual fue aprobada el 15 de noviembre de 1996, el reglamento de la misma fue aprobado el 2 de abril de 1997, con el propósito de liberalizar el desarrollo de las actividades del subsector.

Estos instrumentos jurídicos establecen el ambiente propicio para la competencia en la generación de electricidad, desmonopolizando el subsector, estableciendo además, claridad en la regulación y tarifas, así mismo se da la oportunidad para que desarrolladores privados participen en la generación, transmisión, distribución y comercialización de la electricidad.

En la Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente (Decreto 68-86) se describen a grandes rasgos los componentes del ambiente, y norma la obligatoriedad de presentar un Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental previo a realizar cualquier proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características produzca deterioro a los recursos naturales. Esto afecta directamente a los proyectos de generación y transmisión de electricidad y a aquellos de distribución que podrían afectar zonas ambientalmente frágiles. Adicionalmente, el decreto 68-86 ha sido reformado por el Decreto numero 1-93, el cual establece una sanción a los funcionarios que aprueben la realización de proyectos sin exigir la presentación el Estudio de Evaluación de Impacto Ambiental (EIA).

En el subsector eléctrico, las empresas y los tipos de proyectos que necesitan EIA para su ejecución, están: Las líneas de transmisión, plantas de generación de energía eléctrica y plantas geotermoeléctricas.

La Comisión Nacional de Energía Eléctrica ha estado desarrollando un sistema de normas técnicas, operacionales y comerciales, las cuales en su conjunto definen el marco regulatorio que rige el subsector eléctrico. La labor de definición de normas ha sido prolífica, quedándole a CNEE que vela porque dicho normativo sea atendido para que los objetivos estratégicos asignados a la CNEE puedan lograrse.

El Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista (Acuerdo Gubernativo numero 299-98) fue publicado el 25 de mayo de 1998. Este acuerdo contiene el Reglamento del Administrador del Mercado Mayorista, estableciéndose sus funciones principales,

En la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (Decreto 52-2003), se declara de urgencia nacional el desarrollo racional de los recursos energéticos renovables, indicando que el Ministerio de Energía y Minas estimulará, promoverá, facilitará y creará las condiciones adecuadas para el fomento de inversiones que se hagan con este fin, a través de incentivos fiscales, económicos y administrativos.

Ley de Contrataciones del Estado (Decreto ley 57-92), esta ley regula todo lo concerniente a la compra y venta, y la contratación de bienes, suministros, obras y servicios que requieran los organismos del estado, sus entidades descentralizadas y autónomas, unidades ejecutoras, las municipalidades y las empresas públicas estatales o municipales.

El subsector de hidrocarburos está regido por la Ley General de Hidrocarburos, decreto ley 109-83, que regula y da seguimiento a las actividades exploratorias y de explotación de los yacimientos de hidrocarburos

El aprovechamiento de las fuentes renovables de energía está regulado mediante la aplicación de la Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable (Decreto 52-2003) y su Reglamento. Ley del Alcohol Carburante y todas aquellas normativas relacionadas con las energías renovables.

El Reglamento Técnico Centroamericano – RTCA – ha emitido el reglamento sobre Biocombustibles, especificaciones para el Biodiesel (B100) y sus mezclas con aceite combustible diesel.

## **7.2 Marco Institucional Actual**

El ente rector del sector energético en el país es el Ministerio de Energía y Minas.

El Marco de la Política del Ministerio de Energía y Minas constituye, junto con los objetivos estratégicos, la base fundamental para establecer los objetivos operativos y actividades a realizar en el período 2005 a 2007.

El Marco de la Política del Ministerio es consecuencia de las directrices enunciadas por el Programa de Reactivación Económica y Social ¡Vamos Guatemala! El marco está constituido por las siguientes políticas:

- Velar por el cumplimiento de las leyes y reglamentos en las áreas de hidrocarburos, energía y minería.
- Formular y coordinar el marco de las políticas en las áreas de hidrocarburos, energía y minería.
- Formular planes indicativos para promover y facilitar la inversión privada, nacional e internacional, en las áreas de hidrocarburos, energía y minería, con énfasis en el aprovechamiento de las fuentes renovables y no renovables de energías, en concordancia con un desarrollo sostenible y preservando el medio ambiente.
- Orientar y facilitar el Plan de Electrificación Rural, y proyectos eléctricos para elevar el índice de electrificación a nivel nacional al 90%.
- Impulsar la Interconexión Eléctrica Mesoamericana.
- Coordinar las actividades de hidrocarburos, energía, minería y ambientales del Ministerio, con otros Ministerios e instituciones nacionales e internacionales.
- Promover en las regiones la convergencia de las asimetrías regulatorias y de los mercados de hidrocarburos, energéticos y mineros.
- Atender las recomendaciones relativas al cambio climático, considerando el ámbito económico, regional y el entorno internacional.
- Promover la modernización del Ministerio y el desarrollo de la Planificación Estratégica.
- Divulgar las actividades e información de hidrocarburos, energía, minería y medio ambiente, para conocimiento y toma de decisiones.

El accionar del MEM es regido por la Constitución Política de la República, según los artículos 125 y 129 que textualmente dicen

*Artículo 125.* Explotación de recursos naturales no renovables. Se declara de utilidad y necesidad públicas, la explotación técnica y racional de hidrocarburos, minerales y demás recursos naturales no renovables.

*Artículo 129.* Electrificación. Se declara de urgencia nacional, la electrificación del país, con base en planes formulados por el Estado y las municipalidades, en la cual podrá participar la iniciativa privada.

Además se rige por la Ley del Organismo Ejecutivo (Decreto 114-97). *Artículo 34.* Ministerio de Energía y Minas. Le corresponde atender lo relativo al régimen jurídico aplicable a la producción, distribución y comercialización de la energía y de los hidrocarburos, y a la explotación de los recursos mineros. Así como por el Reglamento Orgánico Interno del Ministerio de Energía y Minas. (Acuerdo Gubernativo 382-2006)

### **7.3 Balance energético del país**

Es la contabilización del flujo de energía entre las diferentes etapas y actividades de la cadena energética y sus relaciones de equilibrio, por las cuales la energía se produce, se intercambia con el exterior, se transforma y se consume; tomando como sistema de análisis el ámbito nacional y para un período determinado (Generalmente un año).

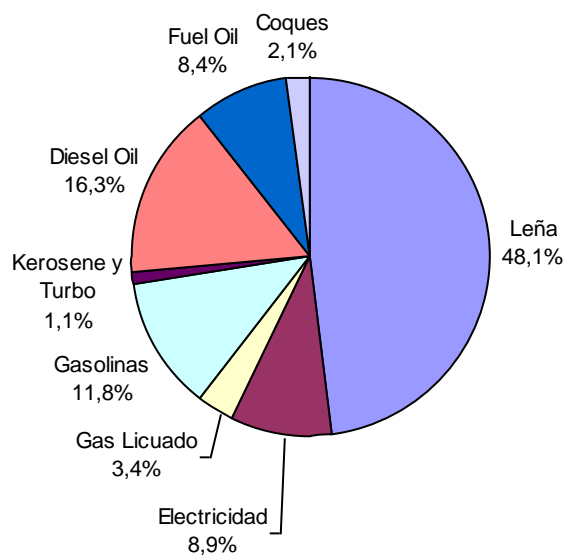
En Guatemala el energético más utilizado es la leña con un consumo de 41.314,14 GWh lo que representa un 48.1% del consumo de energía del país. En la tabla 7.1 se muestra el consumo de energía por energético en el 2005 y en la figura 7.1 se muestran los porcentajes que estos energético representan.

**Tabla 7.1** Consumo de Energía por tipo de energético. 2005

Energético	GWh
Leña	41,314.14
Electricidad	7,618.38
Gas Licuado	2,918.49
Gasolinas	10,103.25
Kerosene y Turbo	940.07
Diesel Oil	14,011.54
Fuel Oil	7,227.05
Coques	1,789.24
<b>Total</b>	<b>85,922.16</b>

(15)

**Figura 7.1** Consumo de Energía por tipo de energético. 2005



(15)

Guatemala demuestra ser uno de los países de la región con más alto aporte de utilización de energía por leña (dando energía) de la OTEP, alcanzando un porcentaje acumulativo (porción renovable más no renovable) muy cercano al 60%. A este respecto, es importante subrayar que la información oficial recibida del MEM señala que el 96% de la leña consumida en áreas rurales y urbanas proviene de bosques sometidos a procesos de deforestación; por tanto se trata de biomasa no sostenible. (CEPAL, 2003)

**Tabla 7.2** Balance Energético de Guatemala, Año 2006. Fuentes primarias y secundarias.



Fuentes Primarias

ACTIVIDADES	PETR	CRBN	HYDR	GEOE	LEÑA	BCAÑ	Total Primarias
Producción	5,851.03	0.00	2,532.74	883.09	25,409.14	3,988.51	38,664.51
Importación	0.00	1,354.05	0.00	0.00	975.21	0.00	2,329.26
Exportación	5,577.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5,577.87
Variación Inventario	195.57	807.07	0.00	0.00	0.00	0.00	1,002.64
<b>OFERTA TOTAL</b>	<b>468.73</b>	<b>2,161.12</b>	<b>2,532.74</b>	<b>883.09</b>	<b>26,384.35</b>	<b>3,988.51</b>	<b>36,418.55</b>
Refinerías	-468.73	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	-468.73
Centrales Eléctricas	0.00	-2,161.12	-2,514.28	-883.09	0.00	-2,761.10	-8,319.60
Autoproductores	0.00	0.00	-18.46	0.00	0.00	-1,227.41	-1,245.87
<b>TOTAL TRANSFORMACION</b>	<b>-468.73</b>	<b>-2,161.12</b>	<b>-2,532.74</b>	<b>-883.09</b>	<b>0.00</b>	<b>-3,988.51</b>	<b>-10,034.20</b>
Consumo Propio	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pérdidas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Ajuste	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transporte	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Industria	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Residencial	0.00	0.00	0.00	0.00	24,646.86	0.00	24,646.86
Comercio y Servicios	0.00	0.00	0.00	0.00	1,737.49	0.00	1,737.49
<b>CONSUMO ENERGETICO</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>26,384.35</b>	<b>0.00</b>	<b>26,384.35</b>
NO ENERGETICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>CONSUMO FINAL</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>26,384.35</b>	<b>0.00</b>	<b>26,384.35</b>

Fuentes secundarias

ACTIVIDADES	ELEC	GLP	GAS	KER	DOIL	FOIL	ORIM	COQE	NOEN	Total Derivados Petróleo	Total Secundarias	TOTAL
Producción	4,904.92	0.00	4.47	4.94	165.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38,664.51
Importación	5.21	2,381.56	6,658.63	576.08	8,868.64	5,158.47	334.09	1,064.98	104.54	24,082.02	25,152.21	27,481.47
Exportación	54.67	457.67	83.63	0.00	405.20	3.79	1.72	0.00	14.34	966.35	1,021.02	6,598.89
Variación Inventario	0.00	-58.33	-58.97	-8.21	194.58	-37.76	36.54	-43.13	20.84	88.70	45.57	1,048.21
<b>OFERTA TOTAL</b>	<b>4,855.46</b>	<b>1,865.57</b>	<b>6,520.50</b>	<b>572.81</b>	<b>8,823.19</b>	<b>5,116.92</b>	<b>368.91</b>	<b>1,021.85</b>	<b>111.05</b>	<b>23,204.37</b>	<b>24,176.75</b>	<b>60,595.30</b>
Refinerías	0.00	0.00	4.47	4.94	165.17	0.00	0.00	0.00	269.95	444.53	444.53	-24.19
Centrales Eléctricas	4,650.31	0.00	0.00	0.00	-19.57	-3,274.76	-368.91	0.00	0.00	-3,663.23	987.08	-7,332.52
Autoproductores	254.61	0.00	0.00	0.00	0.00	-321.06	0.00	0.00	0.00	-321.06	-66.45	-1,312.32
<b>TOTAL TRANSFORMACION</b>	<b>4,904.92</b>	<b>0.00</b>	<b>4.47</b>	<b>4.94</b>	<b>145.60</b>	<b>-3,595.82</b>	<b>-368.91</b>	<b>0.00</b>	<b>269.95</b>	<b>-3,539.76</b>	<b>1,365.16</b>	<b>-8,669.03</b>
Consumo Propio	25.20	0.00	0.00	0.00	165.17	0.00	0.00	0.00	0.00	165.17	190.36	190.36
Pérdidas	586.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	586.04	586.04
Ajuste	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transporte	0.00	18.66	6,357.92	531.16	7,947.38	0.00	0.00	0.00	0.00	14,855.12	14,855.12	14,855.12
Industria	1,659.42	373.11	130.06	4.81	691.08	1,521.10	0.00	1,021.85	0.00	2,720.16	5,401.43	5,401.43
Residencial	1,407.14	1,436.49	0.00	35.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1,471.73	2,878.87	27,525.74
Comercio y Servicios	1,177.66	37.31	32.52	1.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	71.43	1,249.09	2,986.58
<b>CONSUMO ENERGETICO</b>	<b>4,855.46</b>	<b>1,865.57</b>	<b>6,520.50</b>	<b>572.81</b>	<b>8,803.62</b>	<b>1,521.10</b>	<b>0.00</b>	<b>1,021.85</b>	<b>0.00</b>	<b>19,283.61</b>	<b>25,160.92</b>	<b>51,545.27</b>
NO ENERGETICO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	381.00	381.00	381.00	381.00
<b>CONSUMO FINAL</b>	<b>4,855.46</b>	<b>1,865.57</b>	<b>6,520.50</b>	<b>572.81</b>	<b>8,803.62</b>	<b>1,521.10</b>	<b>0.00</b>	<b>1,021.85</b>	<b>381.00</b>	<b>19,664.61</b>	<b>25,541.92</b>	<b>51,926.27</b>

Totales

ACTIVIDADES	Total Primarias	Total Secundarias	TOTAL
Producción	38,664.51	0.00	38,664.51
Importación	2,329.26	25,152.21	27,481.47
Exportación	5,577.87	1,021.02	6,598.89
Variación Inventario	1,002.64	45.57	1,048.21
<b>OFERTA TOTAL</b>	<b>36,418.55</b>	<b>24,176.75</b>	<b>60,595.30</b>
Refinerías	-468.73	444.53	-24.19
Centrales Eléctricas	-8,319.60	987.08	-7,332.52
Autoproductores	-1,245.87	-66.45	-1,312.32
<b>TOTAL TRANSFORMACION</b>	<b>-10,034.20</b>	<b>1,365.16</b>	<b>-8,669.03</b>
Consumo Propio	0.00	190.36	190.36
Pérdidas	0.00	586.04	586.04
Ajuste	0.00	0.00	0.00
Transporte	0.00	14,855.12	14,855.12
Industria	0.00	5,401.43	5,401.43
Residencial	24,646.86	2,878.87	27,525.74
Comercio y Servicios	1,737.49	1,249.09	2,986.58
<b>CONSUMO ENERGETICO</b>	<b>26,384.35</b>	<b>25,160.92</b>	<b>51,545.27</b>
NO ENERGETICO	0.00	381.00	381.00
<b>CONSUMO FINAL</b>	<b>26,384.35</b>	<b>25,541.92</b>	<b>51,926.27</b>

DESCRIPCION	ABREVIATURA
PETROLEO	PETR
CARBÓN MINERAL	CRBN
HIDROENERGÍA	HYDR
GEOENERGÍA	GEOE
LEÑA	LEÑA
BAGAZO DE CAÑA	BCAÑ
ELECTRICIDAD	ELEC
GAS LICUADO DE PETRÓLEO	GLP
GASOLINA	GAS
KERESOENE Y TURBO	KER
DIESEL OIL	DOIL
FUEL OIL	FOIL
ORIMULSIÓN	ORIM
PETCOKE	COQE
NO ENERGETICO	NOEN



## **7.4 El subsector eléctrico**

### **7.4.1 Marco Institucional actual**

El Ministerio de Energía y Minas, es la autoridad máxima en el subsector eléctrico, encargado de dar las autorizaciones para generar, transportar y distribuir energía eléctrica. Su función primordial es facilitar la realización de inversiones privadas en las diversas actividades del subsector, alentar el estudio y utilización de los recursos renovables, gestionar la adquisición de préstamos y donaciones en beneficio de la electrificación rural, y seguir promoviendo los cambios estructurales en las empresas eléctricas estatales con el objetivo de lograr la maximización de la eficiencia dentro de un marco empresarial. Además, coadyuvar con las entidades responsables en el establecimiento de regulaciones ambientales, para alcanzar un desarrollo eléctrico ambientalmente sustentable.

#### **7.4.1.1 Comisión Nacional de Energía Eléctrica (CNEE)**

La CNEE es un organismo técnico del Ministerio de Energía y Minas, con independencia funcional, encargado de formular, implantar y fiscalizar el marco regulatorio que define las reglas del juego para el desarrollo de las actividades inherentes al subsector eléctrico y la actuación de los agentes económicos que intervienen en el mismo.

#### **7.4.1.2 Administrador del Mercado Mayorista – AMM**

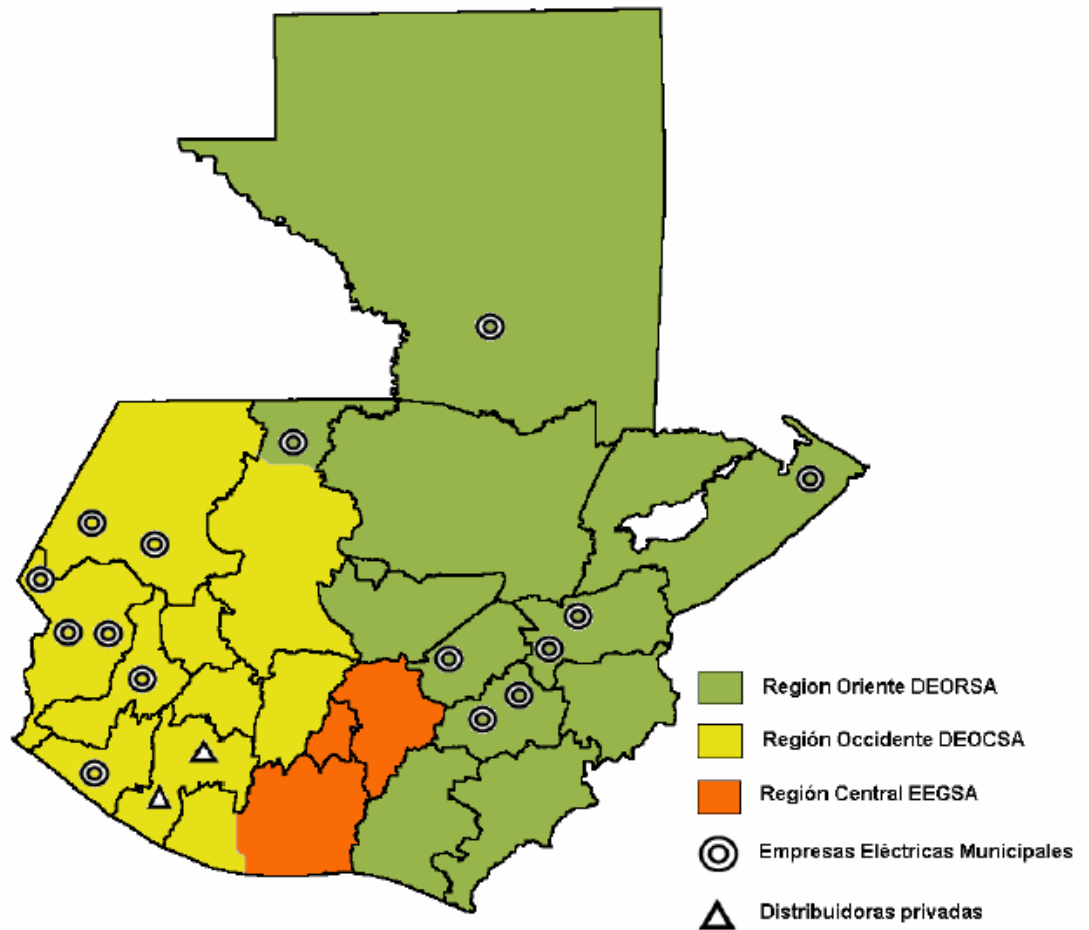
El Mercado Mayorista integra generadores, transportistas, distribuidores, comercializadores, importadores, exportadores y Grandes Usuarios de electricidad. Es manejado por un ente administrador que es independiente de la CNEE, denominado Administrador del Mercado Mayorista (AMM). Tiene una figura legal como sociedad privada, constituida bajo la forma de una sociedad sin fines de lucro y está encargado del conjunto de operaciones de compra y venta de bloques de potencia y energía que se efectúan a corto y largo plazo entre los agentes del mercado.

Los agentes que intervienen en el AMM son:

- Empresas generadoras (por los menos 12)
- Empresas comercializadoras (19 empresas)
- Empresas transportistas (INDE, EEGSA)
- Empresas distribuidoras (DEOCSA, DEORSA, EEGSA y EMMs)

En la figura 7.2 se muestra la distribución de las empresas DEORSA, DEOCSA, EEGSA, Empresas Eléctricas Municipales y Distribuidoras Privadas en todo el territorio nacional.

**Figura 7.2** Regiones de Distribución por empresa distribuidora



### Subestación y líneas de distribución

Subestaciones	KV	MVA
2	69/13.2	21.00
23	69/34.5	503.00
84	69/13.8	1646.75
1	69/2,4	7.00
14	34.5/13.8	55.20

kV	Longitud en líneas (km)
34.5	8,471
13.8	25,021
0.12/0.24	31,184

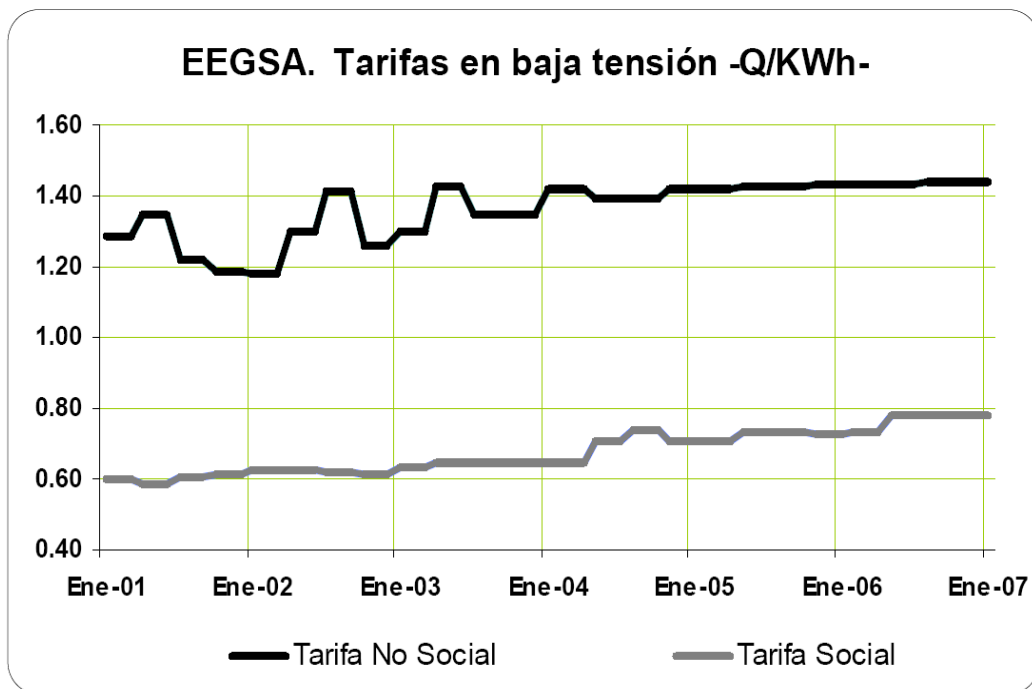
(15)

### 7.4.1.3 Tarifas eléctricas en el 2006

Las tarifas eléctricas en Guatemala desde el 2001 hasta enero del 2007 han ido en aumento, tanto en la tarifa social como en la no social por parte de las 3 empresas en todo el territorio nacional.

En la figura 7.3 se muestra las tarifas de baja tensión de la empresa EEGSA ubicada en el territorio central. Se observa la que la variación de los precios a lo largo de los años (2001 a 2007) no es tan abrupta y se trata de mantener del mediados del 2006 a enero de 2007.

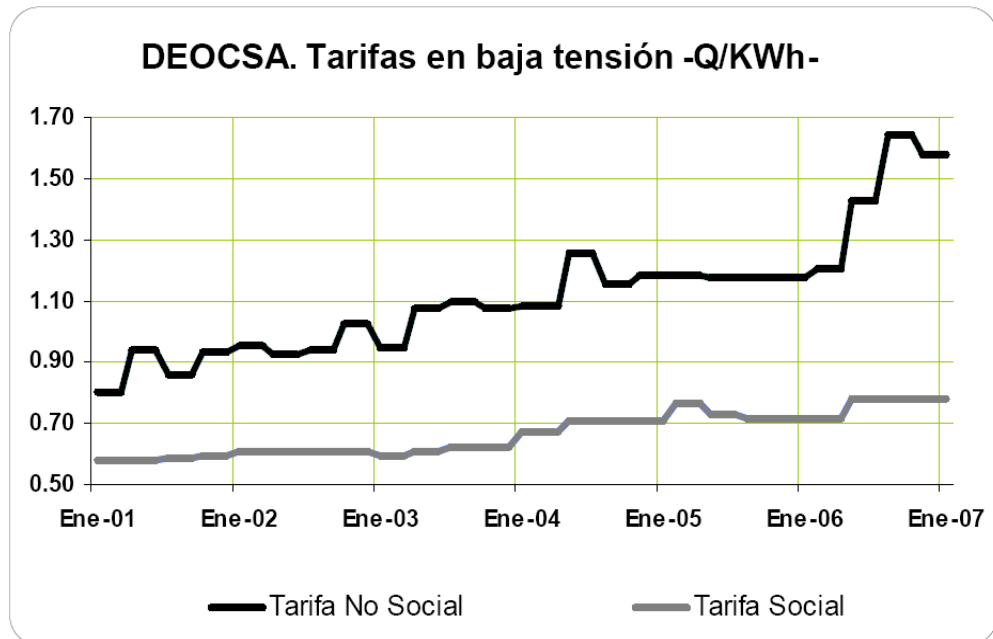
**Figura 7.3** Tarifas en baja tensión de enero de 2001 a enero de 2007. EEGSA (Q/KWh)



(15)

En la figura 7.4 se muestran los precios de las tarifas en baja tensión de la empresa DEOCSA encargada de toda la región occidental de Guatemala. Como se observa, el aumento de los precios en esta zona han sido más significativos que en la parte central. Este aumento se debe al aumento de la demanda de energía de esta región.

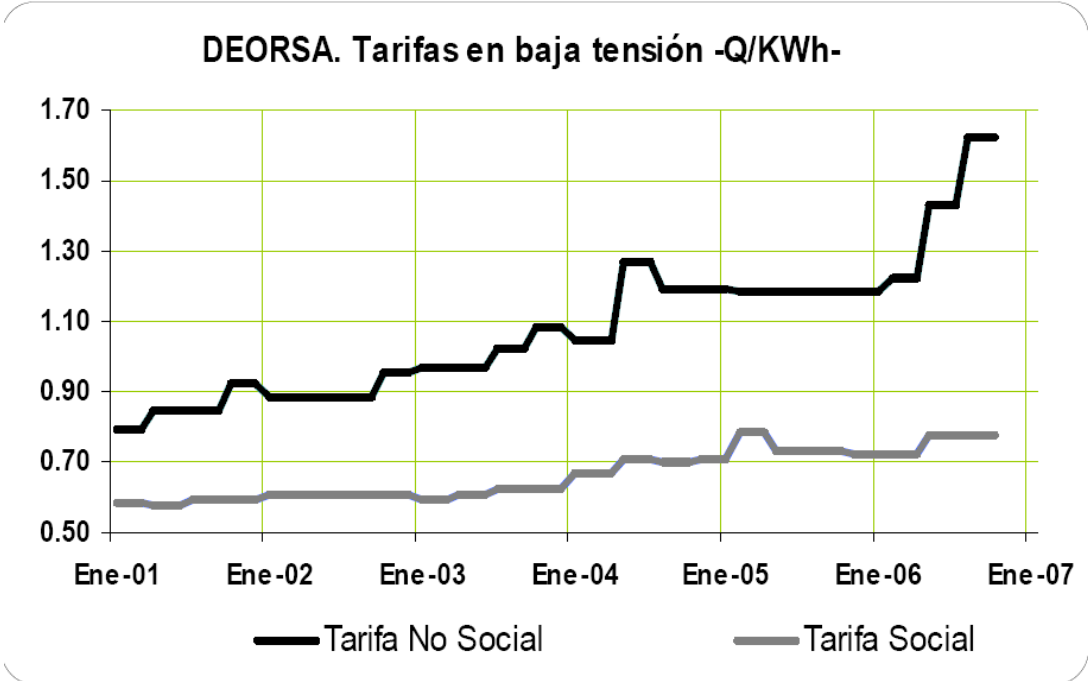
Figura 7.4 Tarifa en baja tensión. DEOCSA (Q/KWh)



(15)

En la figura 7.5 se muestra un aumento de las tarifas en baja tensión similar a la empresa DEOCSA, llegando a enero del 2007 con una tarifa social de aproximadamente 0.75 Q/KWh y una tarifa no social de 0.67 Q/KWh. Esta empresa distribuye energía a toda la región oriental de Guatemala.

**Figura 7.5** Tarifa en baja tensión. DEORSA (Q/KWh)



(15)

**7.4.1.4 Políticas públicas del INDE para el subsector eléctrico**

Orientar y facilitar el desarrollo sostenido y sustentable del sector energético promoviendo acciones que en el corto, mediano y largo plazo, incidan en el abastecimiento cualitativo y cuantitativo de los requerimientos energéticos del país, en el incremento de la cobertura y modernización de los servicios y en la utilización de los recursos energéticos, renovables y no renovables, en un ambiente de competitividad, de gestión social y ambiental y de certeza y seguridad jurídica, con el fin de coadyuvar a la reducción de la pobreza y pobreza extrema en el ámbito nacional y centroamericano, en un marco de equidad social, crecimiento económico y preservación del medio ambiente.

#### 7.4.2 Generación de Energía en Guatemala

En Guatemala existen 5 tipos de centrales generadoras de energía, las cuales se pueden clasificar como públicas o privadas, en la tabla 2.3 se observa que las hidroeléctricas son las mayores centrales generadoras de energía con un 41.3%.

En las tablas ni en las figuras presentadas a continuación se toma en cuenta la dandroenergía, ya que esta no es una central generadora y no hay estudios de cuantificación reales de esta energético por el manejo que se le da. Pero, como se vio en la tabla 7.1, es el tipo de energético más utilizado en el país para la generación de energía.

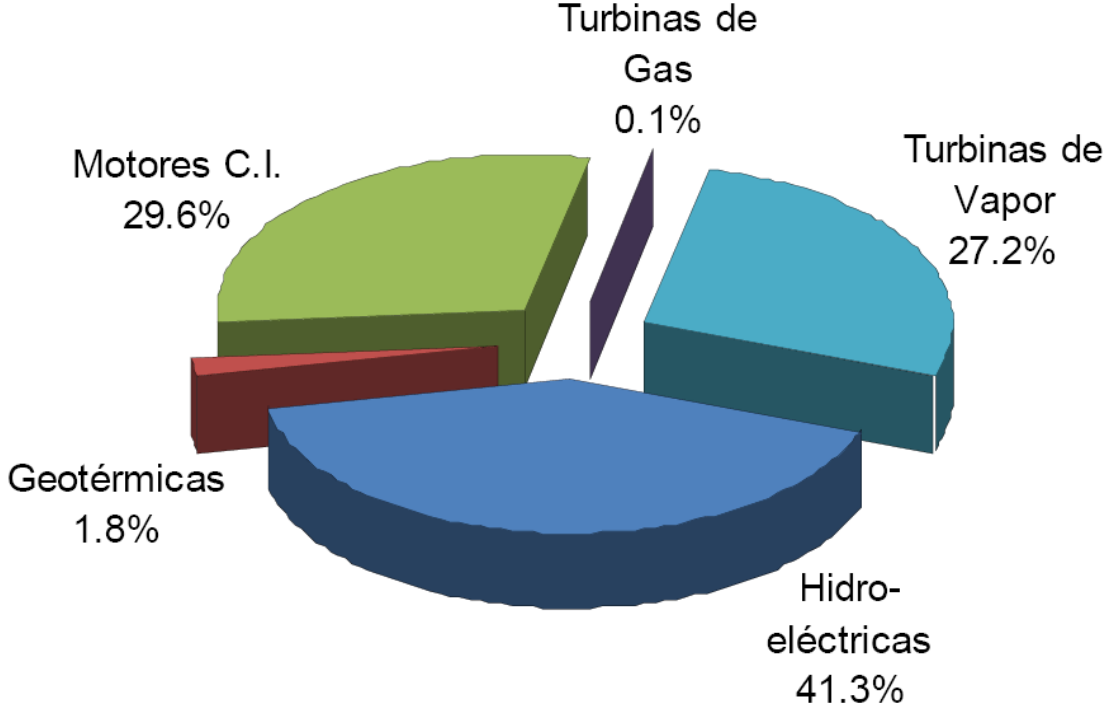
**Tabla 7.3** Generación por tipo de central generadora. 2006

<b>Tipo de Central</b>	<b>Público</b>	<b>Privado</b>	<b>Total</b>
<b>Hidroeléctricas</b>	2,313.12	957.04	3,270.16
<b>Geotérmicas</b>	20.77	121.76	142.53
<b>Turbinas de Vapor</b>	-	2,550.61	2,550.61
<b>Turbinas de Gas</b>	1.01	7.45	8.46
<b>Motores C. I.</b>	-	1,944.51	1,944.51
<b>Total</b>	<b>2,334.89</b>	<b>5,581.38</b>	<b>7,916.27</b>

(15)



Figura 7.6 Generación por tipo de central generadora. 2006



(15)

En la tabla 7.4 se observa como la generación de energía a partir de bagazo de caña, carbón mineral y de hidroenergía ha ido aumentando año con año en los 3 sistemas de generación de energía del país. Cabe mencionar que la hidroenergía en los autoprodutores comenzó a generar energía en el año 2006. La generación por fuel oil no ha variado mucho dentro del sistema nacional interconectado, lo contrario se observa en el sistema aislado, donde la generación por este tipo de energético está aumentando.

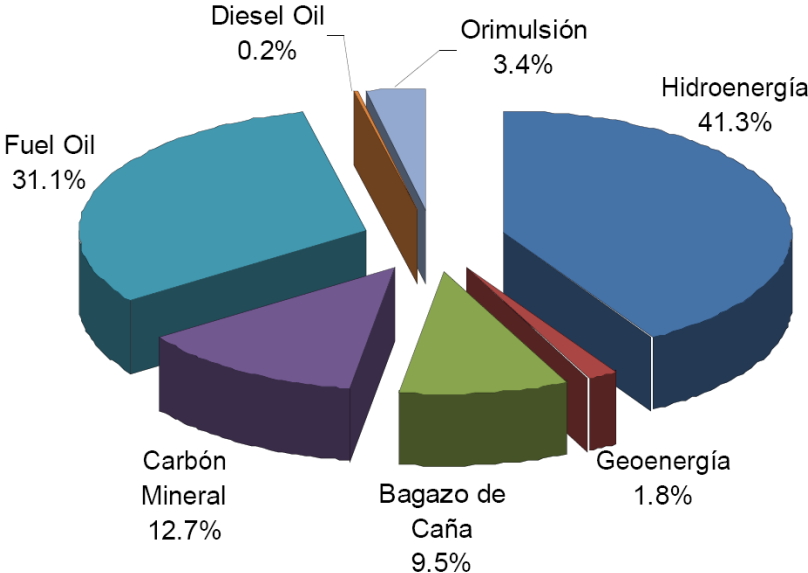
**Tabla 7.4** Generación por tipo de energético utilizado. 2001-2006

Energético	2001	2002	2003	2004	2005	2006
<b>SISTEMA NACIONAL INTERCONECTADO</b>						
Bagazo Caña	362.34	399.37	378.02	551.71	473.75	543.94
Carbón Mineral	847.98	943.29	892.06	1,028.48	979.10	1,010.47
Diesel Oil	52.39	103.00	30.69	4.84	8.41	7.84
Fuel Oil	2,051.91	2,504.73	2,888.51	1,894.77	1,701.49	2,221.15
Geoenergía	193.67	129.99	195.02	194.23	146.24	142.53
Hidroenergía	2,264.32	2,110.13	2,176.59	2,547.17	2,920.28	3,245.46
Orimulsión	-	-	-	921.61	990.50	265.23
<b>Sub-Total</b>	<b>5,772.61</b>	<b>6,190.51</b>	<b>6,560.89</b>	<b>7,142.81</b>	<b>7,219.78</b>	<b>7,436.62</b>
<b>SISTEMA AISLADO</b>						
Diesel Oil	19.08	25.02	30.45	31.54	9.57	2.30
Fuel Oil	23.81	20.03	20.67	19.59	43.50	65.56
Hidroenergía	0.88	0.87	0.91	0.94	0.84	0.87
<b>Sub-Total</b>	<b>43.77</b>	<b>45.92</b>	<b>52.03</b>	<b>52.07</b>	<b>53.90</b>	<b>68.73</b>
<b>AUTOPRODUCTORES</b>						
Bagazo de Caña	158.22	219.94	204.14	253.23	242.81	208.21
Fuel Oil	189.40	275.66	245.55	153.25	305.30	178.88
Hidroenergía	-	-	-	-	-	23.83
<b>Sub-Total</b>	<b>347.63</b>	<b>495.60</b>	<b>449.69</b>	<b>406.47</b>	<b>548.11</b>	<b>410.93</b>
<b>TOTAL</b>	<b>6,164.01</b>	<b>6,732.03</b>	<b>7,062.61</b>	<b>7,601.35</b>	<b>7,821.79</b>	<b>7,916.27</b>

(15)

En la figura 7.7 se muestran los porcentajes de generación por tipo de energético del el año 2006. Como se observa, la hidroenergía muestra el mayor porcentaje de generación con un 41.3% y el diesel oil el porcentaje de generación menor con un 0.2% del total de generación en el año 2006.

**Figura 7.7** Generación por tipo de energético utilizado. 2006



(15)

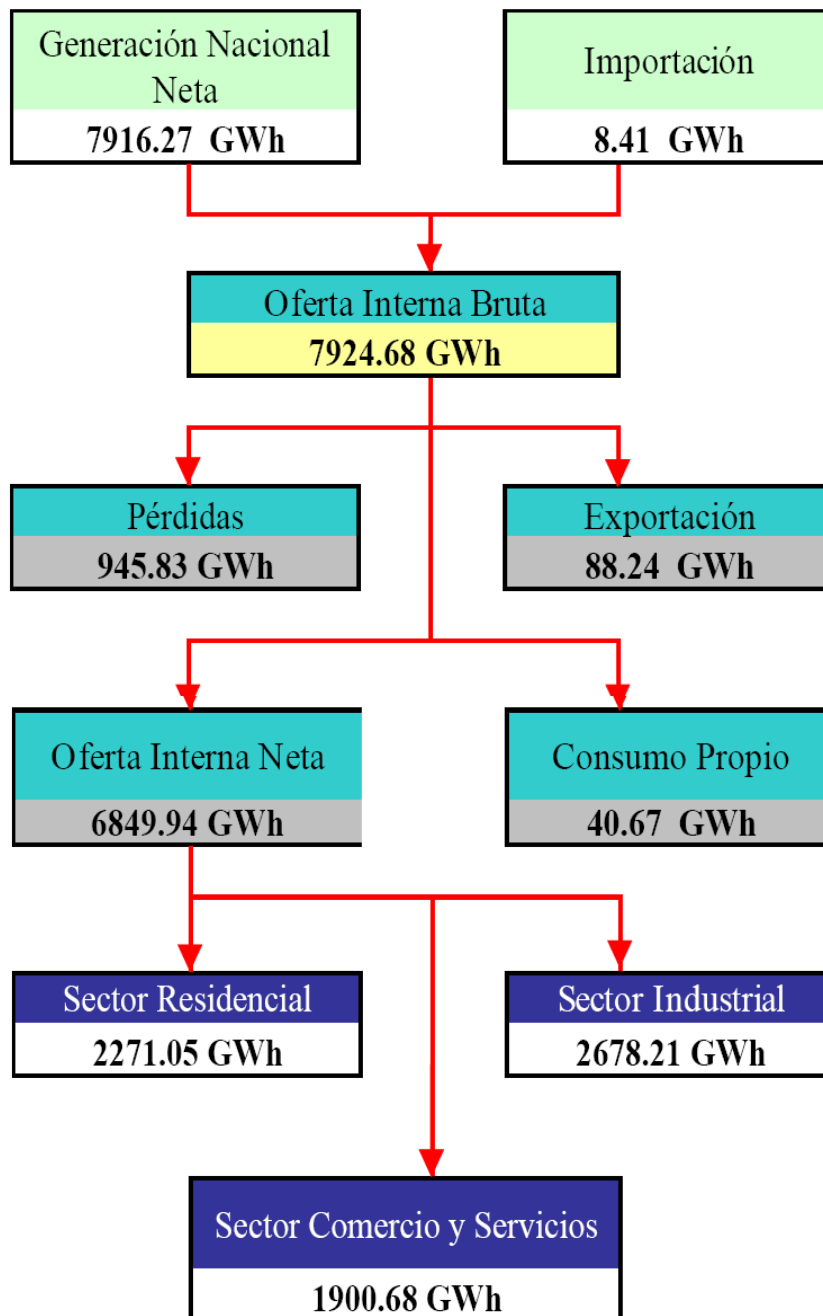
**7.4.3 Consumo de energía en Guatemala**

Para el consumo se considera los consumos propios de cada central generadora para su operación, las pérdidas de energía, y la energía vendida por cada empresa de distribución, y el consumo de los grandes usuarios independientes o bien a través de una empresa comercializadora. (15)

En relación a la participación del consumo de la oferta interna neta, el mismo se agrupa en 3 sectores medianamente definidos (residencial, comercio y servicios e industrial), ya que actualmente y debido a la normativa vigente, no es posible la identificación de los mismos al 100%. (15)

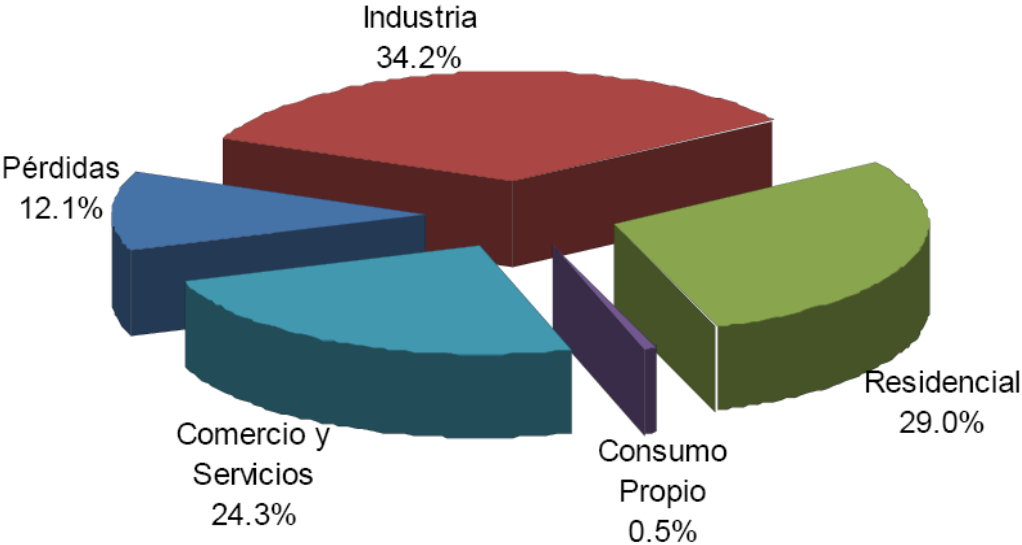
En la figura 7.8 se muestra el flujo de energía del país en el 2006. Como se observa, la energía interna bruta es de 7924.68 GWh el cual se divide en pérdidas, exportación, oferta interna neta y consumo propio. La oferta interna neta abarca un total de 6849.94 GWh de la oferta interna neta en donde el sector industrial reporta el mayor consumo de energía, esto se debe a que se incluye la energía de autoproducción de los azucareros.

**Figura 7.8** Flujo de energía 2006



(15)

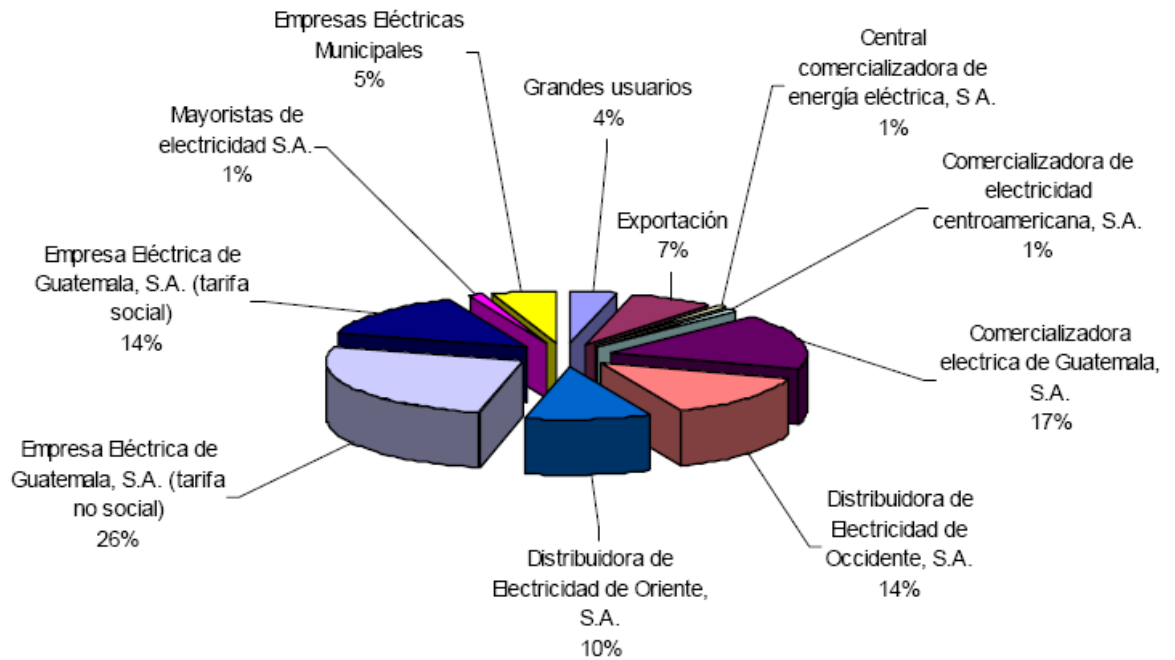
**Figura 7.9** Distribución del consumo de energía eléctrica



(15)

Entre las principales empresas, distribuidoras, comercializadoras y demás entidades que participan en el consumo de la energía eléctrica en Guatemala encontramos que la Empresa Eléctrica de Guatemala –EEGSA- consume un total del 40% entre su tarifa social y no social, un 14% es consumido por la Distribuidora de electricidad de Occidente –DEOCSA-, un 10% por la distribuidora de electricidad de Oriente –DEORSA- y un 7% es exportado. El resto del consumo se divide entre municipalidades, comercializadoras y otras empresas, como se muestra en la figura 7.10.

**Figura 7.10** Participación en el consumo de energía



(3)

#### 7.4.4 Expectativas de Crecimiento de la Red Eléctrica

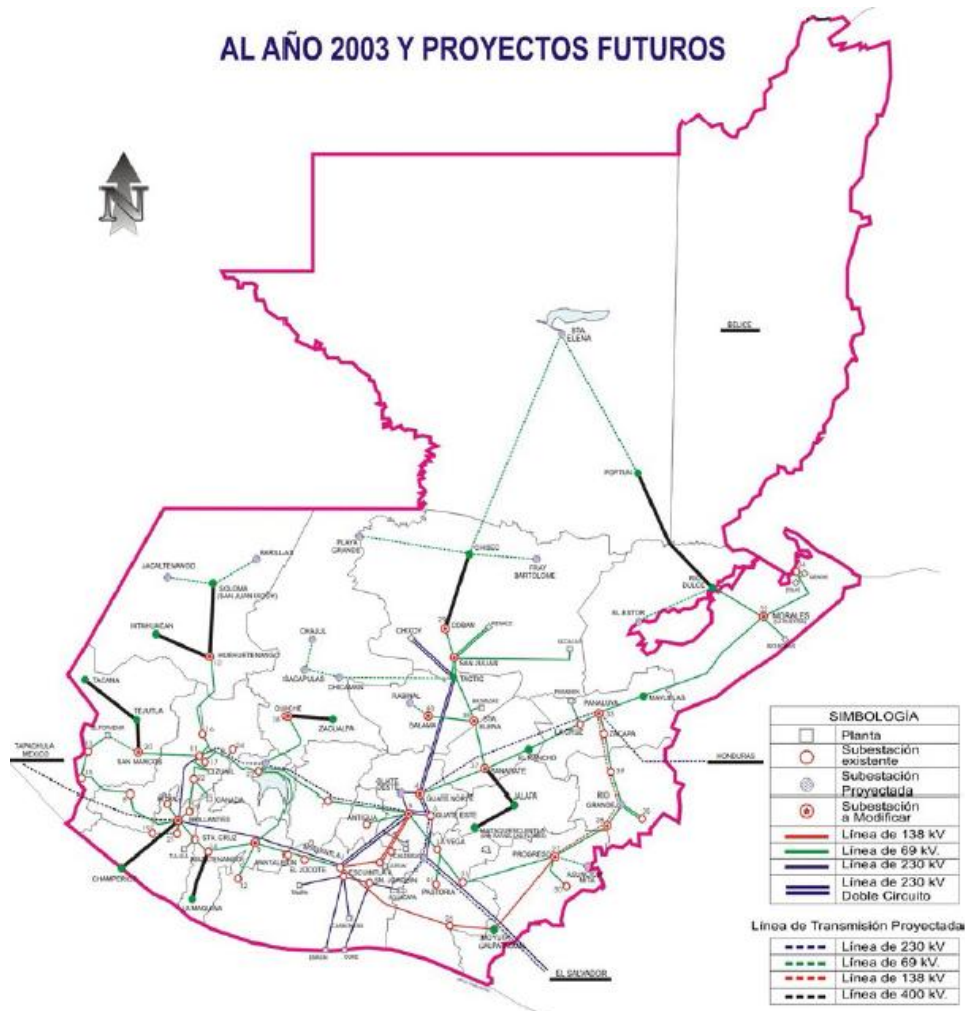
##### 7.4.4.1 Infraestructura de Transmisión y Transformación del INDE

La Empresa de Transporte y Control de Energía Eléctrica –ETCEE- para poder desarrollar el proceso de transmisión de energía, además de contar con el recurso humano altamente calificado cuenta con líneas de transmisión de 230 kV, 138 kV y de 69 kV. Los dos primeros voltajes cumplen funciones de transmisión debido a que enlazan las plantas de generación con los grandes centros de consumo así como las importaciones-exportaciones. Por su parte las líneas de 69 kV, en su mayor parte cumplen funciones de subtransmisión y distribución. En total se tienen 2,756 km de líneas: 1,889 km en 69 kV, 644 km en 230 kV y 223 km en 138 kV.

Cuenta también con 59 subestaciones de transformación: 45 de 69 kV, 8 de 230 kV y 3 de 138 kV, con una capacidad total de 2,778 MVA de transformación.

El sistema de transporte lo comprenden las subestaciones de transformación y líneas de transmisión, entre el punto de entrega del generador y el punto de recepción del distribuidor o grandes usuarios y comprende un sistema principal y sistemas secundarios. (15) En la figura 7.11 se pueden observar el sistema de transporte en todo el territorio nacional.

Figura 7.11 Sistema de transporte de energía



**Subestación y líneas de transporte**

Cantidad	KV	MVA
1	230/138	150.0
9	230/69	1025.5
4	138/69	199.0
4	138/13.8	61.5

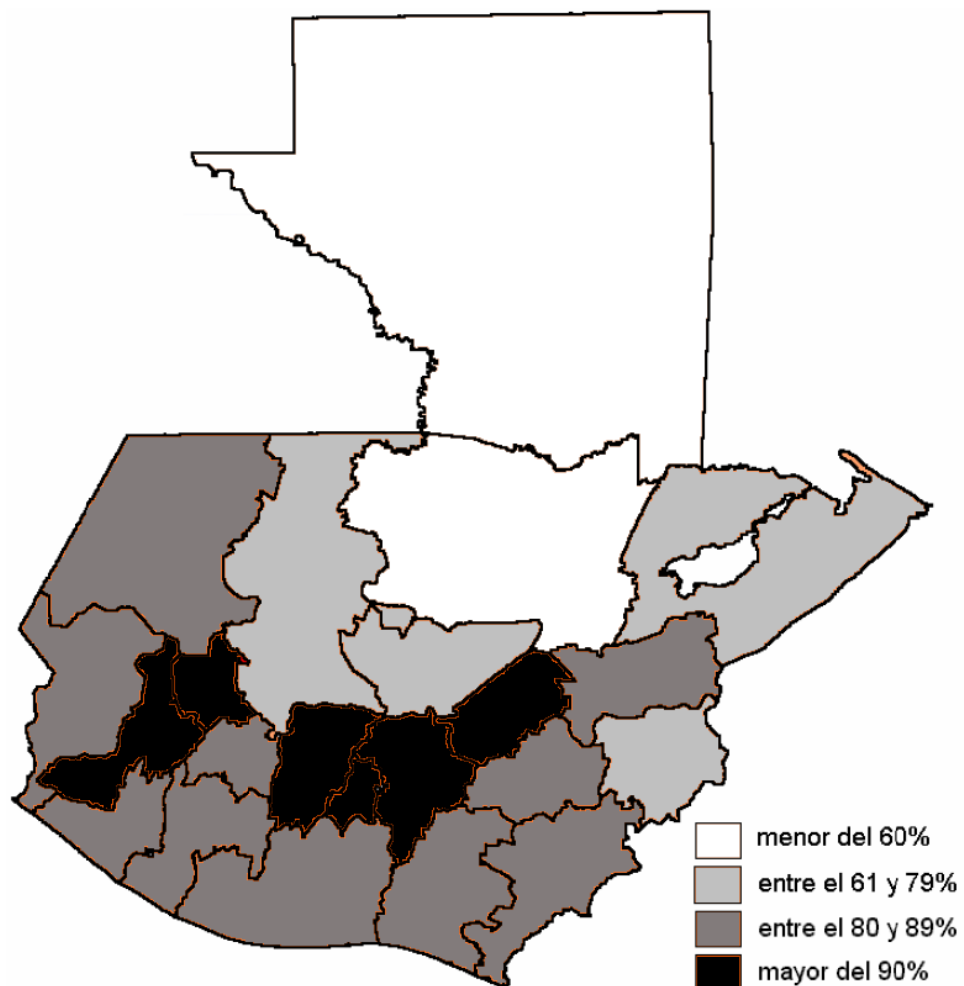
kV	km
230	773.3
138	271.5
69	2,646.2

(15)

La cobertura eléctrica en Guatemala, como se observa en la figura 7.12, se comporta de la siguiente forma: 6 departamentos cuentan con una cobertura eléctrica mayor al 90%; 10 departamentos con cobertura eléctrica entre el 80 y el 89%; 4 departamentos con una cobertura eléctrica entre el 61 y 79%; 2 departamentos con una cobertura eléctrica menor del 60%, estos departamentos son Alta Verapaz y Petén con una cobertura de 44.6 y 52.7% respectivamente.

La cobertura total en el 2006 es de 85.1%, con lo que se observa un aumento del 1.3% respecto al año anterior. El limitado aumento que se viene dando en la cobertura se debe a la falta de fondos en los programas de electrificación y del proceso vegetativo de las distribuidoras. (15)

**Figura 7.12** Mapa de cobertura eléctrica 2006



(15)



#### **7.4.4.2 Plan de electrificación rural -PER**

El Plan de Electrificación Rural se encuentra en ejecución a través del Fideicomiso de Administración INDE-Obras Rurales de Occidente y Oriente. El Plan tiene dos componentes, uno de transmisión y otro de distribución. También las empresas privadas llevan a cabo este tipo de electrificación. **(4)**

### **7.5 El subsector de hidrocarburos**

#### **7.5.1 Marco Institucional**

La entidad encargada del subsector de hidrocarburos es el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Hidrocarburos, la cual se encarga de normar las actividades de exploración, explotación, transporte, transformación de hidrocarburos, la comercialización de los productos derivados del petróleo, gas natural y otros hidrocarburos. Se rige por la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, Decreto Número 109-97 y su reglamento Acuerdo Gubernativo 522-99, y la exploración y explotación de hidrocarburos se rige por la Ley de Hidrocarburos Decreto Ley Número 109-83, y su Reglamento, Acuerdo Gubernativo 1034-83, sin embargo, existen otros reglamentos que regulan actividades específicas. Dicha normativa creó los mecanismos para estimular la inversión en operaciones petroleras en el país. **(16)**

Regula a la vez la participación de las diferentes empresas dedicadas a la importación y comercialización de hidrocarburos, así como de gas licuado de petróleo.

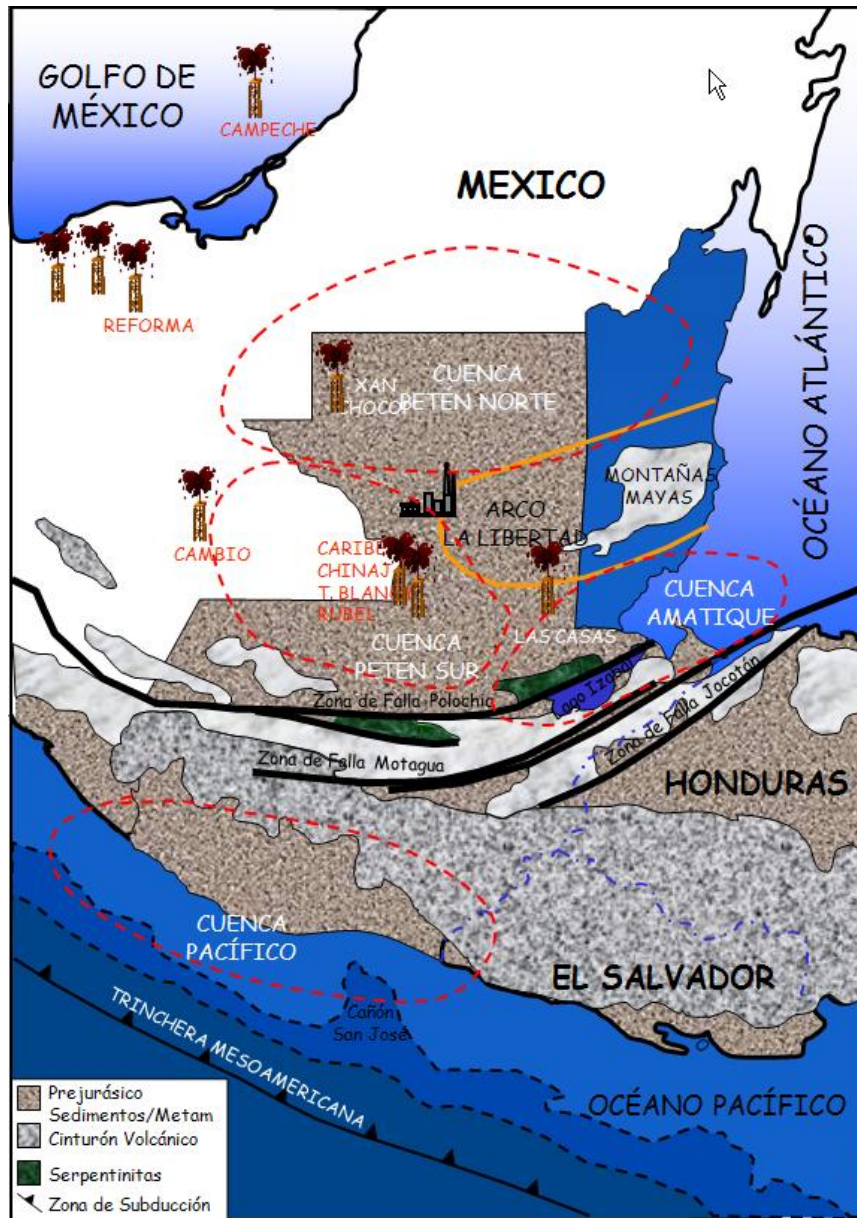
#### **7.5.2 Políticas Públicas para el subsector**

Promover el desarrollo y aprovechamiento racional de los yacimientos hidrocarburíferos con que cuenta el país, estableciendo una política petrolera orientada a tener mejores resultados en la exploración y explotación de los recursos, con el objeto de lograr la independencia energética del país y el autoabastecimiento de hidrocarburos.

#### **7.5.3 Situación actual del subsector**

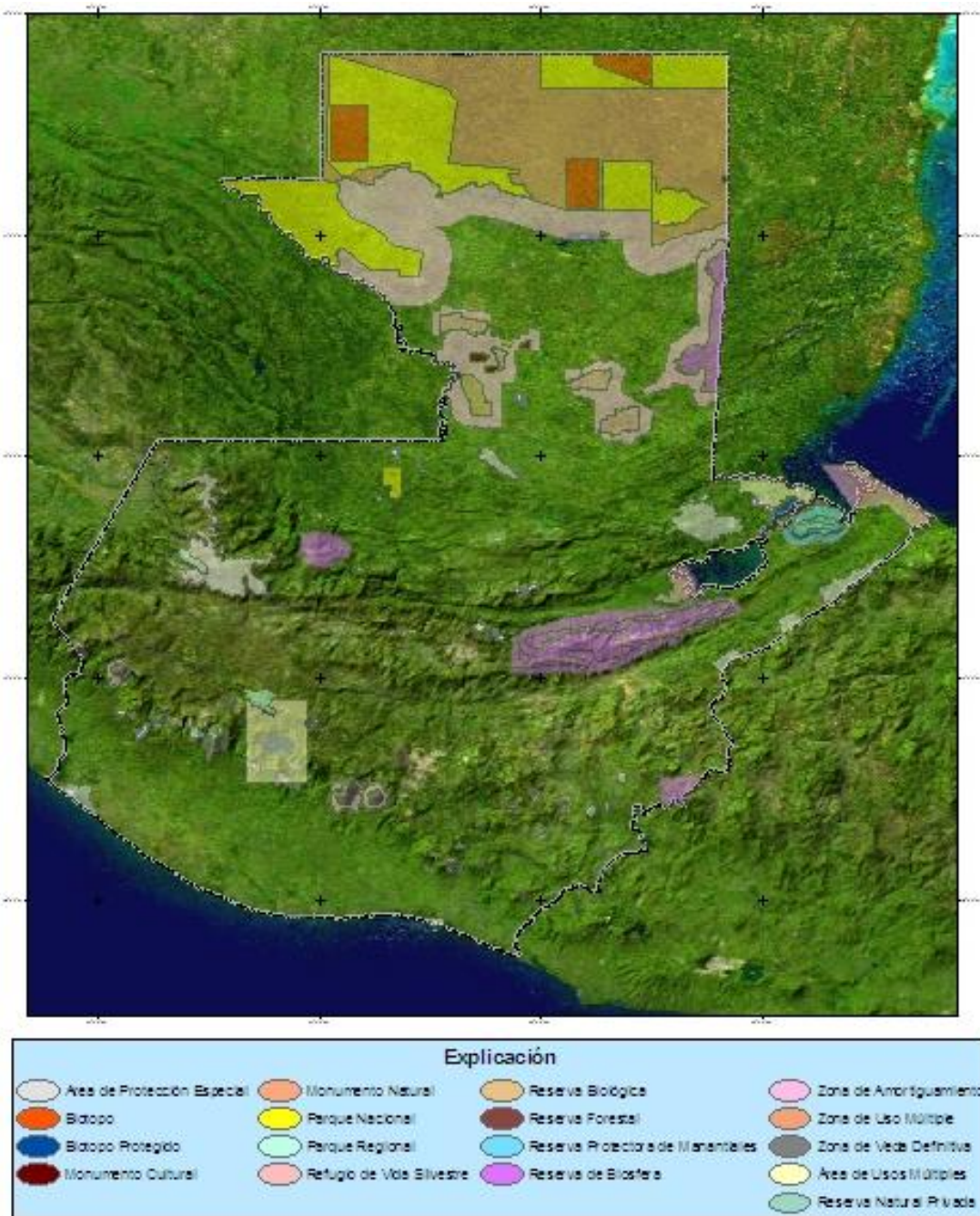
Guatemala cuenta con cuatro cuencas sedimentarias de interés hidrocarburífero que son: La cuenca Petén Norte o Paso Caballos, la cuenca Petén Sur o Chapayal, la cuenca de Amatique y la cuenca del Pacífico, las tres primeras se ubican al norte del país, donde se encuentra la mayor biodiversidad, por lo que varias localidades han sido declaradas áreas protegidas, y vestigios de culturas antiguas con que cuenta el país. A continuación se presentan las figura 7.13 sobre las cuencas sedimentarias del país, y la figura 7.14 sobre las áreas declaradas protegidas donde se extrae petróleo.

Figura 7.13 Cuencas Sedimentarias de Guatemala



Todos los campos petroleros actualmente activos se localizan en la Cuenca Petén. En la parte norte de la cuenca la gravedad del petróleo es alrededor de  $16^{\circ}$  API, mientras que en la parte sur, los campos petroleros tienen gravedades del orden de  $22^{\circ}$  -  $38^{\circ}$  API. En la cuenca de Amatique existen varios manaderos de petróleo que indican la presencia de hidrocarburos en el subsuelo. La cuenca Pacífica es una cuenca Terciaria de más de 10,000 pies de espesor, donde se han reportado muestras de gas.

Figura 7.14 Áreas Protegidas en Guatemala



#### **7.5.4 Empresas productoras de petróleo en Guatemala**

Las inversiones en los últimos siete años que se han dado en este subsector para contratos con los principales productores de hidrocarburos, han sido por un monto de US\$ 335.02 millones, equivalentes a Q. 2,604.03 millones, con un promedio anual de Q. 372.0 millones. Mientras que en el área de comercialización, se contabilizan 1,339 consumidores a granel de diversos combustibles, identificados como “Consumos Propios” (Depósitos para Consumo Propios), diseminados en toda la república. En el caso del transporte de petróleo y productos petroleros, hasta la fecha (Marzo 2007) la estimación de las unidades de transporte en operación por tipo de producto, era de 1,680. Las estaciones de servicio de gasolinas, diesel y kerosina, registrados a principios del año 2007, ascendían a 1,126, y todas las actividades de comercialización indicadas son realizadas por personas privadas. Los principales importadores y abastecedores del mercado nacional son las compañías Shell Guatemala S.A., Esso Standard Oil S.A. Limited, Chevron Guatemala Inc., Puma Energy Guatemala, S.A. y Blue Oil S.A. **(16)**

Otras entidades que se encuentran relacionadas con la actividad petrolera, es la Dirección De Atención y Asistencia al Consumidor -DIACO- y la Superintendencia de Administración Tributaria -SAT-. La primera de éstas como ente encargado de verificar la calidad y la cantidad de combustible despachado en las estaciones de venta de combustible al detalle, mientras que la SAT es el ente encargado de ejecutar acciones para facilitar y eficientar la labor fiscalizadora que permita verificar el cumplimiento legal y contractual de las obligaciones técnicas, operativas y tributarias en el subsector de hidrocarburos. **(16)**

#### **Empresas con contratos de exploración:**

- U.S. Oil de Guatemala, S.A.
- Compañía Petrolera del Atlántico
- Petro Latina Corporation
- Compañía General de Combustibles, S.A.
- Petro Energy, S.A.

Empresa con contrato de explotación:

- Perenco Guatemala Limited

Empresas importadoras y distribuidoras de combustibles

- Esso Central América, S.A.
- Shell, Guatemala, S.A.
- Texaco (Chevron), S.A.
- Blue Oil
- Puma
- Petrolatina

Empresas de Importación y Comercialización de Gas Licuado de Petróleo (GLP)

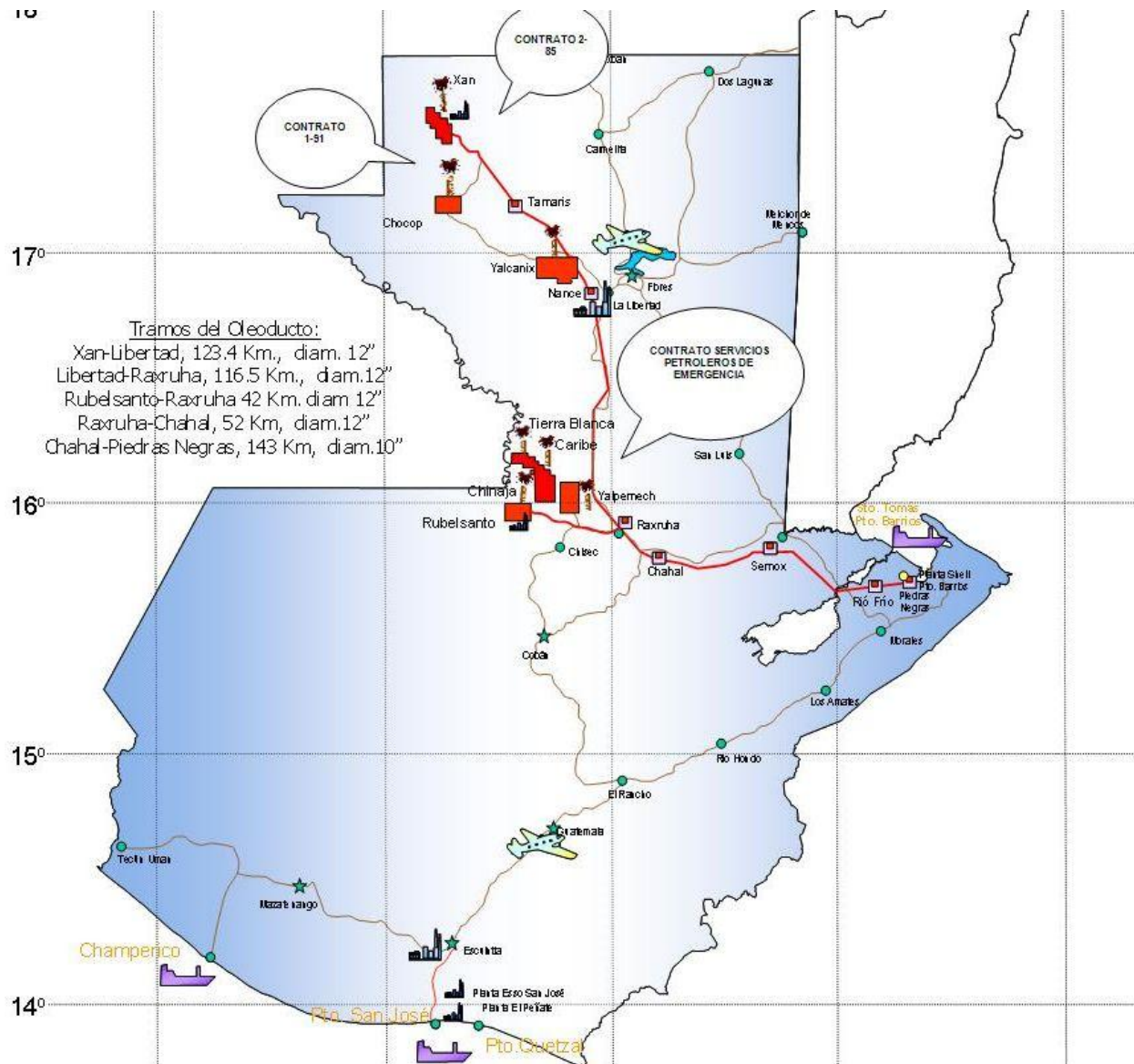
- Grupo Z Gas
- Grupo Tomza
- Grupo Da Gas

Estos tres grupos son los que se encargan de importar y comercializar el GLP, estos grupos cuentan con empresas distribuidoras para abastecer al consumidor final.

En la figura 7.15 Se muestra un mapa de los contratos de explotación y de los oleoductos existentes en el país



Figura 7.15 Contratos y tramos de los oleoductos en Guatemala



### 7.5.5 Consumo

En Guatemala, el petróleo nacional, como todo recurso del subsuelo, es propiedad del Estado, y sin renunciar a su propiedad, la explotación es realizada por compañías privadas con base a contratos de operaciones petroleras establecidos para el efecto. Por la tecnología y especialización de las actividades, estas compañías son de origen extranjero, aunque también reclutan personal guatemalteco para el desarrollo de sus operaciones. El 95% de la producción es exportada a los Estados Unidos de América -USA- y el 5% restante se destina a la producción local de asfaltos y, en menor medida, a la industria cementera. **(16)**

La calidad del 96% del crudo nacional (muy pesado y con alto contenido de azufre) no lo hace económicamente apto para la producción de los principales productos requeridos en la industria, comercio y transporte, tal es el caso de las gasolinas, diesel y otros combustibles como el fuel oil y otros destilados. Complementa este problema los bajos volúmenes de producción que, incluyendo todos los campos productores del país, que es de aproximadamente 16,000 barriles diarios, que en el hipotético caso que se refinara localmente y se obtuvieran los combustibles deseados, representarían el 22% del consumo nacional. **(16)**

Las importaciones y el consumo nacional de hidrocarburos en el país, han mostrado un crecimiento sostenido, al menos en los últimos ocho años. Durante el período en análisis las importaciones crecieron a un ritmo promedio anual del 3.8%, mientras que el consumo lo hizo a un 3.4%. Por su parte, influenciada drásticamente por los precios internacionales, la factura petrolera durante el periodo 2000-2003, creció a un promedio anual de 4.8% y para el periodo 2004-2006 aumentó a un ritmo del 32%. En los dos últimos años el monto de la factura petrolera anual ha representado el 4.9% y 5.2% del PIB, respectivamente. **(16)**

El crecimiento del consumo de combustibles en los dos últimos años, ha sido ligeramente superior al crecimiento del PIB, el primero de estos creció en 4.5% y 5.4%, mientras que el PIB en términos constantes aumentó en 3.2% y 4.6%, para dichos años, respectivamente. En el caso de las gasolinas, se estima que el 60% se consume en el departamento de Guatemala y el 40% en el resto de departamentos; el consumo del diesel por esta misma regionalización se da de manera inversa al de las gasolinas. El bunker, el petcoke y la orimulsión, son consumidos en las áreas donde se localizan las plantas generadoras de electricidad o productoras de cemento. **(16)**

En la tabla 7.5 se observa el consumo de petróleo y sus derivados en miles de barriles a nivel nacional.

**Tabla 7.5** Consumo de Petróleo y Productos Derivados de Petróleo. Período 2002-2006.  
(Unidad de volumen: miles de barriles)

Concepto / Año	2002	2003	2004	2005	2006
<b>CONSUMO</b>					
GLP	2,428.20	2,665.45	2,752.89	2,698.55	2,784.01
Gasolina Aviación	17.43	16.44	16.78	16.32	19.38
Gasolina Superior	4,534.90	4,404.65	4,389.27	4,495.35	4,740.49
Gasolina Regular	2,384.51	2,261.90	2,334.51	2,511.80	2,555.86
Kerosina	623.36	643.48	702.31	614.37	605.96
Diesel	8,104.20	8,216.85	7,794.89	8,556.19	8,719.93
Bunker C o Fuel Oil	5,466.73	5,745.63	4,316.45	4,190.81	4,788.88
Asfalto	228.51	463.17	359.23	463.42	457.01
Orimulsión	-	-	1,691.33	1,382.13	497.84
PetCoke	-	-	795.24	1,086.44	1,137.26
<b>TOTALES</b>	<b>24,350.80</b>	<b>25,139.42</b>	<b>25,749.91</b>	<b>26,420.99</b>	<b>26,690.34</b>

NOTA: Datos del año 2007 hasta marzo, sujetos a revisión

Orimulsión se empezó a consumir a partir del año 2004

NOTA1: Orimulsión se dejó de consumir durante el año 2006

(16)

### 7.5.6 Previsiones de la Demanda

Con el potencial petrolero del país, calculado recientemente en 3,000 millones de reservas potenciales, y con una explotación concentrada prácticamente en dos contratos operados por una sola compañía, es evidente que el subsector enfrenta diversos problemas. No obstante se plantea la problemática definida, así como algunas líneas de acción, también es preciso comentar algunos esfuerzos que ya se han iniciado, dentro de las cuales se encuentran:

- Estudio para evaluar la factibilidad de la Construcción de una Refinería en Guatemala
- Estudio para elaborar una Estrategia de Introducción de Gas Natural en Centroamérica
- Aumentar la producción nacional, mediante la licitación de 6 áreas; 3 en el océano pacífico y 3 en tierra.
- Continuar con los monitoreos de precios y supervisión de la calidad y cantidad de los combustibles en el país.



- Actualización del Reglamento de la Ley de Comercialización de Hidrocarburos de acuerdo a las condiciones de mercado
- Realizar coordinaciones interinstitucionales con el objetivo de mantener los suministros de hidrocarburos en el país. **(16)**

## **7.6 El subsector de energías renovables**

### **7.6.1 Marco Institucional**

La entidad encargada del subsector de Fuentes Renovables de Energía es el Ministerio de Energía y Minas, a través de la Dirección General de Energía, a su vez del Departamento de Energías Renovables,

### **7.6.2 Las Políticas Públicas**

La Dirección de Energía, tiene como visión coadyuvar al desarrollo energético para fortalecer el crecimiento económico y social del país, para lo cual tiene como misión contribuir al desarrollo energético sustentable, impulsando el suministro y utilización eficiente y competitiva de la energía eléctrica, de las energías renovables, y de los usos pacíficos de la energía nuclear, con la finalidad de apoyar la sustentabilidad económica, social y ambiental del país.

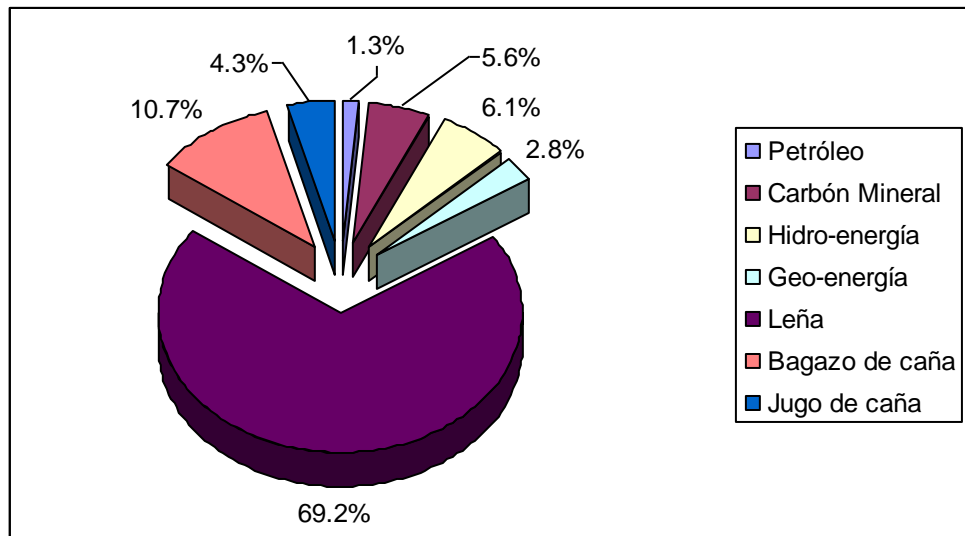
El Ministerio de Energía y Minas ha tomado acciones técnicas, con el fin de estimular el aprovechamiento de las fuentes alternas de energía, entre las que destacan las siguientes:

- Creación del centro de información y promoción de recursos renovables.
- Programa de identificación, localización y evaluación del potencial energético renovable.
- Programa de promoción de proyectos energéticos.

#### **7.6.2.1 Participación de las Energías Renovables en el Sector Energético de Guatemala**

Para el año 2005, como lo muestra la figura 7.16, el aporte de las energías renovables muestra que el bagazo de caña es de las principales productoras de energía a nivel nacional seguida de la hidroenergía. La leña, aunque pueda ser una energía renovable en Guatemala es no sostenible porque produce deforestación.

**Figura 7.16** Oferta Total de energías primarias en el año 2005



(15)

Las energías a partir del viento, el sol, residuos urbanos y agrícolas no se toman en cuenta dentro del balance energético nacional ya que sólo se trabajan a pequeña escala y no se ha contabilizado su aportación al sistema energético nacional.

La principal importancia de estas fuentes energéticas, no es sólo su aporte al sistema nacional, sino más bien que representan la posibilidad de abastecer a las poblaciones rurales y muy lejanas del sistema nacional interconectado, además son de bajo impacto ambiental, por lo que en la electrificación rural han jugado y seguirán jugando un papel muy importante.

Las implicaciones socioeconómicas del uso de las fuentes renovables de energía son muy altas para las regiones aisladas, sobre todo cuando se buscan desarrollos tecnológicos apropiados para aprovechar de forma más económica y eficiente los recursos energéticos renovables que sean aprovechables.

### 7.6.3 Desarrollo del Sector de Energías Renovables

Guatemala cuenta con considerable cantidad de recursos energéticos y por consiguiente un potencial para aprovecharlos, como lo muestra la tabla 7.6, en donde observamos a la energía eólica con uno de los mayores potenciales pero no siendo utilizado. Por lo que a la fecha no han sido aprovechados intensamente.

**Tabla 7.6** Potencial energético en Guatemala

<b>RECURSO</b>	<b>Potencial MW</b>	<b>Utilizado MW</b>	<b>Porcentaje utilizado</b>
<b>Hidroeléctrico</b>	5,000	650.3	13
<b>Geotérmico</b>	1,000	29.0	3
<b>Eólico</b>	7,800 *	0.1	0
<b>Biomásico</b>	n/c	185.2	n/c

\* Datos teóricos, actualmente el MEM está implementando y realizando las mediciones terrenas para determinar el potencial aprovechable.

n/c = no cumple

(15)

En la tabla 7.7 se muestran las centrales generadoras de energía renovable instaladas en Guatemala.

**Tabla 7.7** Centrales Generadoras de Energía Renovable instaladas en Guatemala

No.	CENTRAL GENERADORA	EMPRESAS GENERADORAS	POTENCIA		Municipio	Departamento	Fecha Inicio Operación
			Instalada MW-	Efectiva -MW-			
<b>CENTRALES HIDROELECTRICAS</b>							
1	Aguacapa	EGEE	90	80	Guanagazapa	Escuintla	02/01/1982
2	Chichaic	EGEE	0.6	0.5	Cobán	Alta Verapaz	07/01/1979
3	Chixoy	EGEE	300	275	San Cristóbal	Alta Verapaz	11/01/1983
4	El Porvenir	EGEE	2.3	2	San Pablo	San Marcos	10/01/1968
5	El Salto	EGEE	6.7	1	Palín	Escuintla	11/01/1927
6	Jurún Marinalá	EGEE	75	60	Palín	Escuintla	02/01/1970
7	Los Esclavos	EGEE	15	14	Cuilapa	Santa Rosa	08/01/1966
8	Santa María	EGEE	6.9	6	Zunil	Quetzaltenango	06/01/1926
9	Río Bobos	Fabrigas, S.A.	10	10	Morales	Izabal	05/05/1995
10	Hydrocanada	Generadora de Occidente Limitada	48.1	47.4	Zunil	Quetzaltenango	23/11/2003
11	Río Las Vacas	Hidroeléctrica Río Las Vacas, S.A.	45.7	43.5	Chinautla	Guatemala	05/01/2002
12	Secacao	Hidroeléctrica Secacao, S.A.	16.5	15	Senahú	Alta Verapaz	05/01/1998
13	Pasabien	Inversiones Pasabien, S.A.	12.8	12.3	Río Hondo	Zacapa	18/04/2000
14	Poza Verde	Papeles Elaborados, S.A.	8.4	8	Pueblo Nuevo Viñas	Santa Rosa	14/05/2000
15	Renace, S.A.	RENACE, S.A.	63	60	San Pedro Carchá	Alta Verapaz	03/01/2004
16	San Isidro	Tecnoguat S.A.	3.9	3.9	San Jerónimo	Salamá	07/07/2002
17	Matanzas	Tecnoguat S.A.	12	11.7	San Jerónimo	Salamá	29/06/2002
<b>CENTRALES GEOTERMICAS</b>							
1	Calderas	Empresa de Generación de Energía Eléctrica	5	4.5	Amatitlán	Guatemala	11/01/1999
2	Orzunil I	Orzunil I de Electricidad, Limitada	24	22	Zunil	Quetzaltenango	08/01/1999

(15)

## **7.6.4 Aplicaciones más relevantes**

### **7.6.4.1 Biomasa**

El consumo energético en el 2002 fue de 47.3 millones de BEP el cuál, el 26.4 millones de BEP fueron provenientes de la biomasa que equivales a un 56% del consumo de energía total. La biomasa más utilizada es la leña, el carbón vegetal y los residuos agroindustriales (bagazo). **(13)**

#### **7.6.4.1.1 Leña**

El Perfil Ambiental de Guatemala 2006, reporta que la leña constituyó el 73.97% del consumo final de energía en 2005 y la leña representó más de la mitad de la oferta total de energía primaria, aunque se ha registrado un incremento del 24% en el número de hogares que utilizan gas propano como combustible para cocinar entre 1981 y 2002, la leña todavía es utilizada por más del 57% de los hogares, principalmente en el área rural, donde el 86% de los hogares dependen de ella. También menciona que el país posee un alto Índice de Sostenibilidad Residencial -ISR- que significa que el país es fuertemente dependiente de la leña para satisfacer las necesidades de la población y es uno de los países de la región con más alto aporte de la dendroenergía a la Oferta Total de Energía Primaria -OTEP-. Según cifras del Instituto Nacional de Bosques -INAB- durante el período 1999-2004, el volumen de la madera cosechada fue de aproximadamente 3.4 millones de m<sup>3</sup>, de este total, el 63% se destinó a la industria forestal nacional, el 35% se utilizó como energía primaria para combustión (leña), y el resto fue para producir trocilla, carbón y otros productos, sin embargo existen departamentos donde el uso de la leña es mayor, tal es el caso de El Petén, las Verapaces, Quiché, Huehuetenango, Chimaltenango y Sacatepéquez, de donde se extrajo el 68% de troza para abastecer a la industria forestal y el 40% para leña. **(16)**

#### **7.6.4.1.2 Carbón Vegetal**

Esta biomasa equivale al 8% del total utilizado en el país, su uso es doméstico.

#### **7.6.4.1.3 Residuos Agroindustriales**

La fuente principal de estos residuos es el bagazo de caña (Ingenios), producida por 13 ingenios en Guatemala. La producción Total de los ingenios es de 182.7 MW correspondientes al 10% de la capacidad total instalada del país, en donde 7 ingenios inyectaron a la red 744 GWh.

– Madre Tierra	19 MW
– Concepción	27.5 MW
– Santa Ana	33.8 MW
– Pantaleón	38.5 MW
– Magdalena	15.4 MW
– La Unión	29.5 MW
– Tzulá	19 MW

La generación Eléctrica en el 2002 fue de 6,191 GWh

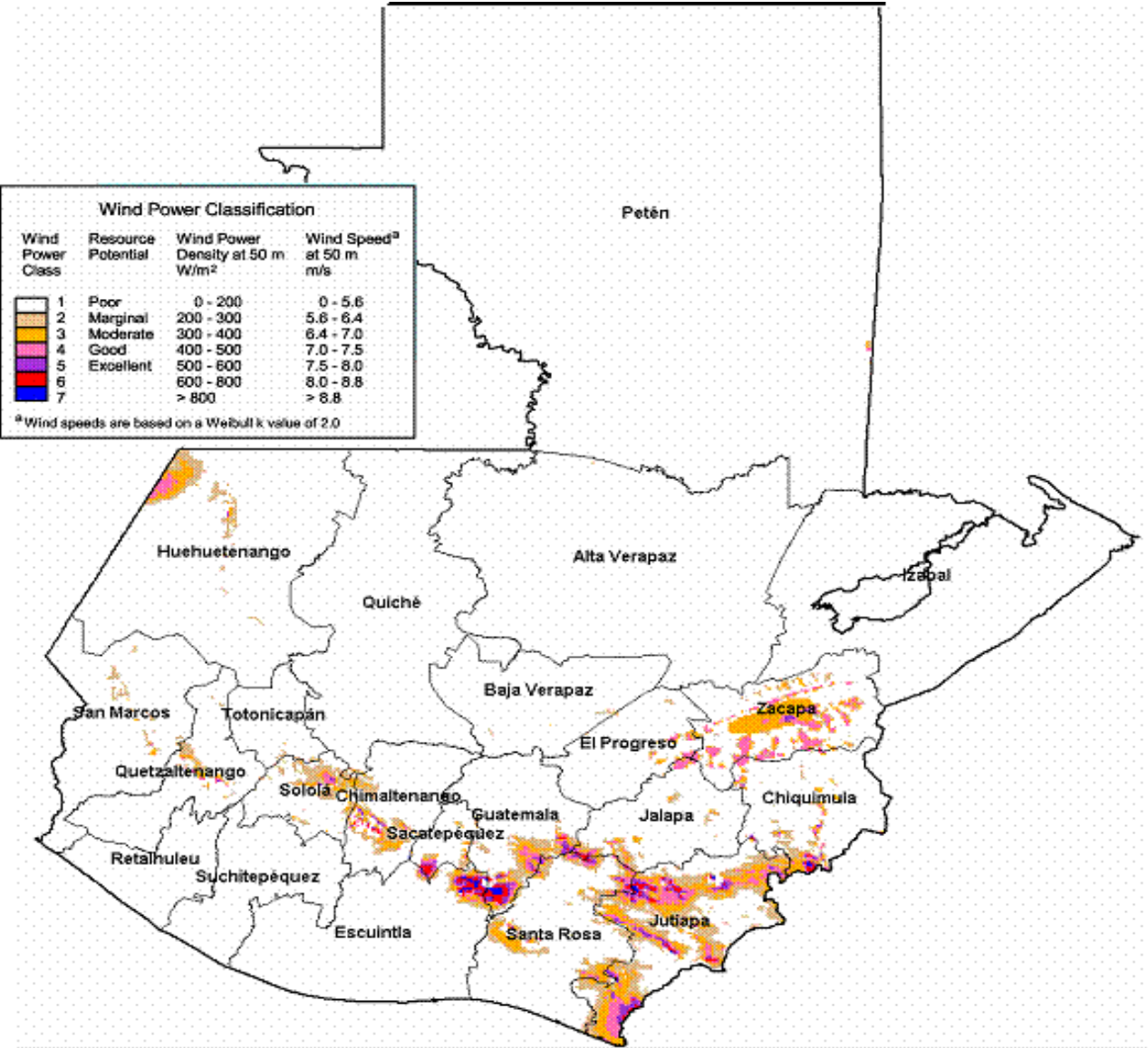
- Generación Ingenios: 621.12 GWh
- Generación Bagazo: 569.64 GWh

#### **7.6.4.2 Energía Eólica**

Según investigaciones realizadas Guatemala cuenta con un potencial teórico de 7,800 MW de energía eólica. Este potencial representa 1.5 veces la capacidad bruta estimada de las hidroeléctricas que podrían ser construidas en el país, y cinco veces lo que consume la nación en su totalidad (1, 500 megavatios, un megavatio puede suministrar electricidad a una comunidad de 20 mil personas). Este mismo estudio señala que Centroamérica está bajo la influencia de los vientos alisios, un sistema de velocidad y dirección relativamente constante, que sopla en ambos hemisferios. De acuerdo con la medición durante un año, hecha por el MEM, Santa Rosa, Sacatepéquez, Escuintla, Zacapa y Jutiapa son los departamentos más atractivos para construir campos eólicos, pues registran vientos de hasta 12 metros por segundo. La figura 7.17 muestra el mapa de la densidad de energía eólica potencial en Guatemala.

A inicios de este año (2007) la construcción del primer proyecto de una central eólica en el país, el proyecto Buenos Aires está ubicado en Santa Elena Barillas y se espera que empiece a generar electricidad dentro de un año, con una capacidad inicial de 15 MW. El costo que se tiene es de alrededor de US\$ 17 millones. (16)

Figura 7.17 Mapa de la densidad de energía eólica en Guatemala



(23)

### **7.6.4.3 Energía Solar**

A la fecha existe un proyecto calificado (al amparo del Decreto Número 52-2003, Ley de Incentivos para el Desarrollo de Proyectos de Energía Renovable), y consiste en 115 sistemas que fueron aprobados en 2005. Estos sistemas fueron instalados en las comunidades de Panzós y El Estor con fondos internacionales y locales, y ejecutados por NRECA (National Rural Electric Cooperative Association). Estos sistemas fueron utilizados para iluminación domiciliar.

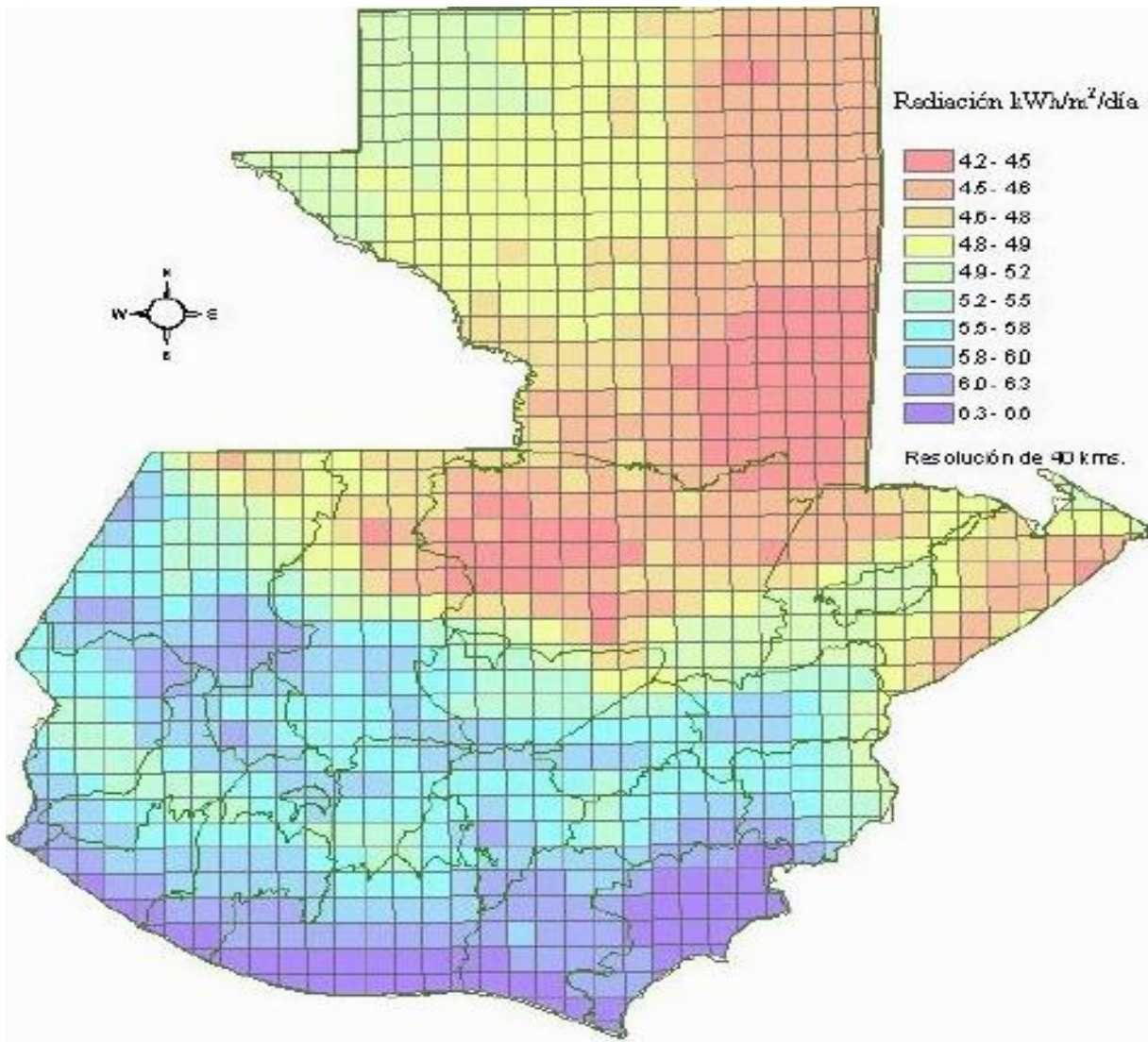
También se reporta que en Alta Verapaz ya se empleaba energía solar que alimentaba plantas de purificación de agua, cocinas no contaminantes e iluminación de escuelas para el uso de computadoras. Con relación a la población beneficiada, según el censo de población del 2002, realizado por el Instituto Nacional de Estadística -INE-, unas 18 mil familias utilizaban ya en el país un panel solar en las viviendas. También se reporta que el MEM inició proyectos de electrificación rural con paneles fotovoltaicos desde 1994 y se instalaron 3,435 paneles solares al 2006. Los beneficiarios de estos proyectos fueron comunidades de los departamentos de Huehuetenango, Quiché, Chiquimula y Alta Verapaz, y fueron financiados por la Unión Europea.

En el país existe un promedio de 20,000 sistemas fotovoltaicos instalados en el interior de la república, cada sistema tiene un precio que oscila entre Q 4, 000.00 y Q 5,000.00.

En cuanto a la potencia de luz solar que existe en Guatemala para el 2006 era de 5.4 kilovatios/m<sup>2</sup>/día, según datos oficiales como se muestra en la Figura 7.18.



Figura 7.18 Radiación solar directa anual



(23)

#### 7.6.4.4 Energía Geotérmica

Las fumarolas y nacimientos de agua caliente son indicadores de la presencia del potencial recurso, que se puede extraer para suministrar energía relativamente limpia y confiable para el país. La tabla 7.8 muestra las áreas de interés geotérmico en Guatemala.

**Tabla 7.8** Áreas de interés geotérmico

CAMPO	UBICACIÓN	POTENCIAL ESTIMADO	TEMPERATURA
Zunil II	Quetzaltenango	40-50 MW	300°C
Tecuamburro	Santa Rosa	50 MW	300°C
San Marcos	San Marcos	24 MW	230°C y 250°C
Moyuta	Jutiapa	n.d	210°C y 170°C
Totonicapan	Totonicapan	n.d.	265°C
Otras áreas de interés			
Atilán		186°C	
Palencia		204°C	
Motagua		160°C	
Ayarza		182°C	
Retana		155°C	
Ixtepeque-Ipala		155°C	
Los achiotés		155°C	

(16)

Se han identificado más de 12 campos con potencial para la generación de energía eléctrica; pero solo 2 campos han sido desarrollados. Una de la limitante en el desarrollo de esta fuente de energía ha sido el apoyo financiero para el desarrollo de estudios, ya que los costos, en su fase exploratoria son altos y con riesgo de no encontrar potencial para desarrollar el proyecto y no recuperar la inversión realizada. Según lo reporta el AMM la generación de energía con vapor geotérmico se ha ubicado entre 129.99 y 195.02 GWh en el período 2002-2006, como lo muestra la tabla 7.9. (16)

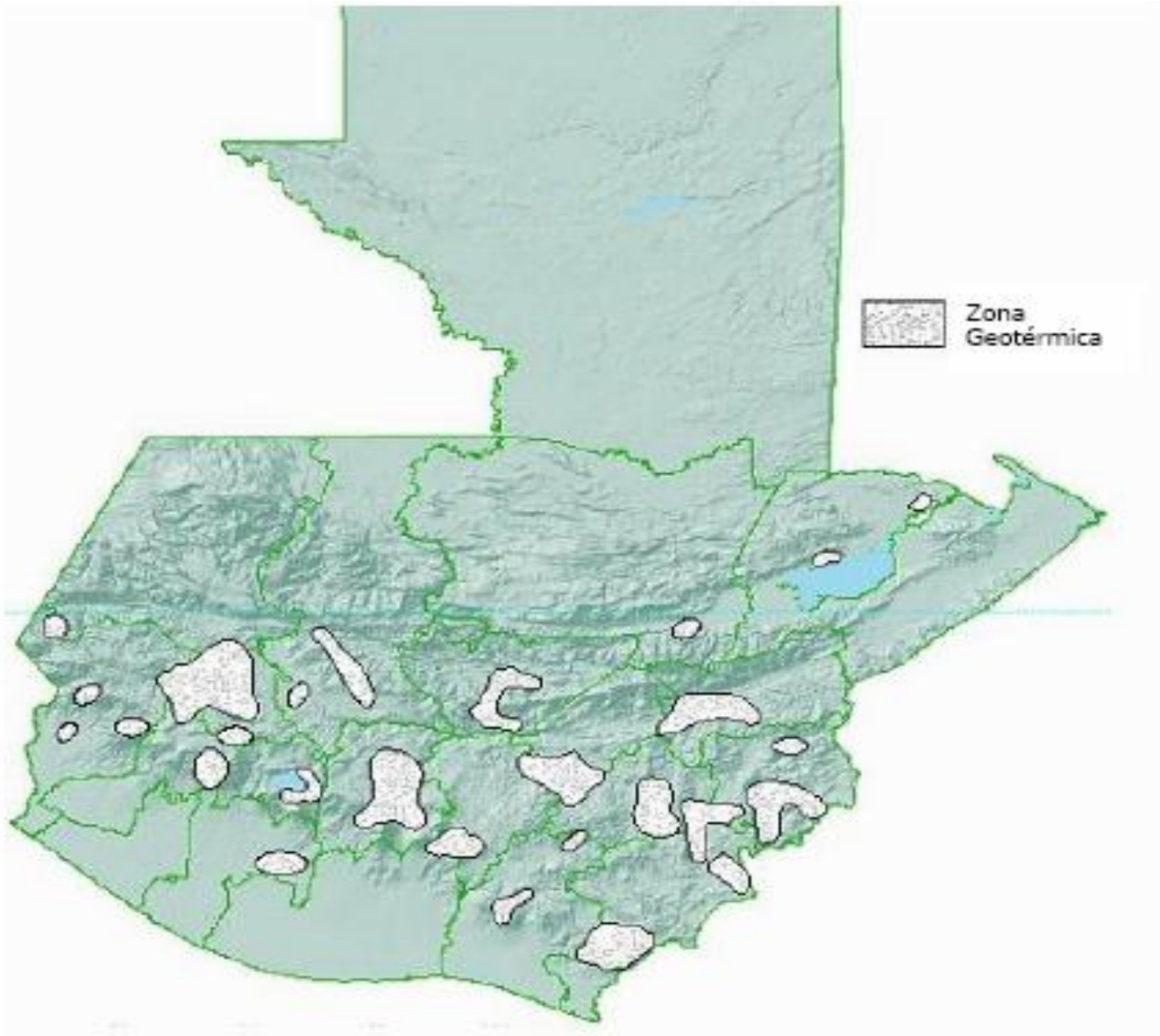
**Tabla 7.9** Generación de energía por vapor geotérmico. Período 2002 – 2006

AÑO	Gwh	%
2002	142.53	1.9%
2003	146.24	2.0%
2004	194.23	2.8%
2005	195.02	3.0%
2006	129.99	2.1%

(16)

El Potencial Geotérmico en Guatemala es de 1,000 MW y las áreas con potencial se presentan en la Figura 7.19.

**Figura. 7.19** Zonas con potencial geotérmico

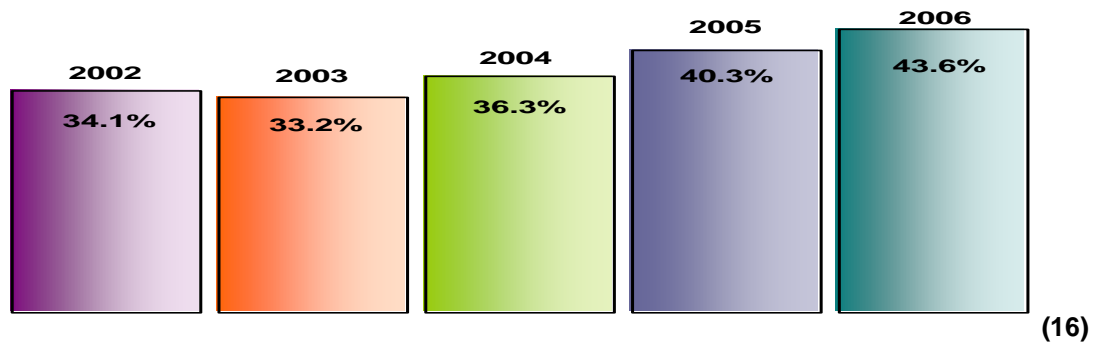


(16)

#### 7.6.4.5 Hidroenergía

La energía hidroenergía, según lo reporta el AMM, se incrementó durante el período 2002-2006 en un 53.8%, al pasar de 2,110.1 GWh a 3,245.5 GWh, como lo muestra la figura 7.20.

**Figura 7.20** Producción de energía hidroenergía en el período 2002 - 2006



Por el lado, de las inversiones que se han realizado en la generación de hidroenergía, a Diciembre de 2006 el AMM reporta un total de 23 hidroeléctricas con un potencial en placa de 742.6 MW y una potencia efectiva en el sistema de 653.5 MW, esto significa que el aprovechamiento que actualmente se está teniendo de la potencia en placa equivale a un 88%. Del total generado, 6 son las hidroeléctricas que generan el 85.4% (558.2 MW) de la potencia efectiva y las restantes 17 hidroeléctricas que se encuentran funcionando generan el 14.6% (95.3 MW) de la potencia efectiva. Dentro de las principales hidroeléctricas, por su generación, se tienen: Chixoy con el 41.6%; Aguacapa el 12.2%; Jurun Marinalá y Renace con un 9.2% cada una; El Canadá con 7.3% y Las Vacas con el 6.0%. (16)

En cuanto al potencial teórico bruto de los ríos del país el MEM reporta 10,900 MW, y el potencial técnicamente aprovechable es cercano a los 5,000 MW. Un catálogo de proyectos hidroeléctricos identificados por el INDE, asciende a 88, con una capacidad de 3,925.0 MW y una producción de 14,570.9 GWh/año. De este total, 14 corresponden a identificaciones realizadas a través de información hidrometeorológica en las cuencas de los ríos Suchiate y Naranjo, con una capacidad de 101.7 MW y una producción de 843.9 GWh/año, mientras que los restantes 74 proyectos hidroeléctricos han sido estudiados e identificados por el INDE en los que se pueden instalar centrales hidroeléctricas, éstos suman una capacidad de 3,823.2 MW y una producción de 13,727.0 GWh/año. (16)

## **7.7 Perspectivas de Crecimiento**

### **7.7.1 Proyectos realizados por la Dirección de Energía del MEM**

- Desarrollo del Sistema de Información Hidrometeorológica. (Con el apoyo de diversas instituciones como el INDE, INSIVUMEH, SWERA etc.)
- Estudio hidrológico de las cuencas del país (Río Naranjo y del Río Suchiate).
- Proyecto de mapeo eólico y solar nacional.

### **7.7.2 Proyectos en desarrollo**

- Identificación de sitios para la instalación de centrales hidroeléctricas menores de 5 Mw.
- Identificación del Estado actual de PCH's de propiedad pública y privada
- Actualización del Sistema de Información Hidrometeorológica
- Proyecto de masificación de estufas mejoradas.
- Promoción de Proyectos Energéticos (Oportunidades de Inversión)
- Usos productivos del vapor geotérmico de baja y mediana entalpía.

### **7.7.3 Proyectos en gestión:**

- Proyecto de bioenergía (bioetanol, biodiesel y residuos urbanos).
- Estudio hidrológico de las cuencas del país (8 principales cuencas).
- Proyecto de identificación del potencial biomásico utilizable en la producción de energía eléctrica.
- Programa de estufas mejoradas
- Programa de bosques sostenibles y eficientes para alimentar las estufas mejoradas

## 7.8 Educación y percepción pública

La necesidad de energía es evidente desde el comienzo de la vida misma. Un organismo para crecer y reproducirse precisa energía, el movimiento de cualquier animal supone un gasto energético, e incluso el mismo hecho de la respiración de plantas y animales implica una acción energética. En todo lo relacionado con la vida individual o social está presente la energía.

La obtención de luz y calor está vinculada a la producción y al consumo de energía. Ambos términos son imprescindibles para la supervivencia de la tierra y consecuentemente de la vida vegetal, animal y humana.

El ser humano desde sus primeros pasos en la tierra, y a lo largo de la historia, ha sido un buscador de formas de generación de esa energía necesaria y facilitadora de una vida más agradable. Gracias al uso y conocimiento de las formas de energía ha sido capaz de cubrir necesidades básicas: luz, calor, movimiento, fuerza, y alcanzar mayores niveles de confort para tener una vida más cómoda y saludable.

El descubrimiento de que la energía se encuentra almacenada en diversas formas en la naturaleza ha supuesto a las diferentes sociedades a lo largo de los tiempos, el descubrimiento de la existencia de “almacenes energéticos naturales” que aparentemente eran de libre disponibilidad. Unido a esto, el hombre ha descubierto que estos almacenes de energía disponibles en la naturaleza (masas de agua, corrientes de viento, bosques), eran susceptibles de ser transformados en la forma de energía precisa en el momento necesario (luz y calor inicialmente, luego electricidad y fuerza motriz), e incluso adoptar nuevos sistemas de producción y almacenamiento de energía para ser utilizada en el lugar y el momento preciso: energía química, hidráulica y nuclear, etc.

Sin embargo, simultáneamente a este descubrimiento de almacenes naturales, se ha producido una modificación del entorno y un agotamiento de los recursos. Así, el uso de la energía ha acarreado un efecto secundario de desertización, erosión y contaminación principalmente, que ha propiciado la actual problemática medioambiental y el riesgo potencial de acrecentar la misma con los desechos y residuos de algunas de las formas de obtención de energía.

La producción energética se ha venido sustentando hasta hace poco en una visión del mundo en la que el ser humano es el dominador de la naturaleza y del entorno, en vez de sentirse parte integrada del mismo, y en el que el consumo se manifiesta como un grado de confort.

La necesidad de aumento productivo de las sociedades industrializadas lleva a la par un incremento de los bienes de consumo y la creación de un mecanismo en el que se establece una equivalencia entre el confort y el consumo. Ello ha supuesto en las últimas décadas una avidez consumista, en donde el consumo es una finalidad en sí misma. La acumulación de bienes útiles o no, el despilfarro como signo de poder adquisitivo y distinción social, la exigencia de gasto de elementos perecederos, son consecuencias del mecanismo de sostenimiento que el sistema económico de las sociedades desarrolladas ha establecido para mantener la capacidad productiva creciente que lo sustenta.

Así, la demanda de energía no sólo ha tenido que crecer en la industria, sino también en los consumidores de los productos manufacturados, dado que éstos precisan mayoritariamente energía para cumplir con su finalidad. Para satisfacer esta demanda no sólo de bienes, sino de exigencia de nuevos niveles de confort, se hace precisa una mayor generación y oferta de energía. Por ello, se ha hecho necesario dotar de grandes centros generadores de energía excedentaria, ante la eventualidad de poder satisfacer la demanda que pueda ser requerida.

El estado del bienestar, ha generado el "estado del gasto y de la dependencia energética". No es de extrañar por tanto, que uno de los parámetros más importantes para clasificar el grado de desarrollo de un país, sea su gasto energético per cápita.

La energía ha pasado a lo largo de la historia, de ser un instrumento al servicio del ser humano para satisfacer sus necesidades básicas, a ser la gran amenaza -motor y eje de la problemática ambiental- que se cierne sobre el planeta, hipotecando la existencia de las generaciones venideras.

Una de las aportaciones a la solución, o al menos paralización de esta problemática medioambiental, es lograr que satisfaciendo las necesidades actuales de energía, ésta sea producida sin alterar esos almacenes energéticos que cumplen una función de equilibrio ecológico, y que su uso, además de ser más eficiente, no sea origen de fuentes de contaminación ni aumento del deterioro actual y futuro del entorno, evitando el derroche de energía y aprovechando al máximo la producción realizada.

En resumen, tres son los problemas a los que nos ha abocado el consumo desmedido de la energía: En primer lugar, un deterioro del entorno; en segundo lugar, un paulatino agotamiento de los recursos naturales; y en tercer lugar, un desequilibrio irracional en el reparto del consumo y uso de la energía.

Ante esta situación, las energías de origen renovable, adquieren un papel primordial, necesario y urgente tanto en su aplicación como en la difusión de su uso.

En Guatemala el Ministerio de Educación, ha enfocado sus esfuerzos y recursos, en la ampliación de la cobertura educativa y en el mejoramiento de la calidad de la enseñanza. Además, está trabajando en la implementación de un Nuevo Modelo de Gestión Educativa y en la transformación curricular, particularmente en el nivel medio, lo cual conlleva un impulso vigoroso al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

Con anterioridad en la educación pública no se contaba con una política que abordara la ciencia y la tecnología. Hoy en día son muchos los colegios privados y algunas escuelas públicas que poseen computadoras, laboratorios y otros recursos educativos, que favorecen el proceso de enseñanza - aprendizaje. Sin embargo, las escuelas públicas que disponen de los instrumentos necesarios para hacer uso de la tecnología, no son suficientes y se carece de inversión en investigación y desarrollo tecnológico. Existen, eso sí, algunos esfuerzos de innovación y excelencia, tal es el caso, de las Escuelas Demostrativas del Futuro, pero falta mucho para alcanzar a la población en general. Esto preocupa, porque si estas condiciones se mantuvieran, a mediano plazo los guatemaltecos no tendrían las habilidades que el mundo competitivo demanda y, además, se ampliaría la brecha entre quienes han tenido oportunidades y los que no las han tenido. **(10)**

Es importante resaltar, que en el marco de las políticas educativas, derivadas de la Reforma Educativa, se considera a la ciencia y la tecnología como un eje transversal. Se valora la creación y difusión del conocimiento, actitudes, destrezas y técnicas, como factores que contribuyen al perfeccionamiento de la persona y al desarrollo sostenible.

La ciencia y la tecnología son intrínsecas al ser humano y a los pueblos. Estas, permiten asegurar un desarrollo sostenible, si se dan en completa armonía con la naturaleza. En Guatemala, en especial, deben también ser instrumentos que contribuyan a resolver la problemática nacional, a elevar la productividad y combatir la pobreza.

El Plan de Educación da a la ciencia y tecnología un lugar preponderante, como un proceso permanente de enseñanza – aprendizaje. Con ello se propicia el ejercicio sistemático del pensamiento científico, el estímulo a la creatividad, el desarrollo de la capacidad de aprender a aprender y la de emprender. La importancia para la educación de los guatemaltecos se acentúa en esta época caracterizada por cambios tecnológicos y científicos acelerados, por el desarrollo de medios avanzados de informática y



comunicación. Así como por la búsqueda constante de alternativas socioeconómicas que permitan, a todos los guatemaltecos, una mejor calidad de vida en el mundo globalizado.

De esa cuenta, la educación popular en el área energética, para niños, jóvenes y adultos, debe venir no sólo de un esfuerzo gubernamental por fortalecer las ciencias básicas, sino también de esfuerzos de difusión y capacitación a todo nivel proveniente del sector privado y científico-académico. El Programa Nacional de Energía, de acuerdo con la Declaración Mundial sobre Educación para Todos, debe apoyar las condiciones necesarias para estimular acciones concertadas por parte de los sectores académico, público y privado que resulten en accesos equitativos a información y educación sobre energía.

De manera similar, los Objetivos de Desarrollo del Milenio, de la Organización de Naciones Unidas, mencionan entre sus elementos de política educativa, promover la diversificación de la oferta educativa, impulsar modelos innovadores, y fomentar políticas públicas que faciliten la participación de todos los agentes sociales y su contribución en el diseño, seguimiento y rendición de cuentas de los cambios educativos. La divulgación educativa sobre energía por parte de los sectores académicos y con apoyo del sector privado cumpliría con estos elementos de política educativa y acercaría a Guatemala hacia las Metas del Milenio.

La Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología -SENACYT-, coordina y desarrolla eventos para la promoción, difusión y transferencia de conocimientos, como la Semana Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación y Convergencia, entre otros. En tales eventos, profesionales, técnicos, estudiantes de diferentes niveles educativos y público en general, pueden participar en seminarios, talleres, foros, conferencias magistrales dictadas por científicos y aprender de nuevas tecnologías; así como en concursos, exhibiciones en ciencia, tecnología e innovación. Hace falta, sin embargo, un esfuerzo organizado para impulsar la formación, capacitación y la actualización de profesionales, docentes, técnicos y público en general en el área de energía o un esfuerzo de promoción de nuevas tecnologías y sus aplicaciones. **(10)**

## 7.9 Capacidades científico-tecnológicas

Las universidades tanto pública como privadas tienen por objetivo desarrollar programas de docencia, investigación y extensión, con el fin de mejorar el nivel de vida de la población guatemalteca. Actualmente una forma de medir el nivel de vida es por el consumo energético o bien por el grado de electrificación con que cuenta el país.

La universidad de San Carlos, la más antigua del país, a través de la Facultad de Ingeniería, ha mantenido una preocupación constante por el tema energético, por lo cual desde hace muchos años ha preparado ingenieros para la ejecución de proyectos energéticos, se han implementado unidades académicas tales como la Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria, que cuenta con un programa de maestría en Recursos Hidráulicos; se fundó el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas, en el cual se ha capacitado personal en fuentes convencionales y alternas de energía, con la cooperación de otras universidades Latinoamericanas, así mismo se han llevado a cabo trabajos de graduación sobre diferentes tópicos energéticos. Desde hace muchos años funciona el Centro de Investigaciones de Ingeniería, habiendo realizado investigaciones sobre energía solar y eólica, dentro del centro mencionado se creó el Centro de Estudios de Tecnología Apropiable donde se diseñaron las primeras estufas mejoradas llamadas estufas CETA.

Más recientemente se implementó un parque tecnológico de energías renovables dentro de la facultad de ingeniería, el cual fue diseñado en forma conjunta entre el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas y la Escuela de Ingeniería Mecánica, este proyecto se hizo con el auspicio de las Fundación Guatemalteca del Medio Ambiente – FOGUAMA – y FUNDARY. Los objetivos de este parque tecnológico son la docencia, la investigación y la extensión, tanto para los estudiantes de la Universidad como personas particulares. La escuela de ingeniería Química de la Facultad cuenta con una planta para la extracción de aceites esenciales, dentro de los que está el biodiesel.

La Facultad de Agronomía ha hecho investigaciones sobre bosques energéticos. La Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia ha estado investigando sobre la obtención de biodiesel a partir del aceite vegetal ya utilizado para la elaboración de alimentos, ya sea por restaurantes o fábricas de alimentos. La empresa Octagón también por su parte ha estado obteniendo biodiesel a partir de frutos como el piñón.

Otras universidades también han incursionado en programas energía como el caso de la Universidad del Valle, que formó varias promociones a nivel de maestría en Energía y Ambiente. Esta misma universidad ha estado trabajando sobre el tema de la energía solar fotovoltaica. Más recientemente la universidad Galileo ha implementado un programa de maestría en Fuentes Renovables de Energía.

En forma particular algunas empresas y profesionales están trabajando en la obtención de biodiesel a partir de aceite y de algunas plantas.

Es importante el esfuerzo que hace actualmente el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología – CONCYT- para fortalecer a las comisiones del Sistema y elaborar el Plan de Ciencia, Tecnología e Innovación para el período 2007 – 2014, que incluye el Programa Nacional sectorial de Energía, ya que esto hace que exista una mayor coordinación entre las diferentes entidades públicas, privadas y académicas que tienen relación con el sector energético. En los meses de Julio a Octubre, se realizaron reuniones convocadas por el CONCYT, para establecer líneas de investigación en el sector energético, ver anexos. **(10)**

Con el apoyo de CYTED, en el área 3, Promoción del desarrollo Industrial, Subprograma IV, La Biomasa como fuente de productos y de energía, en una de sus líneas trata de la energía, combustibles y contaminación.

El Centro Guatemalteco de Investigación y Capacitación de la Caña de Azúcar, CENGICAÑA, fue creado por la Asociación de Azucareros de Guatemala, ASAZGUA, en 1992 para apoyar el avance tecnológico de la agroindustria azucarera, con el objetivo de mejorar la producción y la productividad del cultivo de la caña de azúcar y sus derivados, es financiado por los ingenios que conforman la agroindustria azucarera de Guatemala, que hacen sus aportes al presupuesto del Centro, proporcionales a la producción de azúcar obtenida. El Centro ha hecho investigaciones sobre utilización como combustibles el etanol y el bagazo de caña.

Considerando la ciencia y la tecnología energética como herramientas que ofrecen la oportunidad de una mejor calidad de vida, se puede notar que en la sociedad guatemalteca existe una tremenda brecha entre los que tienen y los que no tienen acceso a esa tecnología.

En la medida en que los centros de estudio y universidades sigan en modelo de adopción y validación de tecnologías, se estará ampliando la brecha antes mencionada.

Guatemala es un país con características especiales que tiene una riqueza étnica con tradiciones y costumbres fuertemente arraigadas que deben considerarse en los modelos de transferencia de tecnología. Existen necesidades básicas que aún no han sido satisfechas y constituyen un reto, pues de lo que se haga depende que se rompa o se acelere la espiral de la pobreza.

#### **7.10 Comunicación y colaboración a nivel nacional e internacional**

A nivel nacional se ha detectado duplicidad y dispersión de esfuerzos, ya que empresas y personas están trabajando en algunos temas energéticos como el caso de la obtención de biodiesel, u otras fuentes de energía y no hay una entidad específica que esté enterada de estos esfuerzos.

La colaboración a nivel nacional se ha dado entre diferentes instituciones del sector, el Centro de Estudios Superiores de Energía y Minas por ejemplo ha desarrollado programas de capacitación e investigación con la cooperación de entidades del sector, tal como el Ministerio de Energía y Minas, el Instituto Nacional de Electrificación, la Comisión Nacional de Energía Eléctrica, el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, la Fundación para la Superación de la Ingeniería, el Colegio de Ingenieros de Guatemala, Fundación Mario Dary – FUNDARY, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN -, Consejo Superior Universitario de Centro América – CSUCA -

La colaboración a nivel internacional se ha tenido el apoyo para programas de capacitación en el sector energético, con la Organización Latinoamericana de Energía – OLADE- , con el Programa Universitario Energético – PUE- de la Universidad Nacional Autónoma de México, con la Universidad Central de Venezuela, con la Oficina de cooperación Técnica de Relaciones Exteriores de Venezuela, con el Centro de Estudios Económicos de la Fundación Bariloche de Argentina, con el Instituto de Investigaciones Económicas de la Universidad Nacional de Costa Rica, con la Universidad Politécnica de Madrid, España, con la Universidad de Bergen, Noruega.

Actualmente se están desarrollando programas de capacitación a nivel de maestría, en la USAC el programa de Energía y Ambiente, en la Facultad de Ingeniería, así mismo el programa de Maestría en Economía Ambiental; en la Universidad Galileo la maestría en Fuentes Renovables de Energía; en la Universidad del Valle se desarrolla el programa de maestría en Ambiente con orientación a la energía.

La Unión Europea ha manifestado su apoyo para el aprovechamiento de las fuentes energéticas principalmente a las fuentes nuevas y renovables. La Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo – CCAD -, la Alianza en Energía y Ambiente – AEA-, El Banco Interamericano de Desarrollo – BID-, la Organización de países exportadores de Petróleo – OPEP -, Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo – PNUD - , Agencia Española de Cooperación Internacional – AECI -, Ciencia y Tecnología para el Desarrollo – CYTED -, Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales – MARN -, La Agencia Canadiense para el Desarrollo Internacional – ACDI - , La Universidad de Calgary, Canadá, Comisión Económica para América Latina – CEPAL – Banco Centroamericano de Integración Económica – BCIE -, Asociación de Cooperativas Nacionales de Electrificación Rural – NRECA -, Organización de Estados Americanos – OEA - . **(10)**

#### **7.11 Interacción entre el sector productivo y la academia.**

La interacción entre los dos sectores estuvo interrumpida durante muchos años debido a cuestiones puramente ideológicas, sin embargo, a partir de la firma de los Acuerdos de Paz se ha iniciado un proceso de acercamiento entre ambos sectores en los diferentes temas, las huellas dejadas por la confrontación aún persisten en algunos casos, pero tanto el sector productivo como el académico se han dado cuenta que es beneficioso mantener una estrecha relación para abordar la situación energética, mediante la capacitación de personal, la investigación y la transferencia de tecnología.

La falta de coordinación y cooperación entre los actores del sector energético ha sido una constante que no ha permitido lograr mejores avances del mismo sector, así como duplicidad de esfuerzos, con el consiguiente gasto de recursos.

Los resultados de las investigaciones llevadas a cabo en las universidades y centros de investigación no son suficientemente divulgados para su aprovechamiento en el desarrollo de tecnologías. Por otro lado el esfuerzo de los investigadores no es recompensado adecuadamente, por no contar con registros de patentes de sus descubrimientos y tecnología creada.

## **VII Política Energética y Minera 2008-2015**

El sector energético ha desempeñado un papel fundamental en el desarrollo económico de los países, ya que los saltos tecnológicos y avances en las capacidades productivas se han dado gracias a la evolución de la producción energética. Es por ello que se puede establecer que la energía sigue siendo un elemento clave para el desarrollo económico y que la misma se constituye en una variable decisiva para la generación de crecimiento.

Las decisiones que Guatemala tome en materia de política energética tendrán una influencia significativa en cuanto a: seguridad y calidad del abastecimiento, eficiencia en la producción y utilización de la energía, explotación racional de los recursos naturales, cobertura de requerimientos en cantidad y calidad, precios bajos o constantes y de una apertura regional, entre otros; pero finalmente sobre el proceso de desarrollo sostenible del país.

Es por ello, y con el propósito de ejercer el mandato constitucional que el Estado posee y que es delegado sobre el Ministerio de Energía y Minas (a través del Decreto Número 114-97, Ley del Organismo Ejecutivo y la Ley General de Electricidad, Decreto Número 93-96) en cuanto al quehacer de la política en materia energética y minera.

### **8.1. Visión**

La formulación e implementación de la Política Energética apunta a que Guatemala cuente con un sistema energético sostenible y competitivo que se armonice con los objetivos ambientales, para apuntalar el crecimiento económico y el desarrollo social que el país requiere.

### **8.2. Principios Rectores**

#### **Desarrollo Sostenible y Sustentable**

El gran desafío de política que el Estado de Guatemala tiene es como garantizarles a todos los guatemaltecos, mediante mecanismos eficientes, el acceso a ciertas condiciones mínimas, que potencien el capital humano del país y apoyen por esa vía, el desarrollo económico y social del individuo. En esa línea, la Política Energética pretende que mediante su implementación se logre de manera exitosa el proceso de desarrollo sostenible y sustentable que el país requiere.

### **Visión de Largo Plazo**

La Política Energética tiene una perspectiva de largo plazo, que requiere de un compromiso más allá del período de un Gobierno, para que su implementación mediante acciones de corto, mediano y largo plazo consolide a Guatemala como la plataforma energética de Mesoamérica.

### **Compromiso de Todos**

El logro de los objetivos de esta política deberá ser un esfuerzo de todas las instancias y sectores cuyo quehacer tengan relación con los temas energéticos, por lo que no es competencia únicamente del gobierno, o de alguna institución en particular, sino un desafío que se debe enfrentar por todos los guatemaltecos y a todos los niveles.

### **Integralidad**

Esta política de ninguna forma deberá considerarse de manera aislada, por lo que los lineamientos generales y acciones concretas deberán implementarse de manera integrada y coordinada con otras políticas públicas; y en estrecha cooperación interinstitucional, intersectorial y multidisciplinaria, ya que sólo dicha dinámica hará efectiva la realización de la misma.

### **Continuidad**

La puesta en marcha de esta política deberá promover el diálogo constante a diferentes niveles, que permitan la incorporación de los actores de gobierno, sector privado y sociedad civil, ya que ello fortalecerá la institucionalidad y garantizará la continuidad de la misma y la obtención de resultados en el mediano y largo plazo. Finalmente, a futuro deberá también constituirse un proceso amplio y dinámico, que permita la revisión oportuna de las acciones que eleven la efectividad de la política pública.

## **8.3 Objetivo General**

Contribuir al desarrollo energético sustentable en el país, asegurando el abastecimiento oportuno, continuo y de calidad, a precios competitivos.

#### **8.4. Objetivo Específicos**

- Aumentar la oferta energética del país a precios competitivos
- Diversificar la matriz energética del país, priorizando las energías renovables
- Promoción de la competencia e inversiones
- Promover el desarrollo sostenible y sustentable a partir de los recursos renovables y no renovables del país
- Incrementar la eficiencia energética
- Impulsar la integración energética

#### **8.5. Acciones de Política Energética**

##### **8.5.1 Ampliar la capacidad de generación**

- Elaborar la Planificación del Sistema de generación y de transmisión.
- Actualizar los potenciales de recursos de energías renovables.
- Contar con una planificación energética indicativa permanente que permita anticipar la contratación de nuevos proyectos de energía.
- Conformar una Unidad de Planificación Energética Minera dentro del Ministerio de Energía y Minas que haga la planificación indicativa.
- Llevar a cabo las licitaciones para la construcción de nuevos proyectos de generación de energía.
- Reforzar el papel del gobierno en la formulación de la política pública y la regulación de los mercados energéticos.
- Garantizar el suministro que el país requiere y negociar contratos que aseguren precios competitivos.
- Participar en el observatorio latinoamericano de las energías renovables de ONUDI.
- Re-ordenar los sistemas de transmisión (redefinición del sistema principal y secundario) para mejor repartición de costos de transmisión.
- Revisar el procedimiento para el cobro del peaje.

##### **8.5.2 Elevar el índice de electrificación**

- Apoyar la identificación y desarrollo de proyectos de electrificación rural, mediante programas de ampliación de la red como el Programa de Electrificación Rural (PER) que administra el INDE, el Fondo de Electrificación Rural (FER) que maneja el Ministerio de Energía y Minas o en forma descentralizada.
- Transparentar el subsidio a la Tarifa Social a través de las finanzas del Estado y reflejar su costo en el presupuesto de la nación.



- Gestionar como gobierno recursos financieros nacionales e internacionales adicionales, que permitan promover el desarrollo de proyectos de fuentes nuevas y renovables de energía, para dar el servicio de electricidad a zonas aisladas de la red.
- Fortalecer la capacidad financiera de las Empresas Eléctricas Municipales (EMMs), para lo cual se estudiará la conveniencia de otorgarles su autonomía.
- Evaluar la creación de la figura de usufructo a efecto que el Estado perciba regalías por el uso de bienes de dominio público (agua y subsuelo), con destino al desarrollo comunitario y al manejo de las cuencas.

### **8.5.3 Aumentar la exploración y explotación de hidrocarburos**

- Finalizar los trámites internos para la convocatoria a licitación internacional para la adjudicación y contratación de seis áreas de exploración y explotación de hidrocarburos.
- Sistematizar el proceso de licitación de áreas petroleras a efecto de que se lleve a cabo anualmente.
- Conciliar las diferencias existentes en algunas normativas (hidrocarburos, ambiente y áreas protegidas).
- Clarificar las reglas y normas que deben de cumplir las empresas que entren a competir en las licitaciones petroleras, sobre todo en lo que se refiere a la capacidad financiera y técnica con la que deben contar.
- Proponer al Organismo Legislativo las modificaciones a la Ley de Hidrocarburos.

### **8.5.4 Diversificar las fuentes para la generación de electricidad**

- Elaborar el plan de la expansión, proyectando de manera indicativa la participación de fuentes renovables en la oferta.
- Realizar los proyectos de hidroeléctricas en marcha tales como Xálala, Río Paz (El Jobo y Piedra de Toro).
- Elaborar estudios que determinen el impacto económico que tendría la generación de electricidad a partir de biomasa forestal.
- Estudiar el uso de la dendroenergía dentro del tema de la biomasa, e incorporar el tema a la agenda de trabajo de la Comisión Interinstitucional Energética.
- Elaborar reglamentación respectiva para el desarrollo de energía solar fotovoltaica, eólica, geotérmica y bioenergía.
- Realizar los estudios para analizar la conveniencia de incluir la electricidad nuclear dentro de la matriz energética como una alternativa de largo plazo.
- Promover, a través de próximas licitaciones la incorporación de nueva generación eficiente utilizando como energéticos el carbón mineral y el gas líquido natural.
- Fomentar la entrada de generación distribuida (hidroeléctricas de menos de 5 MW).

- Analizar la factibilidad de proyectos hidroeléctricos de gran envergadura como del Usumacinta.
- Cartera priorizada de proyectos geotérmicos, eólicos, solares y otras fuentes renovables.
- Completar y actualizar los mapas del potencial eólico y solar.
- Declarar el Estado de Emergencia Nacional del Subsector Eléctrico, para facilitar el desarrollo de proyectos renovables, la constitución de servidumbres, los accesos y reducir los obstáculos sociales, entre otros.
- Apoyar, gestionar y promover el financiamiento y ejecución de proyectos de gas natural, incluyendo las opciones de gasoducto (México-Guatemala), plantas de almacenamiento y regasificación, ya que esto podría dar una opción para una generación de electricidad más barata.
- Estudios para la rehabilitación, modernización u optimización de centrales hidroeléctricas existentes.

#### **8.5.5 Incorporar nuevas fuentes de energía para el transporte**

- Contar con análisis sólidos que permitan definir una política de introducción de biocombustibles
- Contar con la Estrategia Nacional de Biocombustibles y un plan de acción para la implementación de la misma.
- Proyectos financiados con mecanismos MDL.

#### **8.5.6 Ampliar las instalaciones de refinación y almacenamiento**

- Promover inversión en nueva infraestructura de almacenamiento.
- Promover inversión en infraestructura de refinación a gran escala en el país, que permita el adecuado abastecimiento del mercado.
- Tener los estudios de factibilidad para definir la instalación de la refinería de petróleo en Guatemala por parte de la empresa Formosa Petrochemical Cooperation.

#### **8.5.7 Aumentar las inversiones en electricidad y energías renovables**

- Evaluar los costos y beneficios de los actuales contratos de generación y determinar una estrategia para disminuir su impacto sobre los precios de la electricidad.
- Contar con sistemas de información estadística acerca de los agentes y participantes del mercado eléctrico.
- Tener guías del inversionista, institucionalizar la realización de ferias energéticas, foros, entre otros, que permitan difundir las oportunidades de inversión en el sector.
- Disponer de procedimientos administrativos expeditos para el otorgamiento de las autorizaciones reguladas en las leyes del sub-sector.

- Inventarios actualizados de los recursos renovables existentes en el país y desarrollar los estudios de factibilidad pertinentes al portafolio de proyectos.
- Mantener vigentes los convenios interinstitucionales que permitan el intercambio de información en los temas relacionados con la producción de energía, tales como: información hidrológica e hidrogeológica.
- Crear la ventanilla única de trámites relacionados con las autorizaciones, permisos y licencias.
- Procedimientos delineados para los accesos a financiamiento tales como alianzas público-privadas, fideicomiso y venta de Bonos de Carbono.
- Estudio técnico que determine el impacto de la tasa municipal en el cobro de la energía eléctrica.
- Apoyar la cultura de Responsabilidad Social Empresarial.
- Profesionales capacitados en mercados energéticos.
- Apoyar la aprobación del proyecto de Ley de Participación Pública y Privada.

#### **8.5.8 Promover más inversiones en el área de hidrocarburos**

- Adecuar la Ley de Hidrocarburos y la Ley de Comercialización de Hidrocarburos, y sus reglamentos.
- Apoyar la aprobación de la Ley de Participación Público Privada.
- Promover un programa de licitaciones de por lo menos 4 ó 5 áreas de explotación.

#### **8.5.9 Promover competencia y eficiencia en los mercados de gasolinas y gas propano y elevar la calidad del producto**

- Emitir certificados de calidad del producto despachado en Terminal.
- Sistema para el registro de equipos de calibración y definir un formulario único de certificado de calibración de unidades de transporte y equipos de despacho.
- Bases de datos para la información necesaria sobre precios, volúmenes, calidades y otras variables del mercado, que se constituyan en elementos de juicio para la toma de decisiones y seguimiento del comportamiento del mercado.
- Homologación de las condiciones de comercialización en los países de la región.
- Procedimientos administrativos eficientes en el otorgamiento de las autorizaciones reguladas en la Ley de Comercialización de Hidrocarburos.
- Fiscalía especial para casos de contrabando y robo de combustibles.
- Mecanismos que garanticen el mantenimiento o sustitución de cilindros en mal estado.
- Ley General de Competencia.

#### **8.5.10 Contribuir a elevar el desarrollo económico y social de las comunidades y regiones donde se ejecuten proyectos energéticos**

- Lograr la aprobación de un Acuerdo Gubernativo, que permita focalizar los recursos provenientes de las regalías de las actividades mineras y de explotación petrolera en las regiones en donde se realicen los proyectos.
- Utilizar el sistema de ordenamiento del territorio nacional y los planes de desarrollo de las regiones para focalizar los recursos de los proyectos del sector energético de una manera eficiente.

#### **8.5.11 Impulsar proyectos de eficiencia energética**

- Presentación ante el Congreso de la República de un anteproyecto de Ley de Alcohol Carburante de acuerdo a los lineamientos establecidos en la Estrategia Nacional de Biocombustibles.
- Continuar las acciones de ahorro energético que el MEM viene implementando desde el 2004 y adoptar un programa de ahorro y uso eficiente de la energía que las incorpore y además incluya, entre otros: a) la adopción de luminarias eficientes para la iluminación en los sectores Residencial, de Comercio y Servicios, incluyendo el alumbrado público; b) reducción del consumo energético en equipo de refrigeración y maquinaria en comercio e industria; c) programa de etiquetado de consumo energético en los equipos que utilicen electricidad.
- Adoptar una estrategia que permita reducir las pérdidas en las líneas de transmisión y distribución eléctrica.
- Utilización de los residuos y desperdicios orgánicos y materiales biodegradables en la generación de electricidad y calor.
- Institucionalizar el cambio de hora.
- Cartera de proyectos de inversión y de cooperación técnica en el área de reducción de pérdidas, eficiencia y conservación de energía.

#### **8.5.12 Desarrollo de programas de capacitación en conducción eficiente**

- Operadores de equipo móvil entrenados en técnicas de conducción eficiente.
- Promover el diálogo con las municipalidades para lograr la eliminación de obstáculos para el flujo vehicular.

#### **8.5.13 Completar la integración eléctrica regional**

- Dinamizar el proceso de armonización regulatorias nacionales que impulsen la gradualidad continua • en el proceso de integración SIEPAC. Interfaces terminadas y estudios nacionales realizados de los efectos en la remuneración del Sistema Nacional Interconectado SNI, en la conexión del SIEPAC.
- Definición de la remuneración de las obras de transporte que se declaren parte del Mercado Eléctrico Regional (MER).
- Normativa desarrollada para la recuperación de capital en la Interconexión con México.
- Lograr la ratificación del Segundo protocolo al Tratado Marco del Mercado Eléctrico Regional (MER).
- Concluir la interconexión SIEPAC y línea México Guatemala.
- Apoyar la inversión en los sistemas de transmisión nacionales, en especial aquellos que se requieren para que los países participen eficazmente en el MER.
- Promover la interconexión eléctrica de Centroamérica con Suramérica mediante el proyecto de interconexión con Colombia y Panamá.

#### **8.5.14 Integración y armonización de los mercados de hidrocarburos de la región**

- Lograr recursos adicionales necesarios para: a) impulsar las medidas regulatorias y normativas de integración que han sido identificadas en estudios a nivel regional, y b) diseñar una estrategia integral de mediano y largo plazo para la integración de los mercados de hidrocarburos.
- Evaluar la posibilidad de desarrollo de infraestructura petrolera regional (refinerías, almacenamiento, ductos, etc.).
- Definir una estrategia de introducción de gas natural a Centroamérica.

#### **8.5.15 Establecer un esquema institucional de coordinación regional**

- Definir y formalizar un esquema institucional de coordinación de asuntos energéticos como parte del Sistema de Integración Centroamericana, que permita tener organizaciones regionales con mayor capacidad de respuesta, ante eventos de corto plazo y mayor fortaleza para crear e implantar políticas y acciones de mediano y largo plazo.

## IX Previsión de Evolución del Sector de Energías Renovables

El sector de energías renovables está experimentando una evolución en todo lo referente a lo energético, esto se debe a que la demanda de la energía aumenta cada año y su consumo se hace mayor. Es por esto que hoy en día se buscan alternativas para el desarrollo de nuevas energías, eficientes y sostenibles, cubriendo todas las necesidades y preservando el medio ambiente.

Las iniciativas que tiene al respecto América Latina y El Caribe para el desarrollo de las energías renovables fue presentado y aprobado en la Primera Reunión Extraordinaria del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe, celebrada en Johannesburgo en agosto del 2002. Entre sus objetivos está el de hacer viable un aumento de la participación de las fuentes de energías renovables en las matrices energéticas nacionales de la región a fin de alcanzar en el 2010 una participación mínima del 10% de las fuentes renovables de la Oferta Total de Energía Primaria (OTEP).

En la iniciativa se plantea "... exigir el cumplimiento por los países desarrollados del compromiso de destinar un 0.7% del PIB de los países industrializados a la asistencia oficial para el desarrollo;...promover la entrada en vigor del protocolo de Kyoto;...fortalecer o ajustar los sistemas de indicadores de sostenibilidad;...implementar el uso en la región de al menos un 10% de energía renovable del porcentaje total energético de la región para el 2010." (7)

En España se ha creado El Plan de Energías Renovables (PER) 2005-2010, en donde se compromete a cubrir con fuentes renovables el 12% del consumo total de energía en 2010 de ese país, objetivo que informa las políticas de fomento de las energías renovables en la Unión Europea desde la aprobación del Libro Blanco<sup>3</sup> en 1997, y que en España fue establecido por la Ley del Sector Electrico<sup>4</sup> y dio lugar al mencionado Plan de Fomento. Así mismo, este PER 2005-2010 incorpora los otros dos objetivos indicativos para el año 2010 —29,4% de generación eléctrica con renovables y 5,75% de biocarburantes en transporte— adoptados con posterioridad al anterior plan. (18)

Es necesario recordar en este sentido las ventajas medioambientales que ofrecen las energías renovables frente a los recursos fósiles: un mayor empleo de fuentes renovables reduce la contribución del sistema energético al efecto invernadero y minimiza, en general, las externalidades en los procesos de generación de energía eléctrica, que incluyen costes no imputados al precio del kilovatio hora. (18)

En definitiva, el Plan de Energías Renovables 2005-2010 se ha desarrollado para dar respuesta a los requerimientos de evaluación y revisión de la planificación existente en las diferentes áreas renovables a la luz de la evolución registrada durante los últimos años. Se persigue así reforzar un importante eslabón de la política energética y facilitar, al mismo tiempo, el cumplimiento de determinados compromisos medioambientales, en especial los asociados al Protocolo de Kyoto dado su favorable impacto en este ámbito. Todo ello, impulsando un tejido industrial de importancia estratégica para España, con indudables posibilidades de proyección exterior y que contribuirá eficazmente a la cohesión económica y social y a un desarrollo económico sostenible. **(18)**

## **9.1 Oportunidades de Aplicación de las Energías Renovables**

### **9.1.1 Energía Eólica**

Los movimientos de masas de aire en la atmósfera, son generados por diferencias en temperaturas debido al diferencial de calentamiento solar; lo que hace que la energía del viento sea una forma de energía solar. **(21)**

El aprovechamiento de la energía del viento o energía eólica, para la producción de electricidad es la tecnología de energía renovable que más ha crecido en la última década con porcentajes de crecimiento del 40% por año desde 1993. Actualmente, la capacidad instalada mundial es de 18,000 MW.

Las turbinas que hoy se utilizan para generar energía con el viento son muy confiables, con factores de disponibilidad de más del 98%. Esto significa que son operacionales durante más de ese porcentaje de tiempo en un año. Además, las turbinas solo requieren mantenimiento cada 6 meses.

Para la generación de electricidad se han construido parques eólicos los cuales consisten en varias turbinas en un mismo sitio, donde las turbinas y vías de acceso ocupan menos que 1% del terreno. El resto del terreno se puede utilizar para agricultura u otros usos.

La mayor desventaja de la energía eólica es la variabilidad del viento, tanto en la dirección como en la velocidad, con variaciones en un período de unos 10 minutos (llamado turbulencia), y variaciones diarias, mensuales y anuales. Este tiene un impacto en la calidad de la electricidad que se pueda producir con la energía eólica. Sin embargo, turbinas modernas son diseñadas específicamente para manejar estas variaciones y producir

electricidad de forma constante, con mecanismos que controlan el nivel de aprovechamiento de la energía en el viento.

En general en Centroamérica hay más viento en la época seca, lo que corresponde con un periodo de baja producción de electricidad por medio de las plantas hidroeléctricas. Eso significa que la energía eólica puede complementar la energía hidroeléctrica, generalmente en una forma más barata y más limpia que la generación térmica. Hasta la fecha los únicos proyectos eólicos conectados a la red que se han realizado en esta región se encuentran en Costa Rica, con una capacidad total instalada de 40 MW, todos en la zona de Tilarán. El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) está desarrollando el proyecto Tejona en la misma zona, con una capacidad de 20 MW. En todos los otros países centroamericanos se están desarrollando iniciativas para proyectos eólicos, con el fin de fortalecer la capacidad institucional en energía eólica en la región.

En la Unión Europea se elaboró el Plan de Fomento de las Energías Renovables el cual ha creado para España una evolución de 10 veces el aprovechamiento eólico a partir de 1998 donde ese año se finalizó con 834 MW eólicos en funcionamiento y para el 2004 se tuvieron 8155MW. También el tamaño medio de los parques se ha elevado, hasta unos 25 MW. En general, las maquinas eólicas han progresado en todos los aspectos técnicos (materiales y peso, control, disponibilidad, etc.) y en la actualidad se están desarrollando aerogeneradores de elevada potencia (por encima de los 2 MW) que permitirán optimizar el aprovechamiento de los emplazamientos, mejorar la calidad de la energía eléctrica vertida a la red con el objetivo de contribuir a la estabilidad del sistema y maximizar la potencia instalable. **(18)**

### **9.1.2 Energía solar**

A parte de la fotosíntesis para la energía biomásica, la energía solar se puede aprovechar convirtiéndola en energía térmica o en energía eléctrica. La energía térmica se genera a través de colectores solares para el calentamiento de aire en procesos de secado o calefacción, para el calentamiento de agua u otros líquidos en usos domésticos y procesos industriales o para la energización de aparatos termodinámicos. La energía eléctrica se genera a través de módulos fotovoltaicos, también llamadas paneles o plantas solares.

En términos físicos, la energía solar es la energía procedente del sol. En el contexto de las energías renovables, entendemos por energía solar la luz solar que incide en la tierra en sus componentes visibles e invisibles (infrarrojo y ultravioleta).



La intensidad del flujo energético solar que incide en la tierra depende de la latitud del sitio: mientras más cerca del ecuador, la luz incide de forma más perpendicular en la tierra, es decir con una intensidad más alta. Por otro lado, la intensidad varía según la época del año, el momento del día y las condiciones atmosféricas. La magnitud que describe la intensidad de la radiación solar, se conoce como radiancia o irradiancia y se mide en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ). En términos populares también se dice brillo solar.

Fuera de la atmósfera, la irradiancia tiene un valor que se admite actualmente como de  $1,354 W/m^2$  con variaciones de alrededor de  $50 W/m^2$  según varía la distancia entre la tierra y el sol. Cuando el cielo está completamente despejado, la irradiancia es de alrededor de  $1,000 W/m^2$ . Es decir que la cuarta parte de la energía procedente del sol es amortiguada por la atmósfera.

Cuando se habla de la energía solar, normalmente se refiere a la insolación, es decir a la radiación o irradiación solar. Físicamente, por radiación se entiende: a) el transporte de energía en forma de ondas electromagnéticas o; b) esa misma energía. En el contexto de los recursos energéticos renovables, el término *radiación* se usa para cuantificar la densidad superficial de energía solar incidente en una superficie plana. Por lo general, se entiende por radiación solar el promedio diario de la irradiancia que incide sobre una superficie plana de un metro cuadrado. La radiación se mide entonces en vatio-horas por metro cuadrado ( $Wh/m^2$ ). **(23)**

Para el diseño técnico de la mayoría de los sistemas solares, la radiación proporciona el dato más importante, porque representa la energía que se puede aprovechar. Este dato permite realizar un diseño básico del sistema. La irradiancia, en función de la hora del día, puede contribuir al entendimiento de las características dinámicas del sistema solar y permite afinar el diseño técnico. El término sistema solar se refiere a cualquier equipo o dispositivo para la conversión de energía solar en otra forma de energía aprovechable.

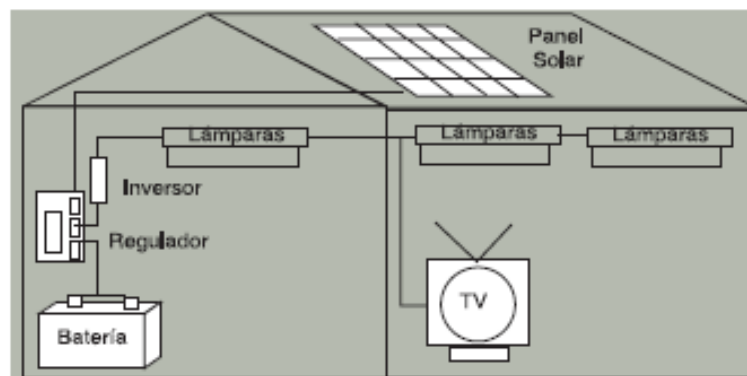
La radiación es aprovechable en sus componentes directa y difusa. La radiación directa es la que llega directamente del foco solar, sin reflexiones o refracciones intermedias. La radiación difusa RD es aquella que está presente en la atmósfera gracias a los múltiples fenómenos de reflexión y refracción solar de las nubes y otros elementos atmosféricos y terrestres. La radiación directa es direccional y puede reflejarse y concentrarse, mientras que la difusa no, pues es omni-direccional.

La radiación es la energía solar que incide en una placa plana de un metro cuadrado. Como la posición de la tierra con respecto al sol cambia constantemente, el ángulo de incidencia de la luz solar sobre la superficie cambia según la hora del día y según el día del año. Por eso, la orientación y la inclinación de la superficie determinan la cantidad de energía solar que recibe. **(23)**

#### 9.1.2.1 Energía solar fotovoltaica

Un sistema fotovoltaico, como lo muestra la figura 4.1, es un conjunto de equipos contruidos e integrados especialmente para realizar cuatro funciones fundamentales: Transformar directa y eficientemente la energía solar en energía eléctrica con un módulo o panel fotovoltaico, almacenar adecuadamente la energía eléctrica generada por medio de la batería, proveer adecuadamente la energía producida (el consumo) y almacenada a través del inversor y utilizar eficientemente la energía producida almacenada con las cargas de aplicación en el consumo. **(5)**

**Figura 9.1** Esquema simple de un sistema fotovoltaico



**(5)**

La transformación directa de la energía solar en energía eléctrica se realiza en un equipo llamado módulo o panel fotovoltaico. Los módulos o paneles solares son placas rectangulares formadas por un conjunto de celdas fotovoltaicas protegidas por un marco de vidrio y aluminio anodizado.

Una celda fotovoltaica es el componente que capta la energía contenida en la radiación solar y la transforma en una corriente eléctrica. Las celdas fotovoltaicas son hechas principalmente de un grupo de minerales semiconductores, de los cuales el silicio, es el más usado. El silicio se encuentra abundantemente en todo el mundo porque es un componente mineral de la arena. Sin embargo, tiene que ser de alta pureza para lograr el efecto

fotovoltaico, lo cual encarece el proceso de la producción de las celdas fotovoltaicas. Normalmente las celdas fotovoltaicas son color azul oscuro. La mayoría de los paneles fotovoltaicos consta de 36 celdas fotovoltaicas.

Todo el conjunto de celdas fotovoltaicas y sus conexiones internas se encuentra completamente aislado del exterior por medio de dos cubiertas, una frontal de vidrio de alta resistencia a los impactos y una posterior de plástico EVA (acetato de vinil etileno). El vidrio frontal es antirreflejante para optimizar la captación de los rayos solares. El marco de aluminio también tiene la función de facilitar la fijación adecuada de todo el conjunto a una estructura de soporte a través de orificios convenientemente ubicados. **(5)**

Existe en el mercado fotovoltaico una gran variedad de fabricantes y modelos de módulos solares. Según el tipo de material empleado para su fabricación, se clasifican en:

- Módulos de silicio monocristalino: son los más utilizados debido a su gran confiabilidad y duración, aunque su precio es ligeramente mayor que los otros tipos.
- Módulos de silicio policristalino: son ligeramente más baratos que los módulos de silicio monocristalino, aunque su eficiencia es menor.
- Módulos de silicio amorfo: tienen menor eficiencia que los 2 anteriores, pero un precio mucho menor. Además son delgados y ligeros, hechos en forma flexible, por lo que se pueden instalar como parte integral de un techo o pared.

La capacidad energética nominal de los módulos fotovoltaicos se indica en vatios-pico (Wp), lo cual indica la capacidad de generar electricidad en condiciones óptimas de operación. La capacidad real de un módulo fotovoltaico difiere considerablemente de su capacidad nominal, debido a que bajo condiciones reales de operación la cantidad de radiación que incide sobre las celdas es menor que bajo condiciones óptimas. Por ejemplo, un módulo de 55 Wp es capaz de producir 55 W más o menos un 10 % de tolerancia cuando recibe una radiación solar de 1.000 vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ) y sus celdas poseen una temperatura de 25 °C. En condiciones reales, este mismo módulo produciría una potencia mucho menor que 55 W.

En el mercado, se pueden encontrar módulos fotovoltaicos de baja potencia, desde 5 Wp; de potencia media, por ejemplo 55 Wp; y de alta potencia, hasta 160 Wp. En aplicaciones de electrificación rural suelen utilizarse paneles fotovoltaicos con capacidades comprendidas entre los 50 y 100 Wp.

La vida útil de un panel fotovoltaico (figura 9.2) puede llegar hasta 30 años, y los fabricantes generalmente otorgan garantías de 20 o más años. El mantenimiento del panel solamente consiste de una limpieza del vidrio para prevenir que las celdas fotovoltaicas no puedan capturar la radiación solar. (5)

**Figura 9.2** Conjunto de paneles fotovoltaicos típico y su estructura metálica de soporte.



Otros de los componentes importantes de los sistemas fotovoltaicos son las baterías (figura 9.3). Estas son las que almacenan la energía eléctrica durante la radiación y utilizarla cuando se necesite. Las funciones principales de las baterías de sistemas fotovoltaicos son, como ya se dijo, el almacenaje de energía eléctrica en periodos de abundante radiación solar y/o bajo consumo de energía eléctrica; proveer la energía eléctrica necesaria en periodos de baja o nula radiación solar y Proveen un suministro de energía eléctrica estable y adecuado para la utilización de aparatos eléctricos.

**Figura 9.3** Batería para sistemas fotovoltaicos



La capacidad de la batería se mide en “amperio-hora (Ah)”, una medida comparativa de la capacidad de una batería para producir corriente. Dado que la cantidad de energía que una batería puede entregar depende de la razón de descarga de la misma, los Ah deben ser especificados para una tasa de descarga en particular. La capacidad de las baterías fotovoltaicas en Ah se especifica frecuentemente a una tasa de descarga de 100 horas (C-100).

Generalmente, la vida útil de una batería de ciclo profundo es entre 3 y 5 años, pero esto depende en buena medida del mantenimiento y de los ciclos de carga/descarga a los que fue sometida. La vida útil de una batería llega a su fin cuando esta "muere súbitamente" debido a un cortocircuito entre placas o bien cuando ésta pierde su capacidad de almacenar energía debido a la pérdida de material activo de las placas.

Debido a que el buen estado de la batería es fundamental para el funcionamiento correcto de todo el sistema y a que el costo de la batería puede representar hasta un 15-30 % del costo total, es necesario disponer de un elemento adicional que proteja la batería de procesos inadecuados de carga y descarga, conocido como regulador o controlador de carga (figura 9.4). Este es un dispositivo electrónico, que controla tanto el flujo de la corriente de carga proveniente de los módulos hacia la batería, como el flujo de la corriente de descarga que va desde la batería hacia las lámparas y demás aparatos que utilizan electricidad. Si la batería ya está cargada, el regulador interrumpe el paso de corriente de los módulos hacia ésta y si ella ha alcanzado su nivel máximo de descarga, el regulador interrumpe el paso de corriente desde la batería hacia las lámparas y demás cargas.

**Figura 9.4** Típico regulador de carga fotovoltaico con sus respectivos bornes de conexión para el módulo, para la batería y para las cargas.



(5)

También se debe de tomar en cuenta el tipo de energía según el comportamiento de los valores del voltaje y corriente con lo que se suministra esa energía. Para eso es necesario el inversor, ya que con este se tiene un efectivo valor de voltaje que no fluctúa y por consiguiente no daña los aparatos eléctricos conectados.

Los módulos fotovoltaicos proveen corriente directa a 12 ó 24 Voltios por lo que se requiere del inversor para que transforme, a través de dispositivos electrónicos, la corriente directa a 12 V de la batería en corriente alterna a 120 V (para América Central. Según región este voltaje puede variar).

Un sistema fotovoltaico también incluye las cargas o aparatos eléctricos que se van a utilizar y que consumen la corriente generada o almacenada. Los ejemplos más comunes son lámparas, radios, televisores y teléfonos celulares para uso doméstico; y bombas y motores, para usos productivos.

La selección de estas cargas es tan importante como la del resto de equipos fotovoltaicos; por ello, hay dos aspectos por considerar cuando se utilizan aparatos que se energizarán a través de un sistema fotovoltaico:

- El consumo diario de energía del conjunto de aparatos eléctricos no debe sobrepasar la cantidad de energía diaria producida por el sistema fotovoltaico.
- La necesidad de utilizar aparatos con cierto voltaje determina la instalación o no de un inversor.

#### **9.1.2.1.1 Aplicaciones de los sistemas fotovoltaicos**

En América Central los sistemas fotovoltaicos se utilizan principalmente para proveer energía a lámparas, radios, reproductoras de cintas, pequeños televisores, teléfonos celulares, bombas de agua, purificadores de agua, refrigeradores de vacunas y equipos profesionales de radiocomunicación.

Dependiendo de su aplicación y de la cantidad y tipo de energía producida, los sistemas fotovoltaicos se pueden clasificar en las siguientes categorías:

- Lámparas portátiles.
- Sistemas individuales de Corriente Directa (CD) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas individuales de Corriente Alterna (CA) para aplicaciones domésticas.
- Sistemas centralizados aislados de la red.
- Sistemas centralizados conectados a la red.

#### **9.1.2.2 Energía Solar Térmica**

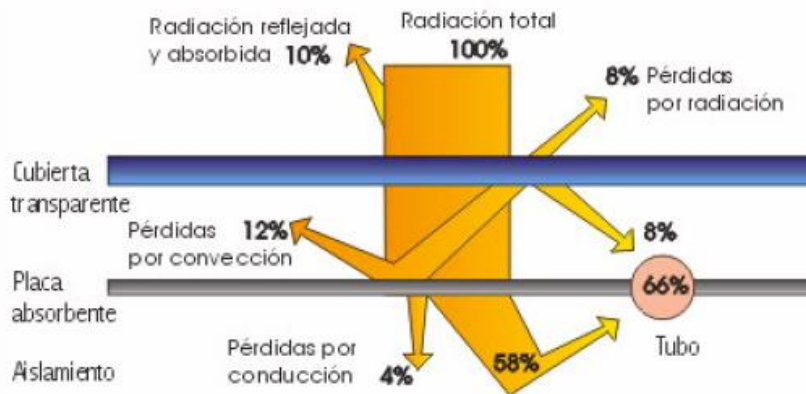
La energía solar térmica denominada de baja temperatura es el aprovechamiento de la energía solar activa para producir calor. Para esto se emplean colectores térmicos en los que el fluido (generalmente un líquido) recoge el calor que los rayos de sol producen en el colector como se muestra en la figura 9.5. Tiene su principal aplicación en el agua caliente sanitaria (ACS).

**Figura 9.5** Proceso de producción de agua caliente a partir de la energía solar



Estos sistemas se caracterizan por emplear, como elemento receptor de energía, el colector o panel solar plano. Están basados siempre en el mismo principio denominado “efecto invernadero”, que consiste en captar en su interior la energía solar, transformándola en energía térmica, e impidiendo su salida al exterior, como la muestra la figura 4.6.

**Figura 9.6** Distribución aproximada de la radiación de un receptor plano.



(24)

#### **9.1.2.2.1 Aplicaciones de la energía solar térmica**

Las principales aplicaciones que se observan de la energía solar térmica a baja temperatura son:

- Agua caliente y precalentamiento de agua de proceso: aplicación más habitual y rentable con gran diferencia, dado que utilizando instalaciones simples se obtienen rangos de temperaturas próximos a los de uso durante los doce meses del año.
- Calefacción: aplicación con la desventaja de que las épocas de demanda de este servicio coinciden con las de menor radiación solar. En esta aplicación la elección del tipo de captador (en función de la curva de rendimiento) dependerá de la temperatura de uso del sistema de transferencia de calor (suelo radiante, elementos radiantes...).
- Refrigeración: El uso de la energía solar térmica para la producción de frío, acoplando una maquina de absorción a la instalación, constituye una aplicación en demostración y constituirá un reto para los próximos años al ampliar el uso de la energía solar. Las épocas de demanda de servicio coinciden con las de mayor radiación solar.
  
- Climatización de piscinas: Bien sea como complemento de aporte en piscinas cubiertas o para alargar la temporada de baño en las descubiertas, constituye una aplicación barata y rentable al poder utilizar una amplia gama de captadores y trabajar a temperaturas de uso relativamente bajas. **(18)**

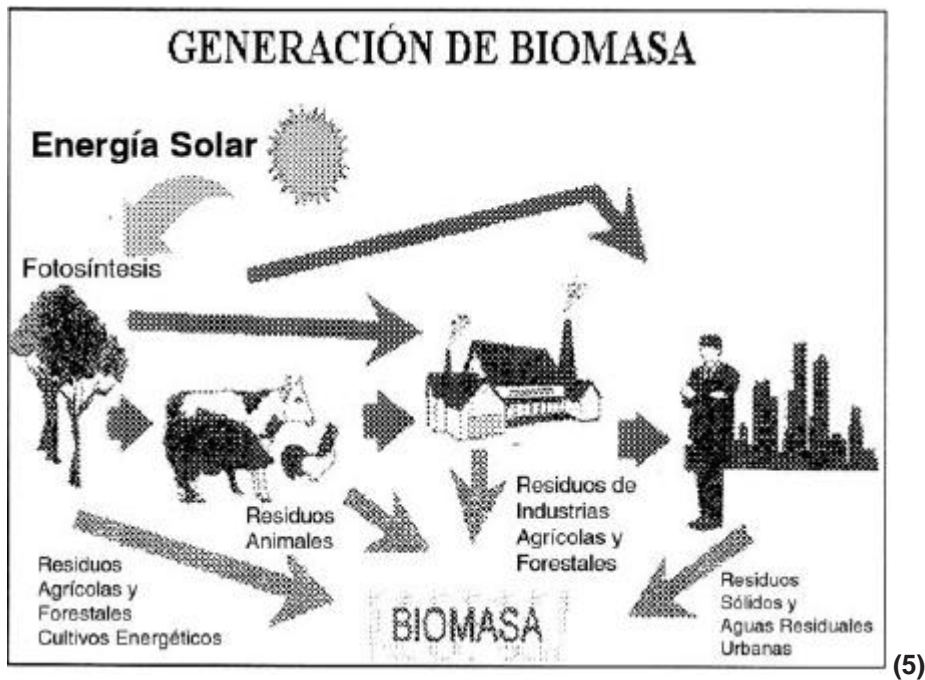
Se puede concluir que la actual situación tecnológica permite al ciudadano generar fácilmente y con garantías una fracción sustancial de sus necesidades energéticas, principalmente las de agua caliente, y contribuir así a mejorar el medio ambiente, al tiempo que se satisfacen otros objetivos en términos de generación de empleo y reducción de la dependencia energética.

#### **9.1.3 Energía por Biomasa**

El término biomasa se refiere a toda la materia orgánica que proviene de árboles, plantas y desechos de animales que pueden ser convertidos en energía; o las provenientes de la agricultura (residuos de maíz, café, arroz, macadamia, caña de azúcar), del aserradero (podas, ramas, aserrín, cortezas) y de los residuos urbanos (aguas negras, basura orgánica y otros). Esta es la fuente de energía renovable más antigua conocida por el ser humano, pues ha sido usada desde que nuestros ancestros descubrieron el secreto del fuego. **(5)** En la figura 9.7 se observa la generación de la biomasa.



Figura 9.7 Generación de la Biomasa



Los avances tecnológicos han permitido el desarrollo de procesos más eficientes y limpios para la conversión de biomasa en energía; transformándola, por ejemplo, en combustibles líquidos o gaseosos, los cuáles son más convenientes y eficientes. Así aparte de la combustión directa, se pueden distinguir otros dos tipos de procesos: el termo-químico y el bio-químico. Las fuentes más importantes de biomasa son los campos forestales y agrícolas pues en ellos se producen residuos (rastros) que normalmente son dejados en el campo al consumirse sólo un bajo porcentaje de ellos con fines energéticos. En la agroindustria, los procesos de secado de granos generan subproductos que son usados para generación de calor en sistemas de combustión directa; tal es el caso del bagazo de caña de azúcar, la cascarilla de café y la de arroz. Por otro lado, los centros urbanos generan grandes cantidades de basura compuestas en gran parte, por materia orgánica que puede ser convertida en energía, después de procesarla adecuadamente.

Actualmente, los procesos modernos de conversión solamente suplen 3% del consumo de energía primaria en países industrializados. Sin embargo, gran parte de la población rural en los países subdesarrollados que representa cerca del 50% de la población mundial, aún depende de la biomasa tradicional, principalmente de leña, como fuente de energía primaria. Esta suple, aproximadamente, 35% del consumo de energía primaria en países subdesarrollados y alcanza un 14% del total de la energía consumida en el nivel mundial.

(5)

Para la eficiente producción y sostenibilidad de este recurso energético se han creado lo que se ha denominado “plantaciones energéticas”. Estas son grandes plantaciones de árboles o plantas cultivadas con el fin específico de producir energía. Para ello se seleccionan árboles o plantas de crecimiento rápido y bajo mantenimiento, las cuales usualmente se cultivan en tierras de bajo valor productivo. Su período de cosecha varía entre los tres y los diez años.

Existen también muchos cultivos agrícolas que pueden ser utilizados para la generación de energía: caña de azúcar, maíz, sorgo y trigo. Igualmente, se pueden usar plantas oleaginosas como palma de aceite, girasol o soya y algunas plantas acuáticas como jacinto de agua o las algas, para producir combustibles líquidos como el etanol y el biodiesel. **(5)**

#### **9.1.3.1 Residuos forestales**

Los residuos de procesos forestales son una importante fuente de biomasa que actualmente es poco explotada de forma sostenible en el área centroamericana. La pérdida de la superficie boscosa es un problema grave de ésta área. En el período de 1990-2000, los países centroamericanos registraron una tasa promedio anual de 1.6%. Entre las principales causas de la deforestación está, la extracción de madera, el avance de la frontera agrícola, actividades pecuarias, la creciente urbanización, los desastres naturales y la utilización no racional de la leña.

#### **9.1.3.2 Residuos agrícolas**

Las granjas producen un elevado volumen de “residuos húmedos” en forma de estiércol de animales. La forma común de tratar estos residuos es esparciéndolos en los campos de cultivo, con el doble interés de disponer de ellos y obtener beneficio de su valor nutritivo. Esta práctica puede provocar una sobrefertilización de los suelos y la contaminación de las cuencas hidrográficas. Por lo que se han empezado a implementar otras alternativas del aprovechamiento de estos residuos, como lo es la producción energética.

#### **9.1.3.3 Residuos industriales**

La industria alimenticia genera una gran cantidad de residuos y subproductos, que pueden ser usados como fuentes de energía, los provenientes de todo tipo de carnes (avícola, vacuna, porcina) y vegetales (cáscaras, pulpa) cuyo tratamiento como desechos representan un costo considerable para la industria. Estos residuos son sólidos y líquidos con un alto contenido de azúcares y carbohidratos, los cuales pueden ser convertidos en combustibles gaseosos. **(5)**

#### 9.1.3.4 Residuos urbanos

Los centros urbanos generan una gran cantidad de biomasa en muchas formas, por ejemplo: residuos alimenticios, papel, cartón, madera y aguas negras. La mayoría de los países centroamericanos carecen de adecuados sistemas para su procesamiento, lo cual genera grandes problemas de contaminación de suelos y cuencas; sobre todo por la inadecuada disposición de la basura y por sistemas de recolección y tratamiento con costos elevados de operación. Por otro lado, la basura orgánica en descomposición produce compuestos volátiles (metano, dióxido de carbono, entre otros) que contribuyen a aumentar el efecto invernadero. Estos compuestos tienen un considerable valor energético que puede ser utilizado para la generación de energía “limpia”. (5)

En la tabla 9.1 se muestran los estados típicos en que se encuentra la biomasa.

**Tabla 9.1** Estados típicos de la biomasa

Recursos de biomasa	Tipo de Residuo	Características físicas
Residuos Forestales	Restos de aserrío: corteza, aserrín, astillas. Restos de ebanistería: aserrín, trozos, astillas. Restos de plantaciones: ramas, corteza, raíces	Polvo, sólido, HR <sup>2</sup> >50% Polvo sólido, HR 30 – 45% Sólido, HR > 55%
Residuos agropecuarios	Cáscara y pulpa de frutas y vegetales, Cáscara y polvo de granos secos (arroz, café) Estiércol Residuos de cosechas: tallos y hojas, cáscaras, maleza, pastura	Sólido, alto contenido humedad Polvo, HR < 25% Sólido, alto contenido humedad Sólido, HR >55%
Residuos industriales	Pulpa y cáscara de frutas y vegetales. Residuos de procesamiento de carnes Aguas de lavado y precocido de carnes y vegetales. Grasas y aceites vegetales	Sólido, humedad moderada Sólido, alto contenido humedad Líquido Líquido, grasoso
Residuos urbanos	Aguas negras. Desechos domésticos orgánicos (cáscaras de vegetales Basura orgánica (madera)	Líquido Sólido, alto contenido humedad Sólido, alto contenido humedad

(5)

#### **9.1.3.5 Combustibles líquidos**

La producción de biocombustibles como el etanol y el biodiesel tiene el potencial para reemplazar cantidades significativas de combustibles fósiles en muchas aplicaciones de transporte. El uso extensivo de etanol en Brasil ha demostrado, durante más de 20 años, que los biocombustibles son técnicamente factibles a gran escala. En los Estados Unidos y Europa su producción está incrementándose y se están comercializando mezclados con derivados del petróleo. Por ejemplo, la mezcla denominada E20, constituida 20% de etanol y 80% de petróleo, resulta aplicable en la mayoría de motores de ignición.

Actualmente, este tipo de combustible es subsidiado por los gobiernos, pero, en el futuro, con el incremento en los cultivos energéticos y las economías de escala, la reducción de costos puede hacer competitiva su producción.

*Combustibles alcohólicos:* de la biomasa se pueden producir combustibles líquidos como etanol y metanol. El primero se produce por medio de la fermentación de azúcares y, el segundo por la destilación destructiva de madera. Esta tecnología se ha utilizado durante siglos para la producción de licores y, más recientemente, para generar sustitutos de combustibles fósiles para transporte, particularmente en Brasil. Estos combustibles se pueden utilizar en forma pura o mezclados con otros, para transporte o para la propulsión de máquinas. **(5)**

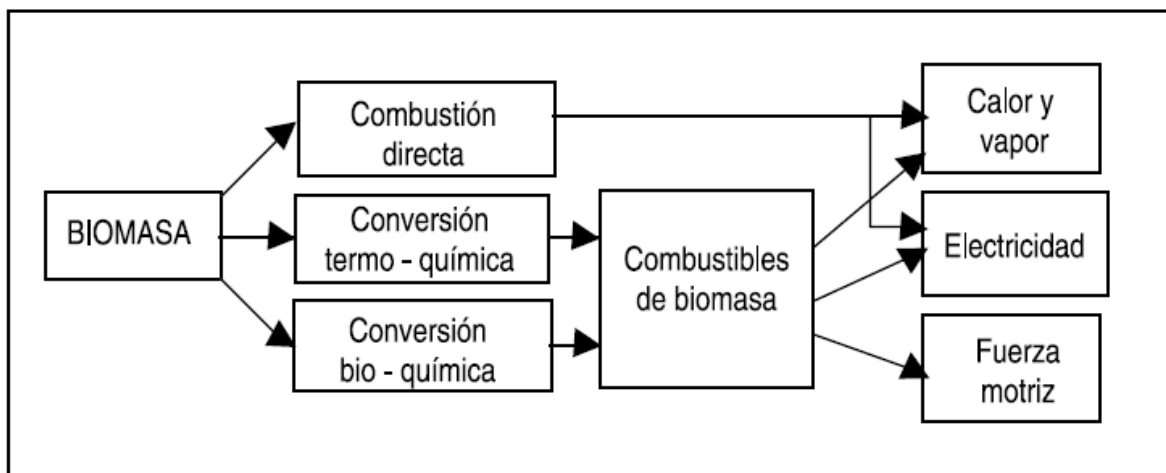
*Biodiesel:* a diferencia del etanol, que es un alcohol, el biodiesel se compone de ácidos grasos y ésteres alcalinos, obtenidos de aceites vegetales, grasa animal y grasas recicladas. A partir de un proceso llamado “transesterificación”, los aceites derivados orgánicamente se combinan con alcohol (etanol o metanol) y se alteran químicamente para formar ésteres grasos como el etilo o metilo éster. Estos pueden ser mezclados con diesel o usados directamente como combustibles en motores comunes. El biodiesel es utilizado, típicamente, como aditivo del diesel en proporción del 20%, aunque otras cantidades también sirven, dependiendo del costo del combustible base y de los beneficios esperados. Su gran ventaja es reducir considerablemente las emisiones, el humo negro y el olor. **(5)**

### 9.1.3.6 Co-generación (calor y electricidad)

La co-generación se refiere a la producción simultánea de vapor y electricidad, la cual se aplicaría en muchos procesos industriales que requieren las dos formas de energía. En América Central este proceso es muy común en los ingenios de azúcar, los cuales aprovechan los desechos del proceso, principalmente el bagazo. Por la alta cantidad de bagazo disponible, tradicionalmente, la co-generación se realiza en una forma bastante ineficiente. Sin embargo, en los últimos años ha existido la tendencia a mejorar el proceso para generar más electricidad y vender el excedente a la red eléctrica. (5)

En la figura 9.8 se muestran los procesos de conversión de energía para la biomasa.

**Figura 9.8** Procesos de conversión y formas de energía



(5)

### 9.1.3.7 Aplicaciones de la energía de la biomasa

En América Central muchas familias utilizan leña u otras formas de biomasa para cocinar, particularmente en zonas rurales. Sus fuentes son los árboles alrededor de las viviendas, los campos agrícolas y los bosques. Además, en algunos lugares existe un mercado comercial, aunque informal, de leña, que constituye una fuente importante de ingresos para familias rurales.

Las estufas usadas para la cocción pueden ser fijas o portátiles y, a veces, tienen una chimenea. Algunas familias hacen su propia estufa de materiales locales; otras buscan el servicio de un artesano, o la compran en el mercado. Generalmente, estas son simples y son de baja eficiencia. Además, emiten cantidades considerables de gases tóxicos que tienen un impacto en la salud del núcleo familiar.

Los procesos domésticos han sido muy ineficientes, pues han presentado pérdidas normales de energía entre 30% y 90% de la energía. Aunque los usuarios tratan de mejorar las estufas, por lo general carecen de los recursos financieros y técnicos para hacerlo considerablemente. La baja calidad de estos aparatos produce emisiones de gases tóxicos como monóxido de carbono (CO), metano (CH<sub>4</sub>) y otros productos de la combustión incompleta. Estos causan problemas de salud como dolores de cabeza, enfermedades respiratorias, afectan los ojos de las mujeres embarazadas, etc. Las más afectadas son las mujeres y los niños, los cuales están expuestos a los gases durante varias horas al día. Frecuentemente, los usuarios no son concientes de ello y de la necesidad de buena ventilación; tampoco relacionan el humo como una causa de sus problemas de salud. **(5)**

Las aplicaciones industriales más importantes son:

- Generación de calor: Particularmente en zonas rurales, varias industrias utilizan fuentes de biomasa para generar el calor requerido para procesos como el secado de productos agrícolas (café) y la producción de cal y ladrillos. En las pequeñas industrias, los procesos energéticos muchas veces son ineficientes debido a la baja calidad de los equipos y a procedimientos inadecuados de operación y mantenimiento.
- Co-generación: Esta aplicación se refiere a la generación simultánea de calor y electricidad, lo cual resulta considerablemente más eficiente que los dos sistemas separados. Se utiliza con frecuencia en industrias que requieren de las dos formas de energía, como el procesamiento de café y azúcar. Su configuración depende de cuál es la forma de energía más importante; a veces se utilizan el calor y la electricidad en el proceso de la planta industrial y se vende el excedente a otros usuarios o a la red eléctrica.
- Generación eléctrica: En varios países industrializados se utiliza la biomasa, a gran escala, para la red eléctrica interconectada. También se usa en combinación con otras fuentes convencionales como el carbón mineral.

- Hornos industriales: Los hornos de combustión directa están ampliamente difundidos en todas las operaciones agroindustriales de América Central. Básicamente consisten en una cámara de combustión en la que se quema la biomasa (leña, cascarilla de arroz o café, bagazo, cáscara de macadamia o coco, etc.), para luego usar el calor liberado en forma directa o indirecta (intercambiador de calor) en el secado de granos, madera o productos agrícolas.
- Calderas: Las calderas que operan con base en la combustión de biomasa (leña, aserrín, cascarilla de café, arroz, etc.) se usan en el secado de granos, madera y otros. Estos equipos están dotados de una cámara de combustión en su parte inferior (en el caso de las calderas a leña) en la que se quema el combustible; los gases de la combustión pasan a través del intercambiador de calor, transfiriéndolo al agua. En algunas calderas se usan inyectores especiales para alimentar biomasa en forma de polvo (aserrín, cáscara de grano, etc.), a veces, junto a algún otro tipo de combustible líquido (por ejemplo, búnker). **(5)**

#### **9.1.4 Energía Geotérmica**

La energía geotérmica sale de la tierra de manera constante, hora tras hora y año tras año. Cuando la sequía reduce la generación de electricidad por centrales hidroeléctricas, las plantas geotérmicas no son afectadas.

Además, las plantas geotermoelectricas están disponibles para funcionar una mayor parte del tiempo comparadas con plantas que utilizan combustible, porque las plantas geotérmicas requieren de menos interrupciones para el mantenimiento.

"El desarrollo de la energía geotérmica tiene un impacto mínimo sobre el medio ambiente comparado con el desarrollo de las fuentes de energía convencional", según la Administración de Información de Energía (EIA) del gobierno de los EEUU en la publicación Renewable Energy Annual 1996.

A diferencia del combustible fósil, los recursos geotérmicos se renuevan naturalmente. El calor que se extrae del subsuelo es reemplazado por el calor que fluye constantemente de las profundidades de la tierra. El agua o vapor extraído por las instalaciones geotérmicas se reabastece con las aguas meteóricas que se filtran en el subsuelo. Cuando se inyecta artificialmente fluidos geotérmicos residuales o aguas superficiales, se acelera el proceso de reabastecimiento del líquido profundo, aumentando así la vida de la planta geotérmica.

Las instalaciones geotérmicas bien administradas tienen vidas productivas de algunas décadas o más. El sistema lleva más de un siglo de funcionamiento.

#### **9.1.4.1 Aplicaciones de la energía geotérmica**

- Generación de electricidad
- Calefacción de edificios, casas, e invernaderos
- Secado de frutas, verduras, granos, cacao, forrajes, madera, y otros cultivos
- Acuicultura
- Pasteurización
- Mayor extracción de petróleo
- Minería
- Otros procesos industriales
- Lavandería

#### **9.1.5 Energía hidroeléctrica**

La energía hidráulica tiene su origen en el "ciclo del agua", generado por el Sol, al evaporar las aguas de los mares, lagos, etc. Esta agua cae en forma de lluvias y nieves sobre la tierra y escurre hasta el mar, donde el ciclo se reinicia.

El aprovechamiento de la energía potencial acumulada en el agua para generar electricidad es una forma clásica de obtener energía. Alrededor del 20% de la electricidad usada en el mundo procede de esta fuente.

La energía hidroeléctrica que se puede obtener en una zona depende de los cauces de agua y desniveles que tenga, y existe, por tanto, una cantidad máxima de energía que podemos obtener por este procedimiento. Se calcula que si se explotara toda la energía hidroeléctrica que el mundo entero puede dar, sólo se cubriría el 15% de la energía total que consumimos. En realidad se está utilizando alrededor del 20% de este potencial, aunque en España y en general en los países desarrollados, el porcentaje de explotación llega a ser de más del 50%.

#### **Ventajas**

- La fuente de energía es gratis (caída del agua),
- Los costos de operación y mantenimiento de las obras son relativamente bajos,
- La tecnología necesaria está bien desarrollada,
- Se puede operar automáticamente desde grandes distancias,



- La energía neta disponible es elevada,
- El impacto ambiental relativo, es decir la comparación con otras fuentes como los combustibles fósiles, es bajo en el aire y moderado en el agua. De todas maneras, mientras más grande es el proyecto hidroeléctrico más significativos son los efectos sobre el medio ambiente. Por eso en la actualidad existe una tendencia mundial a no realizar proyectos inmensos.

#### Desventajas

- Sólo disponible en lugares específicos,
- Los diques tienden a llenarse con sedimentos,
- El lago destruye el ecosistema del área inundada y afecta significativamente los de agua abajo,
- No sirve para automóviles, excepto a través de la electricidad.

## **9.2 Propuesta de aplicaciones futuras para la integración de los Recursos Renovables**

A nivel centroamericano las energías renovables están tomando importancia y cada vez hay más iniciativas para la implementación y la integración de las mismas en toda la región. En la tabla 4.2 se muestran las principales iniciativas e instituciones subregionales relacionadas con las energías renovables.

**Tabla 9.2** Principales iniciativas e instituciones subregionales relacionadas con las fuentes de energía renovables

Iniciativas e instituciones	Descripción
Comisión Centroamericana de Ambiente y Desarrollo (CCAD)	Constituida durante la Cumbre Presidencial realizada en Costa Rica en febrero de 1989, entró en vigencia a partir del 14 de junio de 1990. La CCAD busca establecer un régimen de cooperación "... para la utilización óptima y racional de los recursos naturales del área, el control de la contaminación y el restablecimiento del equilibrio ecológico, para garantizar una mejor calidad de vida a la población del istmo centroamericano"
Consejo de Electrificación de América Central (CEAC)	Creado en 1985. Es un organismo regional de cooperación, coordinación e integración, cuya finalidad principal es lograr el mejor aprovechamiento de los recursos energéticos de los estados miembros, por medio de una eficiente, racional, y apropiada generación, transmisión y distribución de la energía eléctrica de los países del Istmo Centroamericano. Sus objetivos incluyen: promover acuerdos bilaterales o multilaterales para interconexiones, y contribuir en los análisis de factibilidad técnica y económica de proyectos de producción, poniendo énfasis en proyectos cuyo aprovechamiento corresponda a dos o más países.
Alianza para el Desarrollo Sostenible de Centroamérica (ALIDES)	Acordada durante la Cumbre Presidencial de octubre de 1994. Es una iniciativa que integra los ámbitos político, moral, económico, social y ecológico. Crea el Consejo Centroamericano para el Desarrollo Sostenible, integrado por los Presidentes de Centroamérica y el Primer Ministro de Belice y que funciona como otro organismo dentro del SICA. Se fundamenta en el desarrollo sostenible, el cual ha sido descrito como el "... proceso de cambio progresivo en la calidad de vida del ser humano, que lo coloca como centro y sujeto primordial del desarrollo, por medio del crecimiento económico con equidad social y la transformación de los métodos de producción y de los patrones de consumo, y que se sustenta en el equilibrio ecológico y el soporte vital de la región. Este proceso implica el respeto a la diversidad étnica y cultural regional, nacional y local, así como el fortalecimiento y la plena participación ciudadana, en convivencia pacífica y en armonía con la naturaleza, sin comprometer y garantizando la calidad de vida de las generaciones futuras." En cuanto a los objetivos ambientales específicos de la ALIDES se encuentran el manejo adecuado de las cuencas hidrográficas para garantizar los diversos usos de los recursos hídricos en términos de calidad y cantidad.
Plan Ambiental de la Región Centroamericana (PARCA)	El PARCA fue aprobado en 1994. Su objetivo es lograr una mayor integración regional en torno a las políticas ambientales y su gestión. Este Plan abarca cuatro áreas estratégicas en el mediano y el largo plazo: bosques y biodiversidad, agua, producción limpia y gestión ambiental, considerando tanto los ámbitos extraregional como intraregional.
CONCAUSA	Declaración conjunta de los países centroamericanos y el gobierno de los Estados Unidos de América, firmada durante la Cumbre de las Américas (1994). Su principal objetivo es el compromiso de fortalecer la capacidad en Centroamérica para prevenir y manejar los desastres naturales, así como para adaptarse a los impactos del cambio climático. Incluye un plan de acción a través de matrices, con varios puntos de interés para los países firmantes, como el fortalecimiento de la distribución y generación de energía, utilizando fuentes renovables en el área.
Compromisos de Johannesburgo	En 2002, durante la Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible realizada en Johannesburgo, el Ministro del Ambiente y Energía de Costa Rica, como presidente de la CCAD, presentó el compromiso ambiental de América Central para impulsar los principios y acuerdos de dicha cumbre en seis áreas clave: agua y sanidad, biodiversidad, energía, salud, agricultura y políticas generales de desarrollo sostenible. En el apartado de energía, los países centroamericanos se comprometieron a "impulsar la diversificación de la oferta energética y a fomentar la eficiencia energética, evaluando el potencial de fuentes convencionales y mejorando la participación de fuentes renovables; establecer sinergias a largo plazo entre las políticas energéticas y ambientales de Centroamérica para lograr una mayor eficiencia; reducir las emisiones de gases efecto invernadero; y promover el uso de tecnologías limpias".
Plan Puebla – Panamá (PPP)	Plan impulsado por los ocho gobiernos de la región mesoamericana con el objetivo de potenciar la riqueza humana y ecológica de la región, dentro de un marco de desarrollo sostenible que respete la diversidad cultural y étnica. Se plantea una estrategia integral para la región que ampara un conjunto de iniciativas y proyectos mesoamericanos. Entre estos, cabe mencionar la iniciativa para la interconexión energética, cuyo propósito es unificar e interconectar los mercados eléctricos con miras a promover un aumento de las inversiones en el sector y una reducción del precio de la electricidad. En junio de 2002, los ocho países firmaron un Memorando de Entendimiento para la coordinación de la Iniciativa Mesoamericana de Desarrollo Sostenible, cuyo objetivo es asegurar que todos los proyectos, programas e iniciativas incorporen una adecuada gestión ambiental y promuevan la conservación y el manejo sustentable de los recursos naturales. Durante la VI Cumbre del Mecanismo de Tuxtla (Managua, Nicaragua, 12 de marzo de 2003), los Presidentes instruyeron a los Comisionados del Plan Puebla-Panamá (PPP) a promover la implementación de programas de electrificación rural y el uso de las energías renovables y los biocombustibles.

(7)

### Energía Eólica

Las cifras existentes del potencial aprovechable de la energía eólica son preliminares. Por una parte la mayoría de los países cuentan solamente con mediciones y mapas que muestran los lugares donde se encuentran las mayores velocidades de viento, durante las estaciones y meses del año.

En Costa Rica se ha logrado determinar un potencial eólico total de 600 MW, y un potencial inexplorado de 538 MW, lo que implicaría una producción de energía de unos 1650 GWh/año.

Con la información disponible y los datos proporcionados por el proyecto SWERA, los inversionistas privados han solicitado licencias y realizan mediciones de vientos en algunos lugares que presentan mejores condiciones para la interconexión de las redes eléctricas. (7)

## Energía Solar

No se cuentan con datos o estadísticas confiables del uso de la energía solar en cada país centroamericano. Sin embargo, se sabe que las instalaciones existentes (paneles solares y colectores solares) representan un porcentaje muy bajo del potencial aprovechable de dicha energía, por lo que se podría decir que el potencial solar no explotado es del 100%. En consecuencia a esto, el desarrollo de proyectos es más factible y cada vez más necesario en países con menores índices de cobertura eléctrica, con población en el área rural y mayor rezago social.

Las aplicaciones actuales de esta energía han sido más de forma piloto, cabe mencionar que en Costa Rica, existen alrededor de 1000 sistemas fotovoltaicos que han sido instalados por el Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) en hogares y comunidades rurales aisladas, y se espera instalar más de 2 000 sistemas para el año 2008. En Guatemala existen alrededor de 18 000 sistemas fotovoltaicos instalados en comunidades rurales no electrificadas y en zonas urbanas y semi-urbanas, de los cuales aproximadamente el 20% fueron instalados por el Ministerio de Energía y Minas (MEM), y el 80% restante por empresas privadas y organizaciones no gubernamentales.

En Nicaragua, en el marco del Proyecto de Electrificación Rural de Zonas Aisladas (PERZA), se contempla la instalación de paneles para alrededor de 800 familias en varias comunidades, principalmente de la región del Atlántico. **(7)**

## Energía geotérmica

En la tabla 9.3 se resume el potencial geotérmico de los países de la región centroamericana, el potencial instalado y el potencial por aprovechar. Se observa que Guatemala cuenta con un potencial total de 800 MW, de estos el potencial instalado es de 33 MW, por lo que el potencial por desarrollar es de 767 MW.

**Tabla 9.3** Potencial del recurso geotérmico en Centroamérica

	POTENCIAL TOTAL		POTENCIAL POR DESARROLLAR		POTENCIAL INSTALADO	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Centroamérica	2,528	15,704	2,112	13,027	416	2,677
Costa Rica	235	1,647	90	633	145	1,014
El Salvador	333	2,039	171	1,050	161	988
Guatemala	800	4,906	767	4,703	33	202
Honduras	120	736	120	736	0	0
Nicaragua	1,000	6,132	923	5,660	77	472
Panamá	40	245	40	245	0	0

Energía hidroeléctrica

Los países de la región centroamericana poseen un potencial hidroeléctrico muy significativo, el mayor potencial lo tiene Guatemala con un potencial de 10 890 MW, en los cuales actualmente sólo se aprovechan 558 MW, por lo tanto el potencial aprovechable es de 10 332 MW, como lo muestra la tabla 9.4.

**Tabla 9.4** Potencial del Recurso hidroeléctrico en Centroamérica

	POTENCIAL TOTAL		POTENCIAL POR DESARROLLAR		POTENCIAL INSTALADO	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Centroamérica	27,938	129,142	24,415	112,565	3,523	16,577
Costa Rica	5,802	29,660	4,531	23,163	1,271	6,497
El Salvador	2,165	9,483	1,743	7,633	422	1,850
Guatemala	10,890	47,698	10,332	45,254	558	2,444
Honduras	5,000	26,280	4,534	24,241	466	2,039
Nicaragua	1,740	5,767	1,636	5,403	104	364
Panamá	2,341	10,254	1,639	6,873	702	3,381

## Energía de Biomasa

No existe un potencial exhaustivo del potencial aprovechable de estos recursos, pero si se puede inferir que existe una subutilización de casi todos los recursos referidos en los países centroamericanos.

Básicamente todos los procesos de conversión de la energía biomásica ofrecen un potencial interesante para América Central y pueden instalarse plantas que operen bajo cualquiera de esos principios. Sin embargo, considerando las economías de escala que determinan la producción promedio de la región, es recomendable enfocarse en aquellos procesos que puedan ser implementados con relativa baja inversión y cuyos productos energéticos puedan usarse para sustituir directamente combustibles derivados del petróleo y aprovechar residuos biomásicos que actualmente se desechan.

## **X Conclusiones y Recomendaciones**

### **10.1 Conclusiones**

1. Guatemala tiene alta dependencia energética en productos derivados de petróleo, que en su totalidad son importados y sobre los cuales no se tiene incidencia directa en su control de precios.
2. Los recursos energéticos renovables en Guatemala (excluyendo la leña), son utilizados principalmente en centrales de generación de energía eléctrica, y aproximadamente el 50% de la energía eléctrica producida en Guatemala proviene de este tipo de recursos.
3. La biomasa tradicional (leña) es el factor que amortigua la demanda de energía en Guatemala, sin embargo su utilización no se realiza de forma sostenible, lo cual la convierte en un recurso no renovable a menos que se tomen las medidas necesarias para corregir esta dificultad.
4. Guatemala tiene un gran potencial energético renovable, principalmente hidráulico y geotérmico, que en forma factible se pueden instalar 6,000 MW para generación de energía eléctrica, y en un mediano plazo depender de menos de un 30% de combustibles fósiles para generación de electricidad.
5. Las barreras que existen para el desarrollo de las energías renovables son principalmente: la falta de conocimiento de las tecnologías, la falta de capacidad institucional y técnica y las barreras políticas, sociales, culturales, financieras y económicas.
6. La hipótesis alterna se acepta ya que, en Guatemala, existe suficiente potencial energético proveniente de fuentes renovables, que bien administrado reduciría el consumo de combustibles fósiles.

## 10.2 Recomendaciones

1. Invertir en investigaciones de energías renovables para conocer no sólo el potencial del país, sino la manera de utilizarlo para procurar el desarrollo sostenible en el área.
2. Modificar la forma en que se desarrolla el balance energético para que puedan entrar todas aquellas otras energías que aún no han sido cuantificadas, ya que de igual manera están aportando energía al país.
3. Los gobiernos tienen que crear un entorno político estable que promueva opciones energéticas que emitan bajas emisiones de CO<sub>2</sub>.
4. Se debe prestar atención a los obstáculos no económicos que dificultan la ejecución de proyectos energéticos. Será necesaria la colaboración entre los países desarrollados y los países en desarrollo.
5. Lograr el desarrollo de proyectos energéticos y buscar innovaciones, mejoras a los procesos actuales y nuevos productos para la utilización de las energías renovables.
6. Descentralizar la energía y crear una cultura de aceptación de leyes y acuerdos en materia energética y establecer la voluntad de participación para lograr la toma de decisiones por parte del gobierno y las empresas productoras de energía.
7. Promover programas de capacitación energética para fortalecer las capacidades técnicas nacionales, para crear una masa crítica que elabore y proponga estrategias energéticas en miras de un desarrollo sostenible.

## Bibliografía

1. Agencia Internacional de Energía, AIE. 2006. **Prospectiva Energética Mundial**, Apoyo al G8.
2. Altomonte, Hugo; Coviello, Manilo; Lutz Wolfgang. 2003. **Energías Renovables y Eficiencia Energética en América Latina y el Caribe. Restricciones y Perspectivas.** División de Recursos Naturales e Infraestructura. Santiago de Chile, 2003.
3. AMM – Administrador del Mercado Mayorista. 2006. **Informe Estadístico del Administrador del Mercado Mayorista.** Años: 2002, 2003, 2004, 2005 y 2006.
4. Arriaza, Hugo. 2005. **Diagnóstico del Sector Energético en el Área Rural de Guatemala**, Organización Latinoamericana y del Caribe de Energía, Universidad de Calgary, Agencia Canadiense de Desarrollo Internacional. Abril, 2005
5. Biomasa Users Network (BUN-CA). 2002. **Manuales sobre energía renovable: Solar Fotovoltaica.** Primera edición, San José Costa Rica. 42p.
6. Bullón Miró, Fernando. 2000. **Asociación para el Estudio de los Recursos Energéticos (AEREN).**  
[www.theseareofthestars.com/GUERRA%20NUCLEAR.htm](http://www.theseareofthestars.com/GUERRA%20NUCLEAR.htm)
7. CEPAL – Comisión Económica para América Latina y el Caribe; GTZ – Agencia de Cooperación Técnica Alemana. 2004. **Fuentes Renovables de Energía en América Latina y El Caribe. Situación y Propuestas de Políticas.**
8. CEPAL, LC/L. 2003. **Sostenibilidad Energética en América Latina y El Caribe: El Aporte de las Fuentes Renovables.**
9. Comisión Europea. 2000. **Política energética para la Comunidad Europea**  
[http://ec.europa.eu/energy/index\\_es.html](http://ec.europa.eu/energy/index_es.html)
10. CONCYT, 2005. **Plan Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2005.2014.** CONCYT-SENACYT, Guatemala.
11. Enger & Smith. 2006. **Ciencia Ambiental, un estudio de Interrelaciones.** Ed. McGraw-Hill Interamericana.
12. Energy Information Administration. **Official Energy Statistics from the US Government.** 2006 [http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet\\_pri\\_spt\\_s1\\_d.htm](http://tonto.eia.doe.gov/dnav/pet/pet_pri_spt_s1_d.htm)
13. García, Otto L. Coordinador General. **Alianza en Energía y Ambiente con Centroamérica.**
14. Martínez Huerta, José Félix. **La Energía, Centro de Recursos Ambientales.** Lapurriketa, España.



15. Ministerio de Energía y Minas. 2006. **Estadísticas Energéticas, Subsector Eléctrico 2001 – 2006**. Direcciones Generales de Energía e Hidrocarburos.
16. Ministerio de Energía y Minas. 2007. **Lineamientos de Política**. Direcciones Generales de Energía e Hidrocarburos.
17. Organización Latinoamérica y del Caribe de Energía, OLADE. 2005.
18. PER. 2005. **Plan de Energías Renovables en España. 2005 – 2010**. [www.idae.es](http://www.idae.es)
19. Ríos Roca, Álvaro. 2006. **Prospectiva Regional y Beneficios de la Integración**. Organización Latinoamericana de Energía –OLADE-.
20. Ruiz, Otto. 2006. **Evaluación del Potencial Eólico Para Generación de Energía Eléctrica en Comapa, Jutiapa**. Universidad del Valle de Guatemala.
21. SIEPAC. 2006. **Sistema de Interconexión Centroamericana**. [http://www.eprsiepac.com/descripcion\\_siepac\\_transmision\\_costa\\_rica.htm](http://www.eprsiepac.com/descripcion_siepac_transmision_costa_rica.htm)
22. Spencer, Abraham. **La política energética nacional de Estados Unidos y la Seguridad Energética Mundial**. Secretario de recursos energéticos de Estados Unidos
23. SWERA, **Solar and Wind Energy Resource Assessment**. 2007. <http://swera.unep.net/index.php?id=7>
24. UNED, DIEEC-ETSII, Grupo Multimedia. 2000. **Energía Solar Activa de Baja Temperatura**.

## ANEXOS

### ANEXO I: ÁREAS TEMÁTICAS Y POSIBLES LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN EN EL SECTOR ENERGÍA, Seminario-Taller, Sep-Oct 2007, CONCYT

ÁREA TEMÁTICA	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN
<p>CONSERVACIÓN Y USO EFICIENTE DE LA ENERGÍA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Desarrollo del Balance energético de país</li> <li>b. Programa de investigación de la eficiencia energética</li> <li>c. Investigación sobre proyectos innovadores con eficiencia energética</li> <li>d. Conveniencia económica del ahorro de energía</li> <li>e. Fomentar la cultura energética</li> <li>f. Elaboración de manuales de ahorro energético, para los subsectores de transporte, residencial, industria y comercio</li> <li>g. Aplicación de modelos energéticos</li> <li>h. Sustitución de energéticos convencionales ( motores diesel sobre gasolina, gas propano por leña, lámparas ahorradoras por incandescentes, lámparas de sodio de baja presión por las de sodio de alta presión, biodiesel por diesel, entre otros)</li> <li>i. Programa de optimización de estufas ahorradoras de leña</li> <li>j. Optimización de potencia y/o reducción del consumo en motores de combustión interna</li> <li>k. Arquitectura ambiental para el ahorro de energía, aplicación de criterios de aclimatamiento pasivo y utilización eficiente de la energía en la edificación.</li> </ul>
<p>LAS FUENTES DE ENERGÍA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Inventario de Recursos</li> <li>b. Personal capacitado con que cuenta el país para el aprovechamiento del recurso renovable</li> <li>c. Investigación sobre nuevas fuentes de energía en el país</li> <li>d. Aprovechamiento y aplicaciones del calor directo (baja y media entalpía) de la energía geotérmica además de la generación de electricidad.</li> <li>e. Determinación de la calidad de los residuos de los aprovechamientos de los bosques</li> <li>f. Potencial energético de los desechos sólidos urbanos ("basuras" y restos de mataderos).</li> <li>g. Aumento de la oferta de energéticos de biomasa</li> <li>h. Bosques energéticos.</li> <li>i. Optimización del cultivo de <i>Jatropha curcas</i> (piñón) <i>Ricinus Communis</i> (ricino) y de la Colza como fuente de aceite para combustible sustituto del diesel.</li> <li>j. Aprovechamiento energético de desechos líquidos urbanos (aguas negras) o industriales (licores, viñazas, cachazas o similares)</li> <li>k. Inventario del potencial micro hidroeléctrico de menos de 10 kilowatt.</li> <li>l. Determinación del potencial energético rescatable de pozos petroleros productores de gas abandonados (Chisec 1A por ejemplo).</li> <li>m. Estudios exploratorios en sitios geotérmicos con reservorios de origen tectónico (caso de San Andrés Sajcabajá en El Quiché, El Salitre en Momostenango en Totonicapán o en Sayaxché en Petén)</li> </ul>

<p>TRANSFERENCIA DE TECNOLOGÍA</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Capacitación energética virtual</li> <li>b. Búsqueda de fuentes de financiamiento</li> <li>c. Metrología y control de calidad</li> <li>d. Convenios de intercambio comercial con transferencia de equipos y manuales técnicos</li> <li>e. Metodologías apropiadas para transferir tecnología tomando en cuenta la diversidad cultural del país y de género</li> <li>f. Técnicas para sensibilización de la población para la conservación y uso eficiente de los recursos energéticos.</li> <li>g. Creación y evaluación de instrumentación de laboratorio y de campo para determinar parámetros energéticos de las fuentes de energía (calibradores, medidores de corrientes hidráulicas, heliógrafos de campo, potenciómetros solares (W/m<sup>2</sup>), medidores eólicos, y similares)</li> <li>h. Estudios de aceptación o rechazo de tecnologías energéticas (estufas solares, biodigestores, estufas ahorradoras, micro centrales hidroeléctricas, motores de combustión interna, entre otros).</li> </ul>
<p>ENERGÍA Y AMBIENTE</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Balance energético</li> <li>b. Búsqueda de mecanismos de financiamiento</li> <li>c. Sensibilización de la sociedad sobre el aprovechamiento energético de una forma sostenible y limpia</li> <li>d. Impacto ambiental de las diferentes fuentes energéticas</li> <li>e. Generación de combustibles de bajo impacto ambiental</li> </ul>
<p>MARCO REGULATORIO Y NORMAS</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Creación de normas para el manejo sostenible de los recursos energéticos del país.</li> <li>b. Divulgación de la normativa que se relacione con la energía y ambiente.</li> <li>c. Normalizar las características del equipo industrial para obtener un mecanismo de desarrollo limpio del país.</li> <li>d. Normativas para que los equipos de generación de energía sean eficientes y de bajo impacto ambiental.</li> <li>e. Establecimiento de un centro de acopio, conservación y difusión de información, estadísticas y tecnologías energéticas.</li> </ul>

**ANEXO II: TABLA DE CONTROL Y SEGUIMIENTO**

<b>OBJETIVOS</b>	<b>ACCIONES</b>	<b>RESULTADOS O INDICADORES</b>
Impulso de la investigación científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Fortalecimiento y creación de nuevos centros de investigación en energía y ambiente</li> <li>b. Inventarios de centros de investigación</li> <li>c. Mejorar la formulación y evaluación de proyectos</li> <li>d. Promover el uso de la líneas de financiamiento disponible en Concyt</li> <li>e. Equipamiento de laboratorios</li> <li>f. Establecer un premio a la investigación energética</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. centros de investigación</li> <li>b. cantidad de centros de investigación</li> <li>c. Participación en convocatorias y capacitaciones para la formulación de proyectos.</li> <li>d. Número de proyectos presentados</li> <li>e. Número de laboratorios equipados</li> <li>f. Premio a la investigación energética</li> </ul>
Comunicación y colaboración científica	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Creación de redes de investigadores y centros de investigación</li> <li>b. Intercambio de científicos con otros países</li> <li>c. Establecer nexos de colaboración con el sector público y privado en base a necesidades de investigación sobre temas específicos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Número de centros e investigadores afiliados a la red.</li> <li>b. Número de convenios existentes</li> <li>c. Número de intercambios y consultas realizadas</li> </ul>
Recursos humanos	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Formación de nuevos investigadores</li> <li>b. Creación de base de datos sobre investigadores</li> <li>c. Divulgar dentro de los investigadores del sector las oportunidades de capacitación en energía, tanto a nivel nacional como internacional</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Número de eventos realizados</li> <li>b. Listado de personal dedicado a la investigación.</li> <li>c. Número de eventos divulgados.</li> </ul>
Promoción, difusión, divulgación de información y transferencia de tecnología	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Promoción científica</li> <li>b. Movilidad científica rural</li> <li>c. Ferias científicas rural</li> <li>d. Seminarios y talleres sobre el uso de nuevas tecnologías energéticas</li> <li>e. Concursos de tecnologías energéticas en el transporte, en la industria, en las residencias y en la</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Numero de eventos sobre ferias y conferencias</li> <li>.d Número de seminarios y talleres organizados.</li> <li>e. Concursos de</li> </ul>

	explotación de recursos.	autos ecológicos. f. concurso de procesos de producción. g. concursos de métodos o tecnologías de ahorro energía en las viviendas.
Marco regulatorio del sector	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Análisis y propuesta de modificación a leyes vigentes</li> <li>b. Formulación sobre iniciativas de nuevas leyes</li> <li>c. Ley de la creación del Centro de documentación y conservación de información energética</li> <li>d. Ley de estudios de impacto ambiental para pequeños aprovechamientos energéticos (para regular cuando hacer EIA en proyectos fotovoltaicos de menos de 10 KW, o pequeñas centrales hidro de menos de 100 KW, o colocación de un aerogenerador de menos de 5 Kw., o monocultivos de árboles energéticos con áreas de menos de 1 Ha...o casos similares) como un refuerzo al Dto. 68-86.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Número de propuestas sobre modificaciones a leyes.</li> <li>b. Número de anteproyecto de leyes</li> <li>c. Ley de Protección de información energética.</li> <li>d. Ley de estudios de impacto ambiental de pequeños aprovechamientos energéticos</li> </ul>

**ANEXO III: PARTICIPANTES EN EL SEMINARIO-TALLER del SECTOR ENERGIA, Julio-Octubre, 2007, CONCYT.**

<b>NOMBRE</b>	<b>INSTITUCIÓN</b>
Karla Sobalvarro	Asociación Nacional de Generadores – ANG -
Jaime Arimany	Asociación de Generadores – AGER -
Alicia Lamm	Asociación de Generadores – AGER -
Cristhian Escobar	Asociación de Generadores – AGER -
Mario Melgar	CENGICANA
Julio Luna	Centro de Estudios de Energía y Minas – CESEM, USAC-
<b>Romel Alaric García Prado</b>	<b>Centro de Estudios de Energía y Minas – CESEM, USAC-</b>
Sergio Velásquez	Comisión Nacional de Energía Eléctrica – CNEE -
Oscar Arriaga	Comisión Nacional de Energía Eléctrica – CNEE -
Erick González	Centro Universitario de Occidente – CUNOC, USAC -
Edgar Coyoy G.	Centro Universitario de Occidente – CUNOC, USAC -
Edelman Monzón	Centro Universitario de Occidente – CUNOC, USAC -
Dinna Estrada	Dirección General de Investigación – DIGI, USAC-
Roberto Arimany	Energía Dinámica
Guillermo Puente	Facultad de Ingeniería – USAC -
Renato Escobedo	Facultad de Ingeniería – USAC -
Jorge Pérez	Facultad de Ingeniería – USAC -
Agnes Soto	Facultad de Arquitectura – USAC -
Sandra Ordóñez	Instituto Nacional de Electrificación – INDE -
Jorge Godínez	Instituto Nacional de Electrificación – INDE -
Jorge Quemé	Instituto Nacional de Electrificación – INDE -
Amanda Recinos	INNOVATION
Andrea Gómez	INNOVATION
Jorge A. García Chiú	Viceministerio de Energía y Minas
Edwin Olayo	Dirección hidrocarburos, Ministerio de Energía y Minas
Víctor Araujo	Dirección de energía, Ministerio de Energía y Minas
Oswaldo García	Dirección de energía, Ministerio de Energía y Minas
Hugo Argueta	Dirección de energía, Ministerio de Energía y Minas
Mayra Villatoro	Ministerio de Energía y Minas – MEM-
Hugo Arriaza	NRECA
Erick Cabrera	OLADE/MEM
Luis Ricardo Álvarez	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
René Villegas	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Alfredo Oviedo	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Guillermo Godínez	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Edgar Rubén Aguilar	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Héctor Centeno	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Rosa María Amaya	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Carlos Tobar	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Mercedes Orozco	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Alberto Chamorro	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Katherine Reyes	Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología
Roberto Blanco	S&E
René Núñez	Universidad Francisco Gavidia, El Salvador (expositor)
Miguel García	Universidad Rafael Landívar
Manfred Kuehule	(expositor)
Karina Velásquez	Unidad Ambiental, Ministerio de Energía y Minas – MEM-

